

neutral  
unabhängig  
gemeinnützig



IKT – Institut für  
Unterirdische Infrastruktur  
[www.ikt.de](http://www.ikt.de)

# Wasserstandsmessungen an Regenbecken und Stauraumkanälen

Auswertung von Einstau- und Entlastungsereignissen  
am Beispiel des Aggerverbandes



## Abschlussbericht

BEAUFTRAGT UND GEFÖRDERT VOM



Ministerium für  
Umwelt und Naturschutz,  
Landwirtschaft und Verbraucherschutz  
des Landes NRW

PROJEKTLEITUNG UND BEARBEITUNG



IKT - Institut für  
Unterirdische Infrastruktur gGmbH  
Exterbruch 1; 45886 Gelsenkirchen

Tel. 0209 / 17806-0

E-Mail: info@ikt.de

MIT FACHLICHER UNTERSTÜTZUNG DURCH



Aggerverband  
Sonnenstr. 40  
51645 Gummersbach

WISSENSCHAFTLICHE LEITUNG

Dr.-Ing. Bert Bosseler

PROJEKTLEITUNG UND BEARBEITUNG

Dipl.-Ing. Thomas Birkner

Dipl.-Ing. Markus Gillar

Wir danken dem Aggerverband für die großzügige Bereitstellung von Informations- und Datenmaterial im Rahmen des Forschungsvorhabens. Unser besonderer Dank gilt dem Geschäftsbereichsleiter „Planung und Bau“ des Aggerverbandes, Herrn Dipl.-Ing. Hubert Schollemann, sowie weiteren Mitarbeitern des Aggerverbandes, insbesondere Dipl.-Ing. Martin Weber und Klaus Maass für die hervorragende Zusammenarbeit und fachliche Beratung.

Für die Begleitung des Forschungsvorhabens sowie fachliche Diskussion und weit reichende Unterstützung in zahlreichen Arbeitssitzungen danken wir

RBD Dipl.-Ing. Arnold Schmidt

Dipl.-Ing. Hans-Josef Ruß

Dipl.-Ing. Thomas Sürder

Dipl.-Ing. Reiner Dahlhoff

Bezirksregierung Köln

Landesumweltamt NRW

StAfUA OWL

StUA Köln

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG UND ZIELSTELLUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REGENBECKEN UND ENTLASTUNGSBAUWERKE – GRUNDLAGEN</b> .....	<b>3</b>
2.1	Rechtliche Anforderungen .....	3
2.2	Technische Anforderungen.....	5
<b>3</b>	<b>AUSGANGSSITUATION UND VORGEHENSWEISE</b> .....	<b>9</b>
3.1	Untersuchungsgebiet Aggerverband .....	9
3.1.1	Verbandsaufgaben .....	9
3.1.2	Morphologie, Geologie und Niederschlag.....	10
3.1.3	Abwasseranlagen (Stand 2004) .....	13
3.2	Datengrundlage .....	16
3.2.1	Messeinrichtungen.....	17
3.2.2	Messdaten .....	19
3.2.3	Messzeiten.....	21
3.3	Übersicht über das Arbeitsprogramm.....	23
3.3.1	Erhebung von Messdaten und Bestandsinformationen .....	23
3.3.2	Auswertung und Ableitung eines systematischen Vorgehens .....	25
<b>4</b>	<b>REGIONAL-ANALYSE – REGENBECKENAUSLASTUNG IM VERGLEICH</b> .....	<b>28</b>
4.1	Entlastungsdauer von Regenbecken im Ranking-Vergleich .....	29
4.2	Regional-Analyse für Kläranlagen-Einzugsgebiete .....	33
<b>5</b>	<b>BECKEN-ANALYSE – EINSTAU- UND ENTLASTUNGSVERHALTEN</b> .....	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>EINZELEREIGNIS-ANALYSE</b> .....	<b>46</b>
6.1	Auswertung von Einstau- und Entleerungsdauern .....	46
6.2	Simulationsrechnung und Sanierungsvorbereitung .....	51
6.2.1	Untersuchung für das RÜB XII-7 .....	51
6.2.2	Untersuchung für das RÜB XXXIII-7 .....	56
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN</b> .....	<b>60</b>
<b>8</b>	<b>FAZIT UND AUSBLICK</b> .....	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>65</b>
<b>ANHANG: BESTANDSAUFNAHME – BEISPIEL-DATENBLATT</b>		

## 1 Veranlassung und Zielstellung

Mit Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie [1] wurde im Jahr 2000 der Grundstein für zahlreiche ökologische Maßnahmenprogramme in den Mitgliedsstaaten gelegt. Ein wesentliches Ziel ist dabei die Verbesserung der Gewässergüte. Für oberirdische Gewässer wird entsprechend der Rahmenplanung innerhalb von 15 Jahren, also bis zum Jahr 2015, ein insgesamt guter ökologischer und chemischer Zustand angestrebt. Zahlreiche der initiierten Maßnahmenprogramme konzentrieren sich auf die ökologisch besonders sensiblen Schnittstellen von Kanalnetz und Kläranlage zum offenen Gewässersystem.

Vor diesem Hintergrund wurde in den letzten Jahren verstärkt der Ausbau von Kläranlagen vorangetrieben und damit die Qualität dieser Abwassereinleitungen zunehmend verbessert. Speziell in Nordrhein-Westfalen mit seinen 18 Mio. Einwohnern lagen die Eliminationsraten der Kläranlagen für Phosphor und Stickstoff bereits im Jahr 2002 im Mittel oberhalb der Anforderungen der EG-Richtlinie [2].

Nachdem nun die Frachtelimination der Kläranlagen in den letzten Jahren intensiv ausgebaut wurde, gewinnt die Behandlung und Rückhaltung von Niederschlagswasser innerhalb der Kanalnetze zunehmend an Bedeutung. Diesbezüglich stellen insbesondere die Entlastungsbauwerke von Regenbecken eine wesentliche Schnittstelle zum Gewässer dar. Bei Niederschlag kommt es an diesen Bauwerken regelmäßig zu Abschlügen von Mischwasser. Nach [3] sind „viele Veränderungen des natürlichen Abflusses der Gewässer [...] auf große Abschlüge bei der Mischwasserbeseitigung zurückzuführen“. Im Zuge von Maßnahmen zum Gewässerschutz werden diesen Entlastungsbauwerken vermehrt z.B. Retentionsbodenfilter nachgeschaltet, um damit die Qualität des eingeleiteten Abwassers zu verbessern. Im Vordergrund steht jedoch in erster Linie die Vermeidung bzw. Reduzierung von Entlastungsereignissen und damit die Verringerung der ins Gewässer abgeschlagenen Abwassermengen. Wesentliche Maßnahmen konzentrieren sich dabei auf die

- Abkoppelung abflusswirksamer Flächen vom Kanalnetz durch zunehmende Berücksichtigung von Versickerungseinrichtungen (vgl. [LWG §51a]),
- Erweiterung des vorhandenen Stauvolumens durch den Neubau und die Sanierung von Mischwasserbehandlungsanlagen,
- Beseitigung von Infiltration und Verringerung des Fremdwasserabflusses durch Sanierung öffentlicher und privater Kanäle.

Hinsichtlich der Überwachung von Mischwassereinleitungen wird nach dem derzeitigen Stand der Diskussion eine Vorgabe von zulässigen Konzentrationswerten, u.a. auf Grund von fehlenden Überwachungsmöglichkeiten, als nicht zielführend bewertet [3]. Statt dessen wird verstärkt darüber nachgedacht, „inwieweit

Anforderungen an die Menge des einzuleitenden Niederschlagswassers formuliert werden können“ [3].

Allein in Nordrhein-Westfalen existieren nach einer Studie des IKT [4] ca. 3.400 Regenüberlaufbecken und Stauraumkanäle zur Rückhaltung, Behandlung und Einleitung von Mischwasser. Etwa die Hälfte dieser Bauwerke wurde mit Blick auf die Anforderungen nach § 3 der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) [5] mit kontinuierlich aufzeichnenden Wasserstandsmesseinrichtungen ausgerüstet, um die Mengen, Dauer und Häufigkeit von Entlastungsereignissen zu überwachen. Nach optimistischen Schätzungen werden jedoch nur rund 60% der aufgezeichneten Messdaten ausgewertet.

Durch das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur wurden nun gemeinsam mit dem Aggerverband die Wasserstandsmessdaten von insgesamt fast 500 Messjahren ausgewertet, um das Entlastungsverhalten von mehr als 100 Regenbecken systematisch zu bewerten. Exemplarisch wird aufgezeigt, wie die Daten der bereits vielfach vorhandenen Wasserstandsmessungen gezielt genutzt werden können, um die Funktion und die Leistungsfähigkeit von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen, auch mit Blick auf mögliche Fremdwasserabflüsse, zu bewerten. Ziel ist es, Fremdwasserprobleme auf der Basis bereits vorhandener Messdaten zu erkennen und die Sanierungspriorität abzuschätzen.

## 2 Regenbecken und Entlastungsbauwerke – Grundlagen

### 2.1 Rechtliche Anforderungen

Die Bemessung und der Betrieb von Abwasseranlagen ist rechtlichen und technischen Anforderungen unterworfen. Im Vordergrund steht dabei gemäß der auf europäischer Ebene erlassenen Wasserrahmen-Richtlinie WRRL [1] der Schutz und die Verbesserung des Zustandes von aquatischen Ökosystemen. Eine Belastung durch Schad-, Schmutz- und Nährstofffrachten soll demnach stetig reduziert werden. Dies bedeutet auch eine schrittweise Verringerung von Einleitungen aus den so genannten Punktquellen, zu denen u.a. Kläranlagenabläufe und Mischwasserentlastungsbauwerke zählen. Diesen Forderungen schließt sich auch die bundesdeutsche Rahmengesetzgebung in den Ausführungen des Wasserhaushaltsgesetzes WHG [6] an. Nach §7a WHG wird für Abwassereinleitungen grundsätzlich eine Reduzierung der Schadstofffrachten nach dem Stand der Technik gefordert. Für Abwasserbehandlungsanlagen werden entsprechende Anforderungen nach dem Stand der Technik bundesweit einheitlich in der Abwasserverordnung (AbwV) konkretisiert.

Entsprechende Anforderungen an die Behandlung und Einleitung von Niederschlagswasser findet man bisher ausschließlich auf Länderebene. In der Gesetzgebung der Länder werden, mit Bezug auf §18b WHG, für Niederschlagswassereinleitungen die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu Grunde gelegt. Für Nordrhein-Westfalen werden diese Regeln der Technik gemäß §57 vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) durch Bekanntgabe im Ministerialblatt eingeführt. Für die Einleitung von Niederschlagswasser sind dies insbesondere

- Anforderungen an die öffentliche Niederschlagsentwässerung im Mischverfahren (Runderlass vom 03.01.1995) und
- Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren (Runderlass vom 26.05.2004).

Die Anforderungen beider Erlasse konzentrieren sich insbesondere auf die Planung und Dimensionierung von Abwasseranlagen mit dem Ziel einer möglichst weitgehenden Reduzierung der eingeleiteten Schadstofffrachten.

Mit Blick auf die Überwachung und den Betrieb von Abwasseranlagen gelten darüber hinaus die Anforderungen gemäß der für NRW eingeführten Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan, [5]) sowie die Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen (Runderlass v. 03.01.1995, [7]).

Für die Überwachung von Regenbecken sind insbesondere die Anforderungen gemäß §3 der SüwV Kan hervorzuheben. Dort heißt es, dass „... wesentlichen Einleitungen von Abwasser ... bei den wichtigsten Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen ... kontinuierlich aufzeichnende Wasserstandsmessgerä-

te einzubauen sind, mit denen ... Überlaufmengen, -dauer und –häufigkeit ... zu ermitteln sind.“ Diese Anforderungen an die Überwachung von Einleitungen aus Entlastungsbauwerken werden nachfolgend in Tab. 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Wasserstandsmessungen nach SÜwV Kan

<b>Anforderungen an die Überwachung von Regenbecken</b> durch Wasserstandsmessungen gemäß SÜwV Kan (in Anlehnung an [8])			
<b>Ausrüstung von</b>	<b>Auswertung von</b>	<b>Bestimmung von</b>	<b>bei Bedarf zu ermitteln:</b>
Regenklärbecken	Benutzungszeiten	Überlaufhäufigkeit	zur Abwasserbehandlungs- anlage weitergeleitete Mischwassermenge
Regenüberlaufbecken	Füllstände	Überlaufdauer	
Stauraumkanäle		Überlaufmengen	

Wesentliche Abwassereinleitungen sind gemäß SÜwV Kan entsprechend diesen Anforderungen zu überwachen. Dabei sollten grundsätzlich solche Entlastungsbauwerke mit Messeinrichtungen ausgerüstet werden, die für das Gesamtsystem, bestehend aus Kanalisation und Gewässer, von besonderer Bedeutung sind, d.h. die bedeutend zur Gesamtemission beitragen oder über die in ein besonders sensibles Gewässer eingeleitet wird.

Im Anhang der SÜwV Kan werden dem Betreiber zudem Vorschläge gemacht, wie u.a. bei der Überwachung und der Wartung von Wasserstandsmesseinrichtungen vorzugehen ist. Abhängig vom Ergebnis der Selbstüberwachung werden im Runderlass „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen“ entsprechend durchzuführende Betriebs- und Unterhaltungsmaßnahmen angeführt. Demnach sind u.a. fehlerhafte Wasserstandsmesseinrichtungen an Regenbecken innerhalb eines Monats zu kalibrieren und neu einzustellen.

## 2.2 Technische Anforderungen

Kläranlagen können nur eine begrenzte Menge Abwasser zur Reinigung aufnehmen. Bei Regen können die Zuflüsse zur Kläranlage die Kapazität dieser um ein Vielfaches übersteigen. Um eine hydraulische Überlastung zu verhindern, wird ein Teil des Mischwassers im Kanalnetz und in Regenbecken solange zurückgehalten, bis es in der Kläranlage gereinigt werden kann. Reicht das vorhandene Speichervolumen zur vollständigen Rückhaltung nicht aus, darf eine bestimmte Menge Mischwasser vor Erreichen der Kläranlage in Gewässer abgeschlagen werden.

Vor der Einleitung dieses behandlungsbedürftigen Mischwassers in ein Gewässer ist jedoch nach den derzeitigen Regeln der Technik mindestens eine mechanische Behandlung durch Sedimentation erforderlich. Diese Funktion übernehmen i.d.R. Regenüberlaufbecken. Bei der Dimensionierung von Regentlastungen, Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen werden zumeist die technischen Anforderungen gemäß dem ATV-Arbeitsblatt A 128 [9] der Abwassertechnischen Vereinigung zu Grunde gelegt. Demnach

- darf nur ein Teil der jährlichen Niederschlagsabflüsse über Entlastungsbauwerke in ein Gewässer eingeleitet werden (zulässige Jahresentlastungsrate  $e_0$ ).
- muss ein Mindestanteil von  $(100 - e_0)$  Prozent des abfließenden Niederschlags einer zentralen mechanisch-biologischen Abwasserbehandlung zugeführt werden.

Inwieweit das entlastete Mischwasser bereits im Regenbecken vorgereinigt wird, richtet sich u.a. nach der konstruktiven Gestaltung des Bauwerks.

Eine Absetzwirkung darf insbesondere für Regenüberlaufbecken angenommen werden, die als Durchlaufbecken (DB) gestaltet und bemessen wurden. Diese entlasten über die Schwelle eines Klärüberlaufs (KÜ), der so angeordnet ist, dass der Entlastungsabfluss zunächst das gesamte Becken durchfließt. Durch die gleichzeitig begrenzte Fließgeschwindigkeit (vgl. [9]), mit der das Becken durchflossen wird, werden die im Abfluss enthaltenen Feststoffe sedimentiert, das Becken wirkt als Absetzbecken. Durchlaufbecken verfügen darüber hinaus noch über eine zusätzliche Entlastungsschwelle, den Beckenüberlauf (BÜ). Diese liegt höher als die Schwelle des KÜ und stellt sicher, dass auch bei starkem Zufluss die Oberflächenbeschickung begrenzt wird, um die vorgesehene Absetzwirkung zu erzielen. Eine ähnliche Absetzwirkung entfalten Stauraumkanäle mit unten liegender Entlastung.

Demgegenüber darf bei Ausführung eines Regenüberlaufbeckens als Fangbecken keine Absetzwirkung angenommen werden. Diese Bauwerke besitzen ausschließlich einen Beckenüberlauf, über den bei Beckenvollfüllung weitgehend ungeklärtes Mischwasser ins Gewässer eingeleitet wird. Ähnliches gilt für Stauraumkanäle mit oben liegender Entlastung.



Liegt ein besonderes Schutz- oder Bewirtschaftungsbedürfnis vor, so können von der zuständigen Genehmigungsbehörde weitergehende Anforderungen an die Mischwasserbehandlung gestellt werden. Während die „Normalanforderungen“ nach A 128 ausschließlich auf einer Emissionsbetrachtung beruhen, werden weitergehende Anforderungen insbesondere aus Immissionsbetrachtungen abgeleitet. Der Nachweis kann z.B. über detaillierte Schmutzfrachtberechnungen geführt werden. Für die Bemessung von Misch- und Niederschlagswassereinleitungen in NRW gewinnen immissionsorientierte Anforderungen, z.B. gemäß BWK Merkblatt 3 [10], zunehmend an Bedeutung.

Die Überwachung von Entlastungsbauwerken basiert insbesondere auf der Messung der zur Kläranlage weitergeleiteten Durchflüsse sowie der ins Gewässer abgeschlagenen Entlastungsabflüsse (vgl. [5]). Wie lange und wie oft Regenbecken in Mischwasserkanalisationen gefüllt sind oder entlasten, lässt sich rechnerisch anhand von Niederschlags-Abfluss-Modellen ermitteln. Erst die Messung und Auswertung der Einstau- und Entlastungsaktivität ermöglicht es jedoch, diese Informationen zu überprüfen. Damit bilden diese Betriebsinformationen eine wesentliche Grundlage für den Ausbau und die hydraulische Sanierung von Entwässerungssystemen, z.B. im Rahmen einer Generalentwässerungsplanung.

Vor diesem Hintergrund sind in Tab. 2 wesentliche technische Normen unterschieden, in denen sowohl technische und betriebliche Anforderungen an die Konzeption und Planung als auch an die technische Ausrüstung von Regenbecken im Trenn- und im Mischsystem definiert werden.

Tab. 2: Technische Anforderungen an Regenüberlaufbecken

<b>Anforderungen an Regenüberlaufbecken</b>						
Überblick über wesentliche technische Regelwerke (modifiziert nach [11])						
Regelwerke	Immissionsorientiert	Emissionsorientiert	Konzeption Planung	Technische Ausrüstung	Mischsystem	Trennsystem
<b>ATV-A 111</b> - Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Regenentlastungsanlagen			X	X	X	
<b>ATV- A 128 / ATV-DVWK-M 177</b> – Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen		X	X	X	X	
<b>ATV-A 166</b> – Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung	X		X	X	X	X
<b>ATV-DVWK-M 176</b> – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung von Regenbecken				X	X	X
<b>BWK-M 3</b> - Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an die Einleitungen	X		X		X	X

Abb. 1 zeigt einige Beispiele unterschiedlich ausgeführter Entlastungsbauwerke und –schwellen. Einheitlich werden vor diesen Überlaufschwellen zumeist Tauchwände angeordnet, um Schwimmstoffe zurückzuhalten. Die Entlastungsschwelle kann dabei als senkrecht angeströmtes Wehr oder als tangential angeströmtes Streichwehr ausgeführt sein. Obschon von Streichwehren insbesondere wegen der schwierigen hydrometrischen Bedingungen abgeraten wird (vgl. [12]), lassen sich diese speziell an Rundbecken kaum vermeiden.

Empfohlen wird bisher die Verwendung scharfkantiger Wehrschwellen (Abb. 1a und b). Neuere Erkenntnisse zeigen jedoch auch die Vorteile profiliertener Wehrschwellen (z.B. Abb. 1c) auf, mit denen grundsätzlich eine zuverlässigere Bestimmung von Entlastungsabflüssen mit nur geringen Überfallhöhen möglich ist [13].

a) Gebogenes, scharfkantiges Streichwehr mit Tauchwand

b) Scharfkantige, senkrecht angeströmte Entlastungsschwelle mit Tauchwand



Abb. 1: Beispiele für scharfkantige und profilierte Entlastungsschwellen

c) Profilierte Entlastungsschwelle mit laborkalibrierter Abfluss-Kennlinie



d) Schwache Entlastung über eine rundkronige Betonschwelle



Abb. 1 (fortgesetzt): Beispiele für scharfkantige und profilierte Entlastungsschwellen

Zusammenfassend sind, mit Blick auf die messtechnische Überwachung und die Gestaltung des Entlastungsbauwerks, im Besonderen die folgenden immer wiederkehrenden Forderungen hervorzuheben (vgl. [14]):

- Aufzeichnung der Messwerte als Rohdaten, d.h. z.B. Wasserstände, um auch nachträglich noch Messfehler bereinigen zu können [12].
- Berücksichtigung der meist negativen Einflüsse einer Tauchwand auf die Messbedingungen im Anströmbereich [12], [15].
- Sorgfältige Gestaltung der Entlastungsschwelle bei Verwendung hydraulischer Messverfahren und Berücksichtigung eines höhenabhängigen Messwertes [12].
- Regelmäßige Wartung der Messwertaufnehmer gemäß Überwachungs- bzw. Betriebsanweisung einschließlich der Dokumentation aller Maßnahmen in Überwachungs- bzw. Betriebsberichten (vgl. u.a. [5], [7], [12], [16]).
- Die aufgezeichneten Messwerte sollten in regelmäßigen Abständen auf Plausibilität geprüft werden [16].

### 3 Ausgangssituation und Vorgehensweise

#### 3.1 Untersuchungsgebiet Aggerverband

##### 3.1.1 Verbandsaufgaben

Die Agger ist das bedeutendste Nebengewässer der Sieg. Sie mündet bei Troisdorf nach einer Lauflänge von 74 km in die Sieg [17]. Das Verbandsgebiet des Aggerverbandes erstreckt sich über weite Teile des Oberbergischen, des Rheinisch Bergischen und des Rhein-Sieg Kreises sowie des Märkischen Kreises. Der Sitz des Verbandes ist Gummersbach, Kreisstadt des Oberbergischen Kreises (vgl. Abb. 2).

Die Hauptaufgaben des Verbandes bestehen in der Trinkwasseraufbereitung und der Abwasserreinigung für die rund 350.000 Einwohner im Verbandseinzugsgebiet. Hinzu kommt die Unterhaltung der Fließgewässer und der Hochwasserschutz. Der Aggerverband unterhält die Agger-, die Genkel- und die Wiehtalsperre und versorgt die Region sowie den Kreis Altenkirchen in Rheinland-Pfalz mit Trinkwasser [18].

#### Einzugsgebiet des Aggerverbandes (ca. 1.090 km<sup>2</sup>; 350.000 Einwohner)

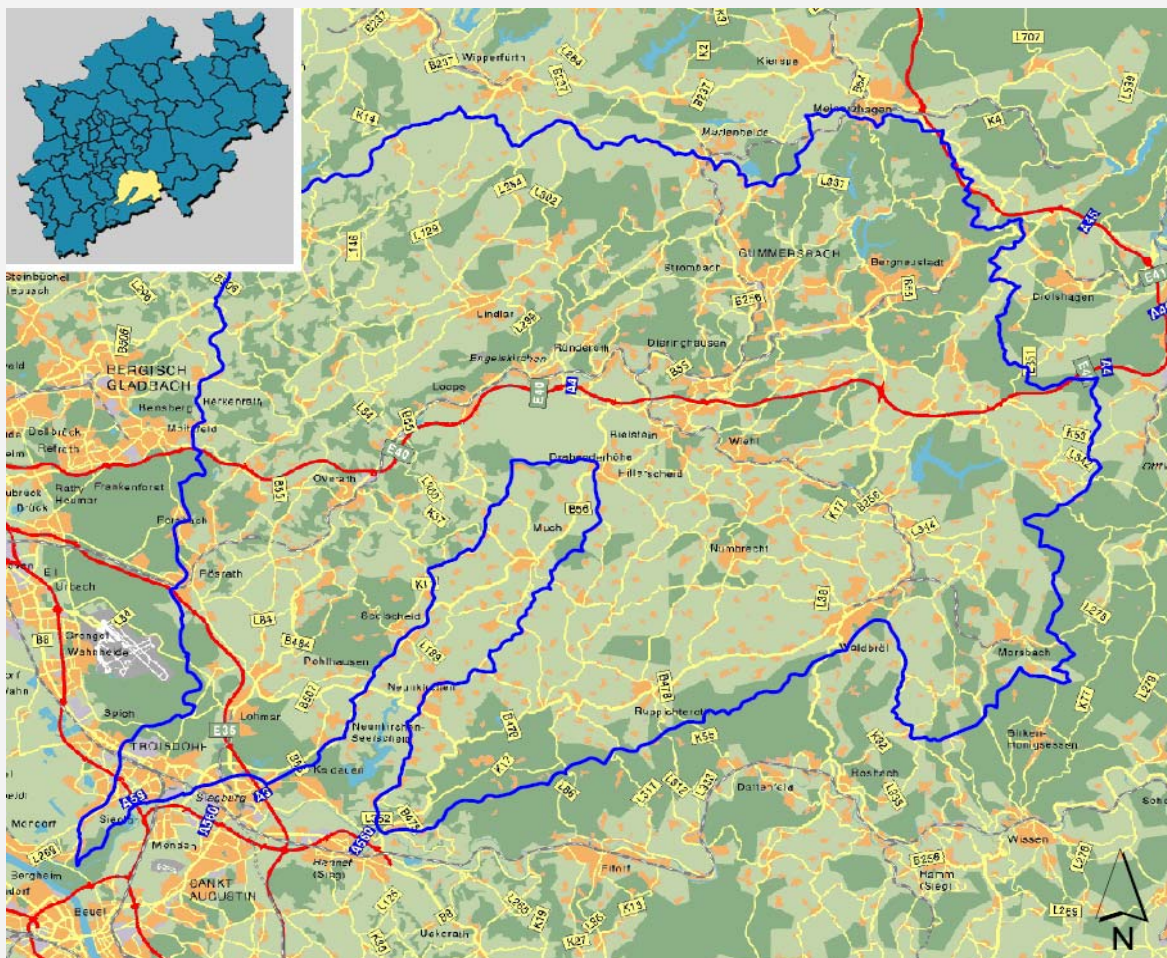


Abb. 2: Aggerverband – Lage und Grenzen des Verbandsgebietes

### 3.1.2 Morphologie, Geologie und Niederschlag

Das ca. 1.090 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet des Aggerverbandes liegt im südlichen Teil des Landes Nordrhein-Westfalen. Die Morphologie des Einzugsgebietes ist durch ein relativ ausgeprägtes Mittelgebirgsrelief gekennzeichnet. Von Westen nach Osten steigt das Gelände an. Das Einzugsgebiet wird in weiten Teilen land- und forstwirtschaftlich genutzt.

#### Höhenprofil des Aggerverband-Einzugsgebietes ausgeprägtes Mittelgebirgsrelief im rechtsrheinischen Schiefergebirge

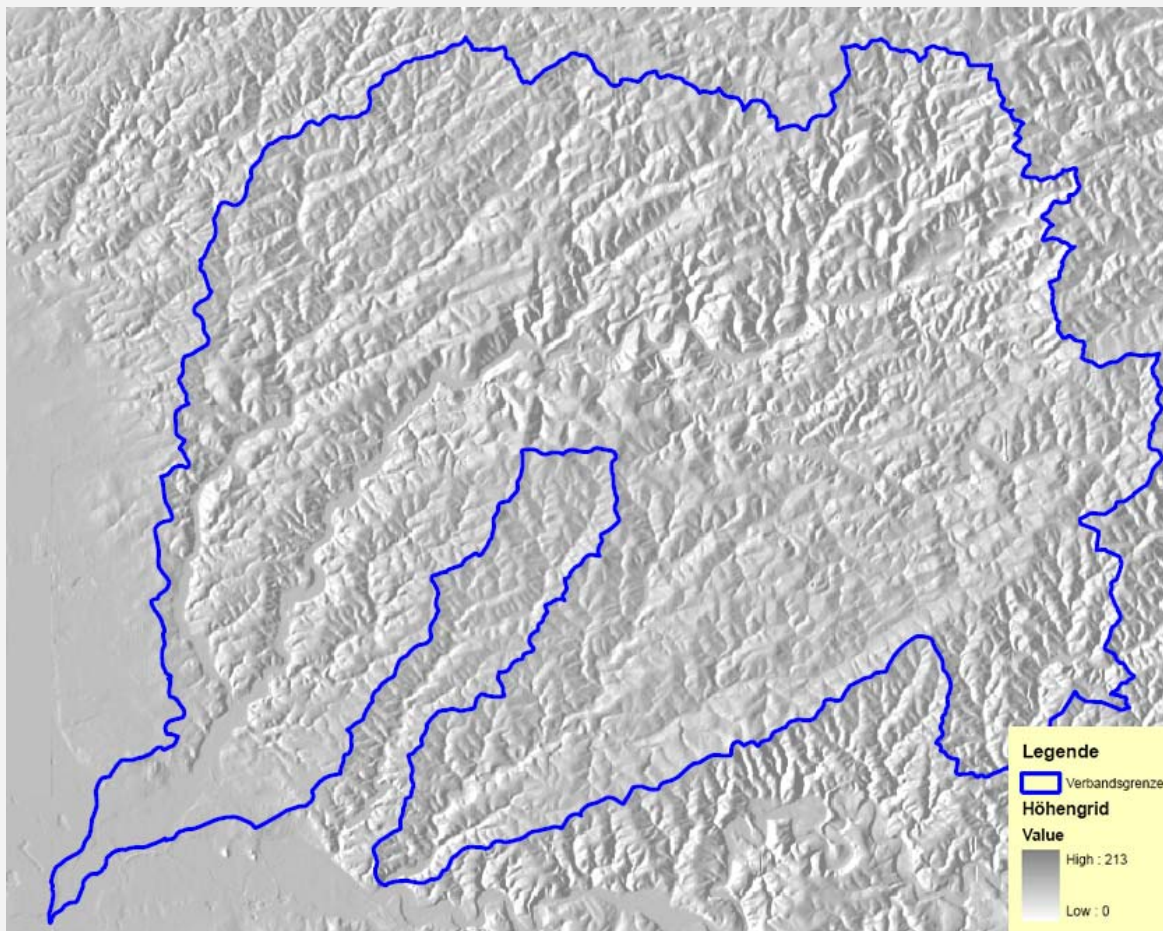


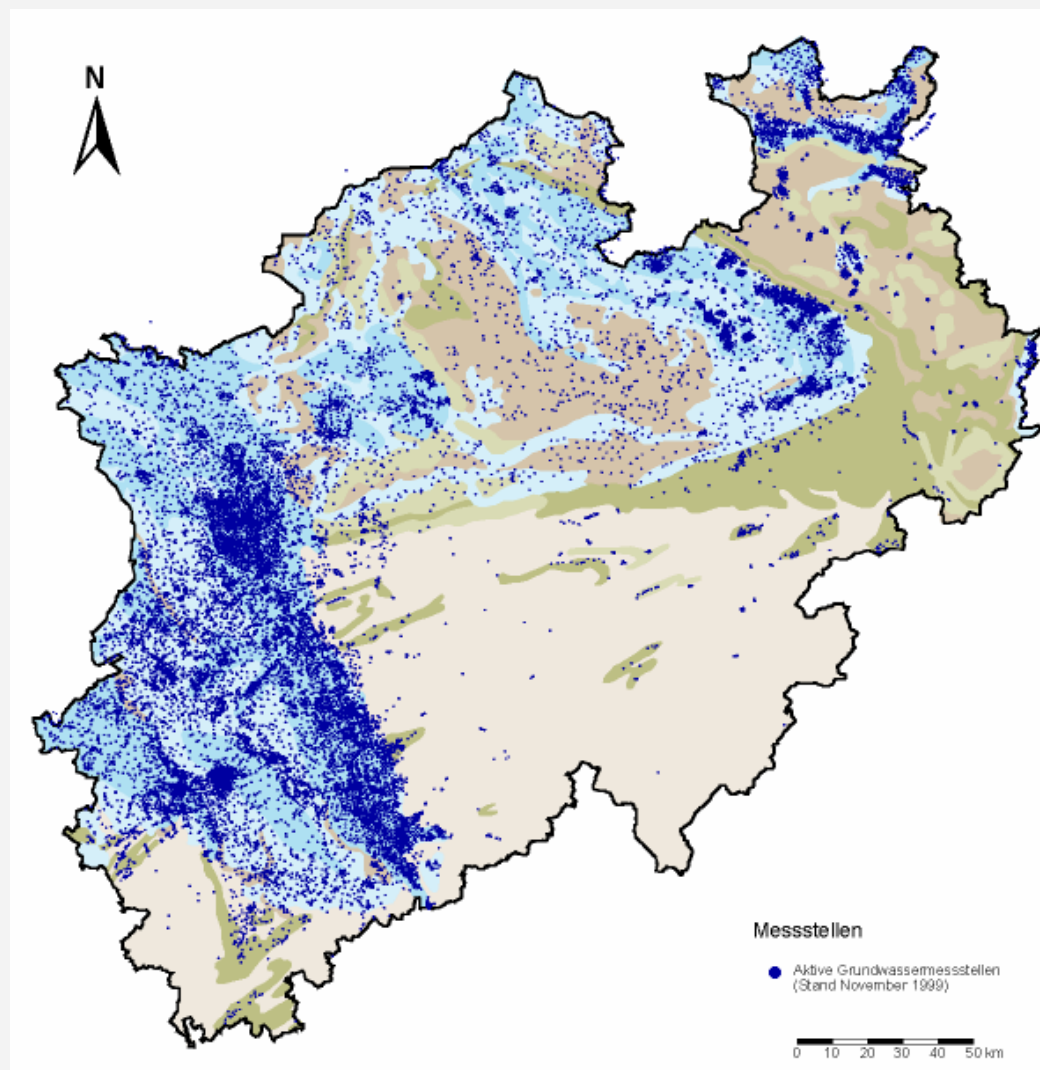
Abb. 3: Aggerverband - Morphologie des Verbandsgebietes

Geologisch betrachtet, liegt das Einzugsgebiet im rechtsrheinischen Teil des Schiefergebirges (Bergisches Land, Sauerland und Ebbe-Sattel) mit Gesteinen aus dem Devon und dem Unter-Karbon. Diese bestehen überwiegend aus blau- bis grüngrauem, fein- bis mittelkörnigem Sand- und Schluffstein, welcher plattig bis bankig vorliegt. Im Bereich von Bachläufen können holozäne und pleistozäne Ablagerungen aus Zeiten des Quartärs vorkommen. Dabei handelt es sich um wenig verlehnten Schotter, Kies und Sand (Niederterasse) mit Einlagerungen von Feinsand oder

Schluff. Oberflächennah kann Auenlehm mit einer Mächtigkeit von bis zu 1,5 m anstehen [19].

### Grundwasserleitertypen in Nordrhein-Westfalen

beim Aggerverband überwiegend Kluftgrundwasserleiter mit geringer Ergiebigkeit



Grundwasservorkommen (nach Kartengrundlage des GD NRW)

- Porengrundwasserleiter mit sehr ergiebigen bis ergiebigen Grundwasservorkommen
- Porengrundwasserleiter mit mäßig bis geringen Grundwasservorkommen
- Kluftgrundwasserleiter mit sehr ergiebigen bis ergiebigen Grundwasservorkommen
- Kluftgrundwasserleiter mit mäßig bis gering ergiebigen Grundwasservorkommen
- Kluftgrundwasserleiter mit gering bis sehr gering ergiebigen Grundwasservorkommen
- Poren- und Kluftgrundwasserleiter ohne nennenswerte Grundwasservorkommen

Abb. 4: Hydrogeologie in NRW (nach Kartengrundlage des GD NRW)

Auffallend ist die geringe Zahl der im Verbandsgebiet des Aggerverbandes liegenden Grundwassermessstellen (vgl. Abb. 4). Wegen der in den Festgesteinsgebieten des

Rheinischen Schiefergebirges mit Eifel, Sauerland und Siegerland unbedeutenden Grundwasservorkommen werden in diesem Bereich des Landes NRW nahezu keine Grundwasserstandsmessstellen angeordnet [20]. Die anstehenden Festgesteinschichten im Einzugsgebiet sind Kluftgrundwasserleiter mit mäßiger, z. T. geringer Trennfugendurchlässigkeit (vgl. Abb. 4). Auf Grund der wenigen Hohlräume können nur geringe Grundwassermengen gespeichert und befördert werden (geringe Ergiebigkeit). Grundwasservorkommen können in Tiefen von 60 bis 80 m anzutreffen sein. Porengrundwasserleiter mit mäßiger Durchlässigkeit findet man hingegen im Bereich der Fluss- und Bachläufe. Die wassergefüllte Mächtigkeit dieser oberflächennahen Grundwasserleiter ist weitgehend abhängig von den örtlichen Niederschlagsverhältnissen.

Entsprechend den vom Landesumweltamt NRW ausgewerteten langjährigen Niederschlagsmessungen betragen die mittleren Jahressummen in den Regionen der Mittelgebirge z. T. mehr als 1.400 mm gegenüber 700 bis 900 mm im Flachland (vgl. Abb. 5). Bezogen auf das Einzugsgebiet des Aggerverbandes erkennt man einen deutlichen Anstieg der Niederschlagshöhen von Süd-Westen nach Nord-Osten.

### Niederschlagsverteilung in Nordrhein-Westfalen

ca. 700 mm bis max. 1.400 mm im Einzugsgebiet des Aggerverbandes [21]

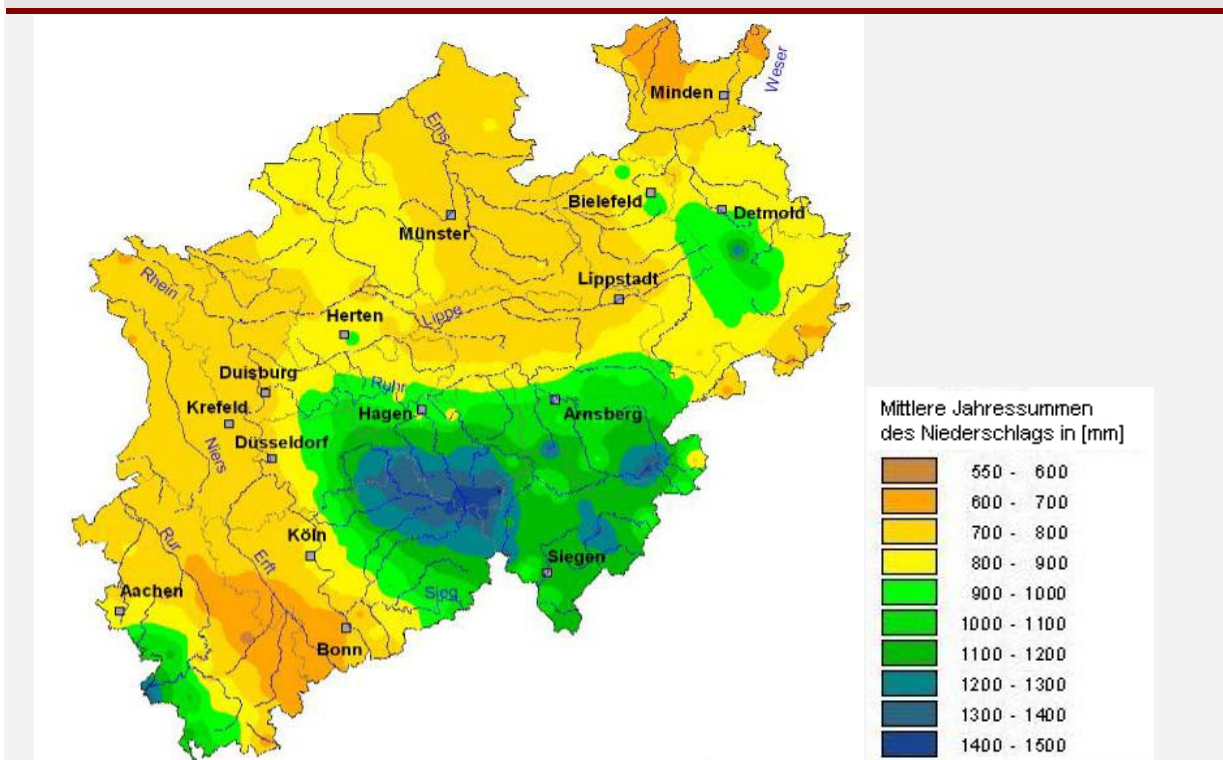


Abb. 5: Mittlere jährliche Niederschlagssumme in Nordrhein-Westfalen, basierend auf Stationsauswertungen des DWD für die Jahre 1961-1990

Für die Bewertung der Entlastungsaktivität an den Regenbecken des Aggerverbandes wurden Einstau- und Entlastungsereignisse der Jahre 2000 bis 2004 ausgewertet. Betrachtet man die in diesen Jahren an der Station Homburg-Bröl im zentralen Bereich des Verbandsgebietes aufgezeichneten Jahres-Niederschlagshöhen, so ergeben sich Werte zwischen 1.000 mm im Jahr 2004 und 1.300 mm im Jahr 2002 (vgl. Abb. 6). Dies entspricht weitgehend den in Abb. 5 dargestellten sowie der vom Deutschen Wetterdienst DWD (Klimaatlas NRW) für dieses Gebiet angegebenen und i.d.R. bei der Bemessung von Abwasseranlagen zu Grunde gelegten, durchschnittlichen Jahresniederschlagshöhe von 1.115 mm.

### Verteilung der Jahresniederschläge (Homburg-Bröl) im Messzeitraum von 2001 bis 2004

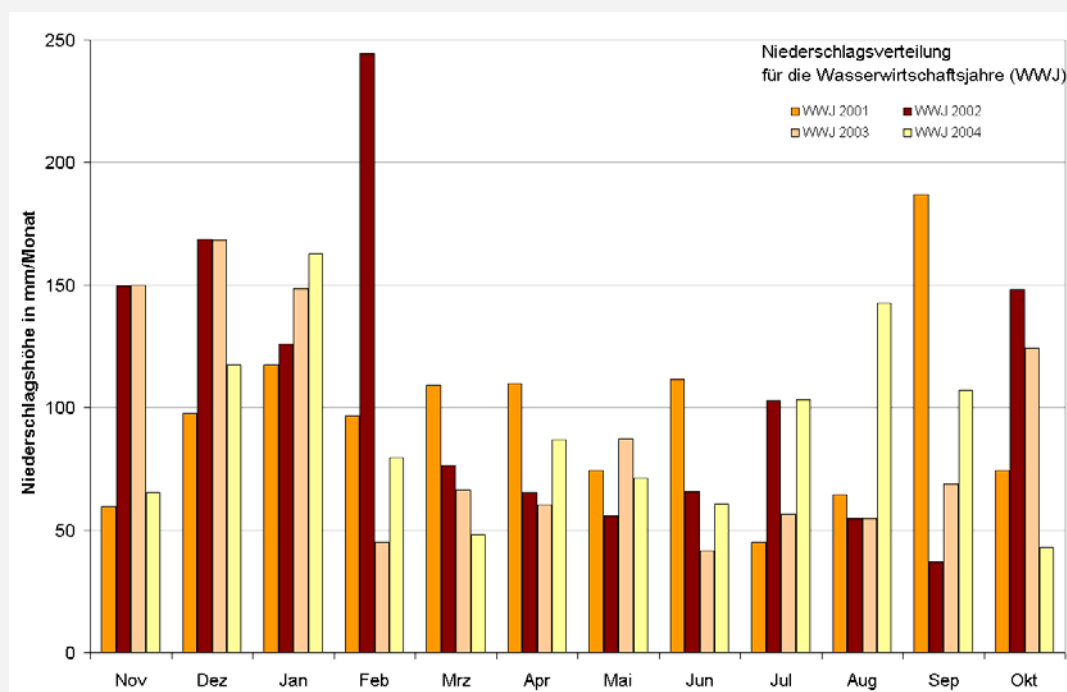


Abb. 6: Niederschlagsverteilung im Messzeitraum

### 3.1.3 Abwasseranlagen (Stand 2004)

In 35 Kläranlagen, ausgebaut für insgesamt ca. 456.000 Einwohner wird nach Auskunft des Verbandes eine Jahresabwassermenge von rd. 66 Mio. m<sup>3</sup> behandelt (vgl. [22]). Hinzu kommen 147 Regenüberlaufbecken und Stauraumkanäle, 231 Pumpstationen sowie 49 sonstige Abwasseranlagen (Regenrückhaltebecken, Regenklärbecken, Hochwasserrückhaltebecken, Ausgleichsbecken, Abwassermessstellen). Eine Übersicht über die Verteilung der Abwasseranlagen im Einzugsgebiet gibt Abb. 7.



## Abwasseranlagen des Aggerverbandes 35 Kläranlagen und 147 Regenüberlaufbecken

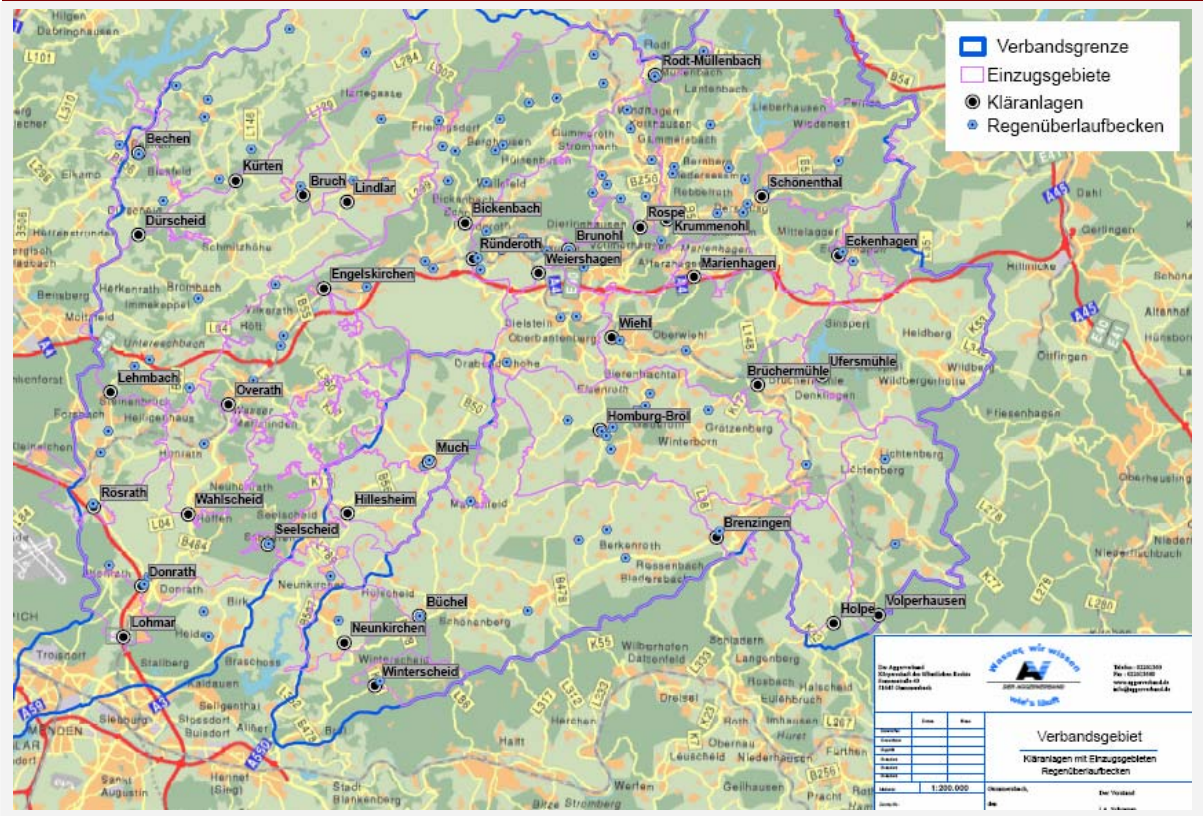


Abb. 7: Aggerverein – Kläranlagen und Regenbecken im Verbandsgebiet

Schwerpunkt der Auswertungen im Rahmen des Projektes waren die vom Verband betriebenen Regenüberlaufbecken und Stauraumkanäle. Diese werden entsprechend ihrer Funktion und baulichen Anordnung unterschieden nach Fang- und Durchlaufbecken, im Haupt- oder im Nebenschluss. Wie die Übersicht über eine Auswahl von 105 Anlagen in Abb. 8 zeigt, werden mehr als die Hälfte der Regenbecken des Aggerverbandes als Durchlaufbecken betrieben. Das Rückhaltevolumen einzelner Regenbecken reicht dabei bis zu einer Größe von fast 4.000 m<sup>3</sup>. Insgesamt überwiegt jedoch der Anteil der kleineren Rückhaltebauwerke mit Volumina von bis zu 1.000 m<sup>3</sup> (ca. 80% der betrachteten Bauwerke). Dies entspricht etwa der landesweiten Verteilung des Stauvolumens von Regenüberlaufbecken und Stauraumkanälen in NRW (vgl. [2]).

## Regenüberlaufbecken des Aggerverbandes

105 RÜB und SK als Fang- und Durchlaufbecken im Haupt- und Nebenschluss

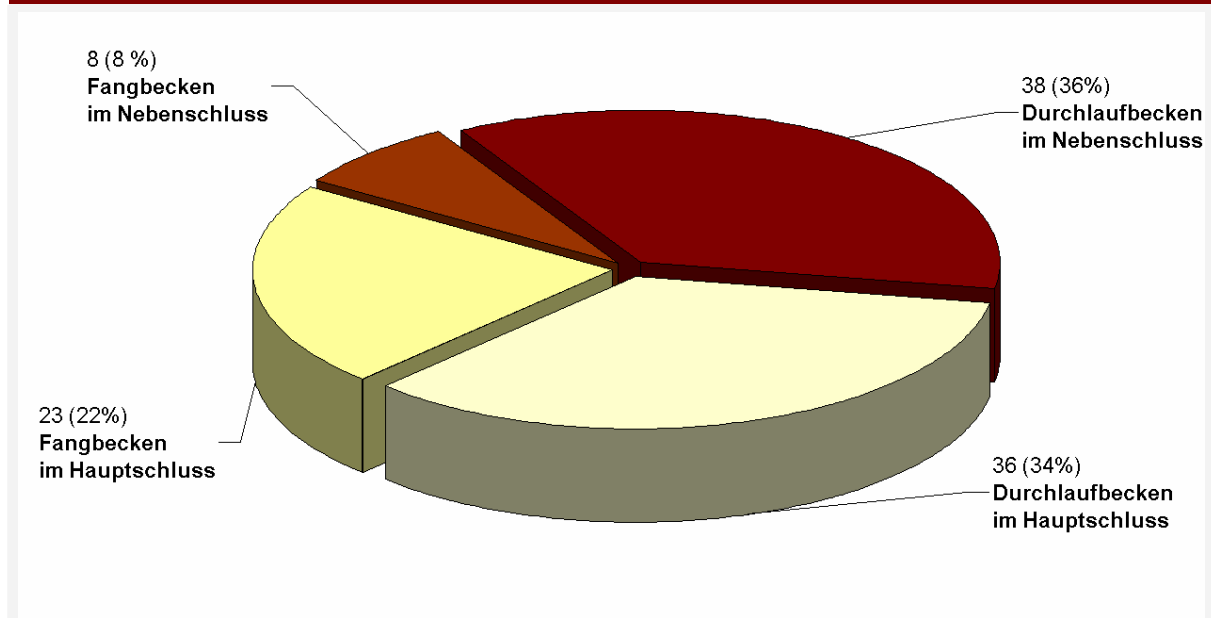


Abb. 8: Regenbecken des Aggerverbandes nach Anordnung im Netz

Für zahlreiche Regenbecken des Aggerverbandes werden von der Genehmigungsbehörde weitergehende Anforderungen an die Bemessung gestellt. Dabei werden mit Blick auf besonders sensible Vorfluter (z.B. die Bröl als Lachslaichgewässer) verstärkt immissionsorientierte Bemessungsansätze zu Grunde gelegt (vgl. Kapitel 2.2). In der Folge weisen diese Regenbecken ein, gegenüber den „Normalanforderungen“, erhöhtes spezifisches Speichervolumen auf. Bei einer Bemessung nach A 128 werden im „Normalfall“ Speichervolumina von 10 – 25 m<sup>3</sup>/ha erforderlich. Für mindestens 20 % der betrachteten Regenbecken des Aggerverbandes wurden z.T. deutlich größere Speichervolumina von bis zu 60 m<sup>3</sup>/ha ermittelt. Entsprechend ist davon auszugehen, dass sich das Entlastungsverhalten dieser Regenbecken mit weitergehenden Anforderungen vom „Normalfall“ unterscheidet. Insbesondere für diese Regenbecken sind kürzere Entlastungsdauern zu erwarten.

Außer in Größe und Anordnung unterscheiden sich die Regenbecken in ihren Bauformen. Abb. 9 zeigt einige Beispiele für die vom Aggerverband betriebenen und in der Messdatenauswertung berücksichtigten Regenüberlaufbecken.

### Rechteckbecken (Ausführungsbeispiele)

(A) Mehrkammer-Rechteckbecken als Durchlaufbecken mit senkrecht angeströmter Entlastungsschwelle



(B) Rechteckbecken als Durchlaufbecken mit profilierter Sohle für den Trockenwetterabfluss



### Rundbecken (Ausführungsbeispiele)

(C) offenes Rundbecken als Durchlaufbecken im Nebenschluss



(D) unterirdisches Rundbecken als Durchlaufbecken im Nebenschluss



Abb. 9: Beispiele für die konstruktive Gestaltung der betrachteten Regenbecken

## 3.2 Datengrundlage

Rund 80% der vom Aggerverband insgesamt betriebenen 147 Regenüberlaufbecken sind mit kontinuierlich aufzeichnenden Wasserstandsmesseinrichtungen ausgerüstet, deren Messwerte an ein zentrales Prozessdatenverarbeitungssystem übertragen werden. Die Auswertungen im Rahmen dieses Projektes konzentrieren sich insbesondere auf 105 dieser Anlagen, für die mindestens seit dem Jahr 2000 digitale Aufzeichnungen der Beckenfüllstände und Entlastungshöhen über zwei Jahre verfügbar waren. Entsprechend den Anforderungen nach §3 SÜwV Kan werden mit den an die-

sen Bauwerken installierten Messeinrichtungen sowohl Überlaufmengen als auch Dauer und Häufigkeit von Einstau- und Entlastungsereignissen kontinuierlich bzw. ereignisabhängig aufgezeichnet.

### 3.2.1 Messeinrichtungen

Grundsätzlich sind die betrachteten Regenbecken mit zwei getrennten Messstellen zur Erfassung von Einstau- und Entlastungshöhen ausgerüstet.

Die **Beckenfüllstände** werden vom Beginn des Einstaus im Regenbecken bis zur Höhe der Entlastungsschwelle i. d. R. mittels Drucksonden erfasst. Verwendet werden überwiegend hydrostatische Füllstandsmessungen vom Typ Deltapilot S der Endress + Hauser Messtechnik GmbH. Diesen Messungen liegt folgendes Funktionsprinzip zu Grunde: bei einem Beckeneinstau übt die Flüssigkeitssäule einen hydrostatischen Druck auf den darunter liegenden Messaufnehmer aus. Der Druck bewirkt eine minimale Auslenkung der im Messaufnehmer integrierten Messmembran. Diese Auslenkung wird vom Druckaufnehmer gemessen und daraus der zugehörige Füllstand berechnet.

Nur vereinzelt werden Beckenfüllstände nicht hydrostatisch ermittelt. Statt dessen werden die Einstauhöhen über ein Ultraschall-Echolot erfasst.

#### Messung der Beckenfüllstände

Hydrostatische Messsonde (Druckaufnehmer)



Abb. 10: Hydrostatische Messung der Beckenfüllstände mittels Druckaufnehmer (Schema rechts aus [23])

Zur Erfassung von **Entlastungsereignissen** werden im Wesentlichen Ultraschall-Echolote verwendet, welche die Überfallhöhe des Abflusses an der Entlastungsschwelle aufnehmen. Die Entlastungsmessung beginnt bei allen betrachte-

ten Regenbecken auf der Höhe der Entlastungsschwelle. Diese untere Grenze des Messbereichs ist grundsätzlich durch ein Nullblech gekennzeichnet, so dass vom Echolot nur Wasserstände oberhalb der Entlastungsschwelle registriert werden. Zumeist werden Ultraschall-Messeinrichtungen vom Typ Prosonic FDU 80 bzw. 81 der Endress + Hauser Messtechnik GmbH eingesetzt.

Die Messwertregistrierung des Echolotes ist außerdem mit einer zusätzlichen Stabsonde kombiniert. Diese wird als kapazitiver Füllstandsgrenzschalter verwendet, um bei Wasserständen kurz unterhalb des Nullblechs die Messwertregistrierung des Echolotes freizugeben. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass nur bei tatsächlich auftretenden Entlastungsabflüssen die Messwerte des Echolotes aufgezeichnet werden.

### Messung der Entlastungshöhen

Ultraschall-Echolot, Stabsonde und Nullblech

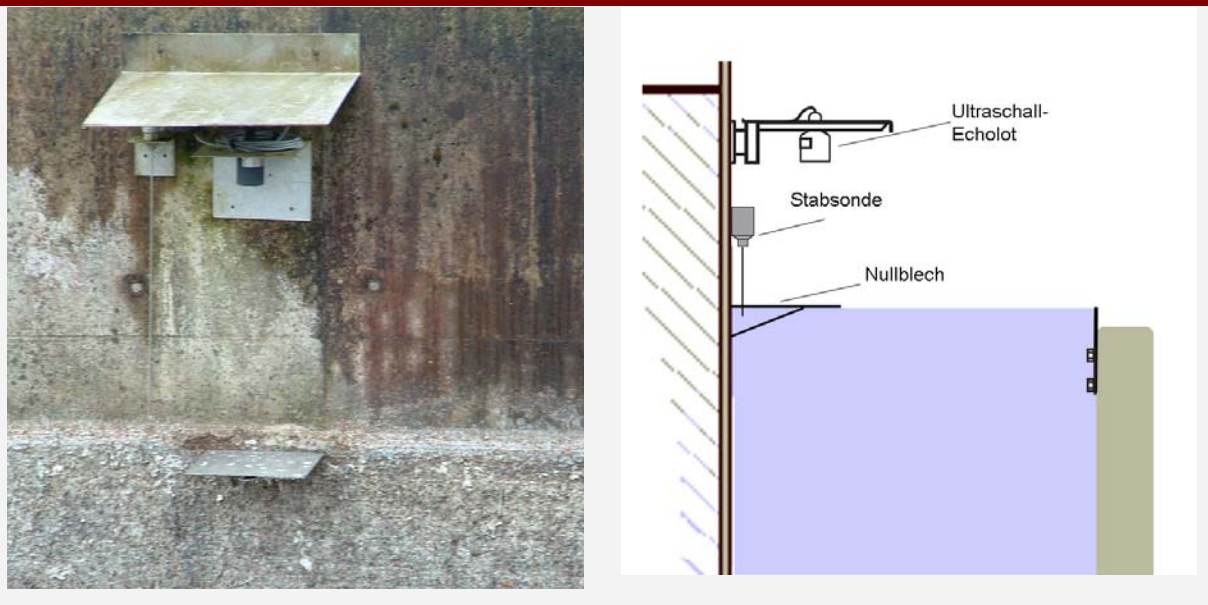


Abb. 11: Messung der Entlastungshöhe mittels Ultraschall-Echolot

Sowohl hydrostatische Füllstandsmesseinrichtungen als auch Ultraschall-Messaufnehmer müssen regelmäßig überprüft und kalibriert werden, um die Zuverlässigkeit der aufgezeichneten Messwerte sicherzustellen. Erfahrungsgemäß unterliegen Druckaufnehmer einem verstärkten Alterungseinfluss, der so genannten „Nullpunktdrift“. In der Folge weicht das Gerät bei normalem Luftdruck entgegen der Vorgabe vom Nullwert ab. Der entstehende Messfehler kann nur durch eine Nachkalibrierung des Messaufnehmers ausgeglichen werden.

Im Vergleich dazu sind Ultraschall-Echolote äußerst langzeitstabil und wartungsfreundlich. Jedoch sind mindestens regelmäßige Sicht- und Funktionsprüfungen durchzuführen, um den Allgemeinzustand der Messstelle festzustellen. Darüber hinaus gestaltet sich auch die Überprüfung des Ultraschall-Messaufnehmers, z.B. mit

einer waagrecht unter die Sonde gehaltenen Platte, verhältnismäßig einfach (vgl. [24]).

Die Messeinrichtungen des Aggerverbandes werden nach Angaben des Betreibers im Rahmen eines internen Qualitätssicherungskonzeptes regelmäßig gewartet und überprüft. Dies betrifft sowohl die Reinigung der Messeinrichtungen als auch regelmäßige Kontrollmessungen zur Bestimmung der Fehlergrenzen. Das Vorgehen zur Überprüfung eines Ultraschall-Echolotes durch Kontrollmessung ist nachfolgend in Abb. 12 dargestellt.

### Überprüfung einer Wasserstandsmesseinrichtung

Simulation steigender Wasserstände mittels definierter Kalibrierblöcke

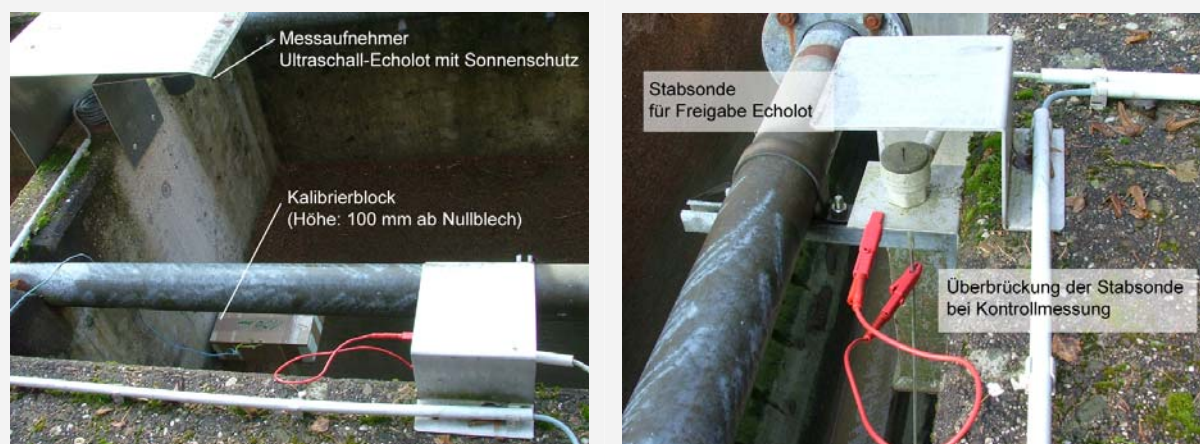


Abb. 12: Überprüfung einer Wasserstandsmesseinrichtung (Ultraschall-Echolot) durch den Aggerverband

Zunächst ist die an der Messstelle installierte Stabsonde zu überbrücken, um die Messwertregistrierung des Ultraschall-Echolotes freizuschalten (Abb. 12, rechts). Daraufhin werden der Nullpunkt der Messstelle (Nullblech) sowie verschiedene Wasserstände simuliert. Zur Simulation eines ansteigenden Wasserstandes werden Kalibrierblöcke mit einer Höhe von jeweils 100 mm übereinander angeordnet (Abb. 12, links). In mehreren Stufen wird die Messeinrichtung somit für Wasserstände von 0 bis 30 cm überprüft.

#### 3.2.2 Messdaten

Mit den eingesetzten hydrostatischen Messeinrichtungen werden die Beckenfüllstände der ausgerüsteten Regenbecken kontinuierlich, d.h. im Intervall von jeweils zehn Sekunden, erfasst.

Die gemessenen Beckenfüllstände werden bereits im Messumformer vor Ort verarbeitet und, bezogen auf die lokalen NN-Höhen, als prozentuale Einstauhöhen ausgegeben. Der Einstau von 100 % ist dabei vorgegeben durch die Höhe der Entlas-

tungsschwelle des Klärüberlaufs. Der Einstaubeginn, also der 0 %-Wert, wird u.a. unter Berücksichtigung der konstruktiven Ausführung des Regenbeckens festgelegt. Dieser Mindestwasserstand deckt i.d.R. den Bereich des Trockenwetterabflusses sowie betriebsbedingte Schwankungen ab. Vom Aggerverband wurde der „Mindestwasserstand“ für jedes Bauwerk individuell festgelegt. Gemessen und gespeichert werden jedoch auch Wasserstände unterhalb dieser Ordinate.

Entlastungen werden ausschließlich ereignisabhängig registriert. Erst bei einem nahezu vollständig gefüllten Becken wird die Messwertregistrierung aktiviert und die Entlastungshöhe dann ebenfalls in einem Intervall von zehn Sekunden gemessen. Auch die gemessenen Entlastungshöhen werden bereits im Messumformer vor Ort verarbeitet. Unter Berücksichtigung einer elektronisch hinterlegten Kennlinie werden die gemessenen Entlastungshöhen bereits lokal in Entlastungsabflüsse umgerechnet. Die auf diese Weise bestimmten Entlastungsabflüsse sowie die dazu gehörenden Benutzungszeiten (Ereignisbeginn-, -ende und -dauer) werden vom Messumformer ausgegeben und ebenso wie die prozentualen Beckenfüllstände an das zentrale Prozessdatenverarbeitungssystem (PDV) übertragen (vgl. Abb. 13).

Vom Prozessdatenverarbeitungssystem werden die übertragenen Zehn-Sekunden-Werte zu Drei- bzw. 15-Minuten-Mittelwerten zusammengefasst und als solche für mindestens zehn Jahre elektronisch archiviert.

### Messwernerfassung, -registrierung und -auswertung

am Beispiel des Prozessdatenverarbeitungssystem beim Aggerverband

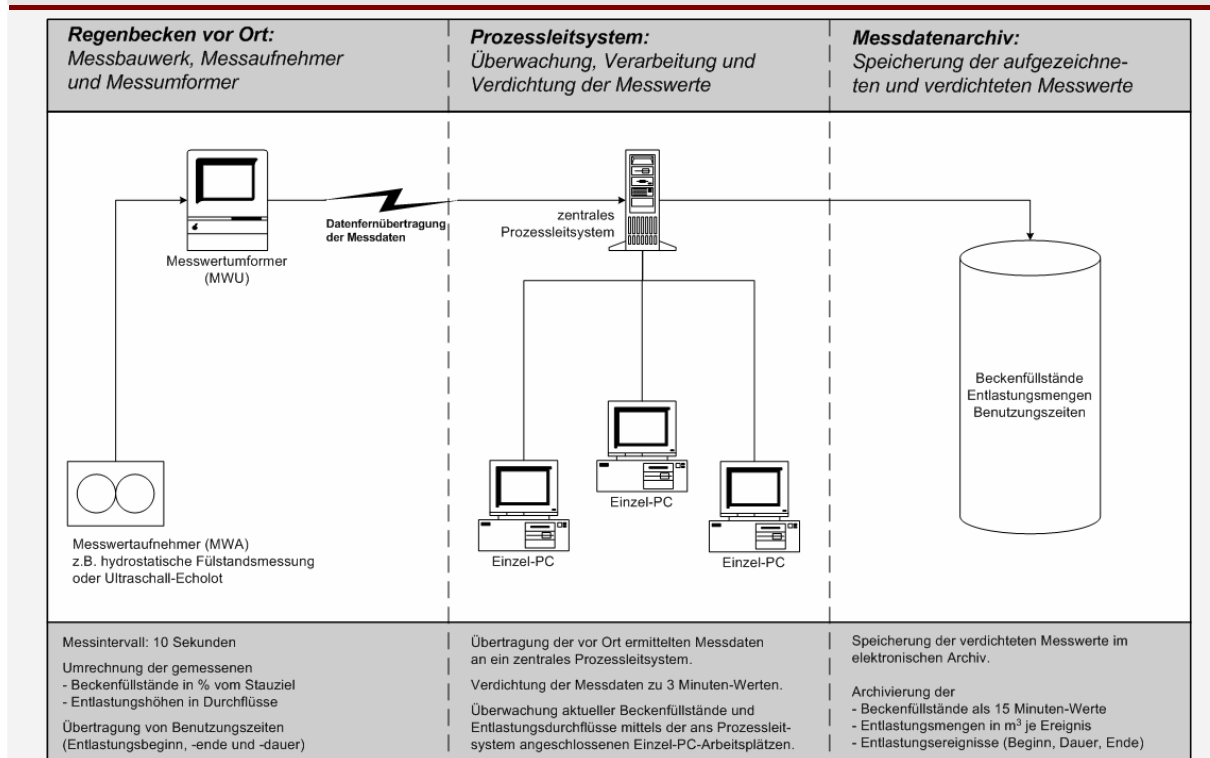


Abb. 13: Messwertverarbeitung im Prozessdatenverarbeitungssystem

Abb. 14 zeigt exemplarisch einige der vom Aggerverband gemessenen und für die weitere Auswertung bereit gestellten Messdaten. Tabellarisch aufgeführt sind Daten zur prozentualen Einstauhöhe des Regenbeckens gemessenen am Stauziel (= Entlastungsschwelle) sowie die bei einem Einstau von mindestens 100% aufgezeichneten Entlastungsabflüsse. Diese wurden auf der Basis der ebenfalls in Abb. 14 dargestellten Wasserstand-Abfluss-Kennlinie ermittelt, durch die jeder gemessenen Entlastungshöhe jeweils ein bestimmter Entlastungsabfluss zugeordnet wird, der sich dann in der nebenstehenden Tabelle wiederfindet.

**Messwerterfassung, -registrierung und -auswertung**  
 am Beispiel des Prozessdatenverarbeitungssystems beim Aggerverband

Datum / Zeit	Einstauhöhe in % vom Stauziel	Entlastungs- abfluss in l/s
20.01.2002 18:00	27,59	0,00
20.01.2002 18:15	29,65	0,00
20.01.2002 18:30	32,56	0,00
20.01.2002 18:45	35,51	0,00
20.01.2002 19:00	39,62	0,00
20.01.2002 19:15	44,69	0,00
20.01.2002 19:30	50,50	0,00
20.01.2002 19:45	61,34	0,00
20.01.2002 20:00	73,68	0,00
20.01.2002 20:15	82,70	0,00
20.01.2002 20:30	92,56	0,00
20.01.2002 20:45	99,85	0,00
20.01.2002 21:00	99,99	0,00
20.01.2002 21:15	100,00	0,37
20.01.2002 21:30	100,00	5,21
20.01.2002 21:45	100,00	10,84
20.01.2002 22:00	100,00	12,65
20.01.2002 22:15	100,00	12,14
20.01.2002 22:30	100,00	15,16

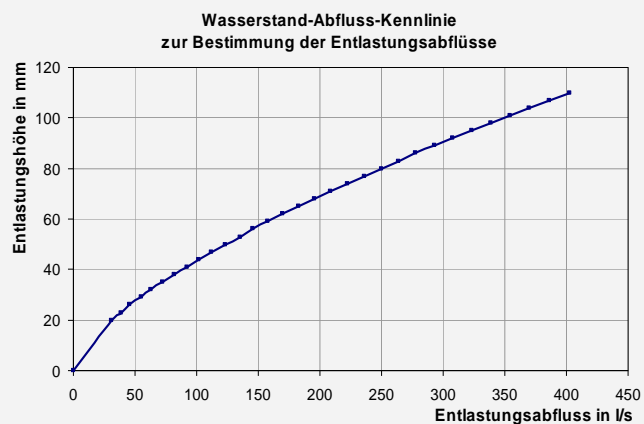


Abb. 14: Beispiel für die vom Aggerverband bereit gestellte Datengrundlage: 15-Minuten-Messwerte (links) und Wasserstand-Abfluss-Kennlinie zur Bestimmung der Entlastungsabflüsse (rechts)

**3.2.3 Messzeiten**

Mit Blick auf die Aktualität der Auswertung und eine hinreichend gesicherte Datengrundlage wurden ausschließlich Messdaten der Jahre 2000 bis einschließlich 2004 betrachtet. In diesen Jahren hat der Aggerverband seine Messtechnik und Messdatenverarbeitung weiter ausgebaut, so dass für einige der betrachteten Regenbecken keine vollständigen fünfjährigen Messreihen verfügbar waren. Beispielsweise wurden mehrere Regenbecken erst in den Jahren 2001 / 2002 an die zentrale Prozessdatenverarbeitung angeschlossen, so dass kontinuierliche Messdatenaufzeichnungen für einen Zeitraum von maximal drei bis vier Jahren vorlagen.

Kontinuierliche und zuverlässige Aufzeichnungen über mindestens 24 Monate waren erforderlich, damit ein Regenbecken in der Auswertung berücksichtigt werden konnte, d.h. für alle ausgewerteten Regenbecken wurden mindestens zwei Jahresgangli-



nien mit unterschiedlichen Niederschlägen berücksichtigt. Diese Voraussetzung erfüllten nach einer Plausibilitätsprüfung der Messdaten (vgl. 3.2.3) insgesamt 105 Regenbecken (vgl. Abb. 15). Für mehr als 80% dieser Entlastungsbauwerke (89 Regenbecken) standen zudem Messdaten für einen Zeitraum von mehr als vier Jahren zur Verfügung. Insgesamt konnten 96 % der Daten des betrachteten fünfjährigen Messzeitraums, also fast 500 Messjahre, für die weitere Auswertung genutzt werden.

### 105 Regenbecken des Aggerverbandes

Umfang der in der IKT-Auswertung berücksichtigten Messzeiten (max. 5 Jahre)

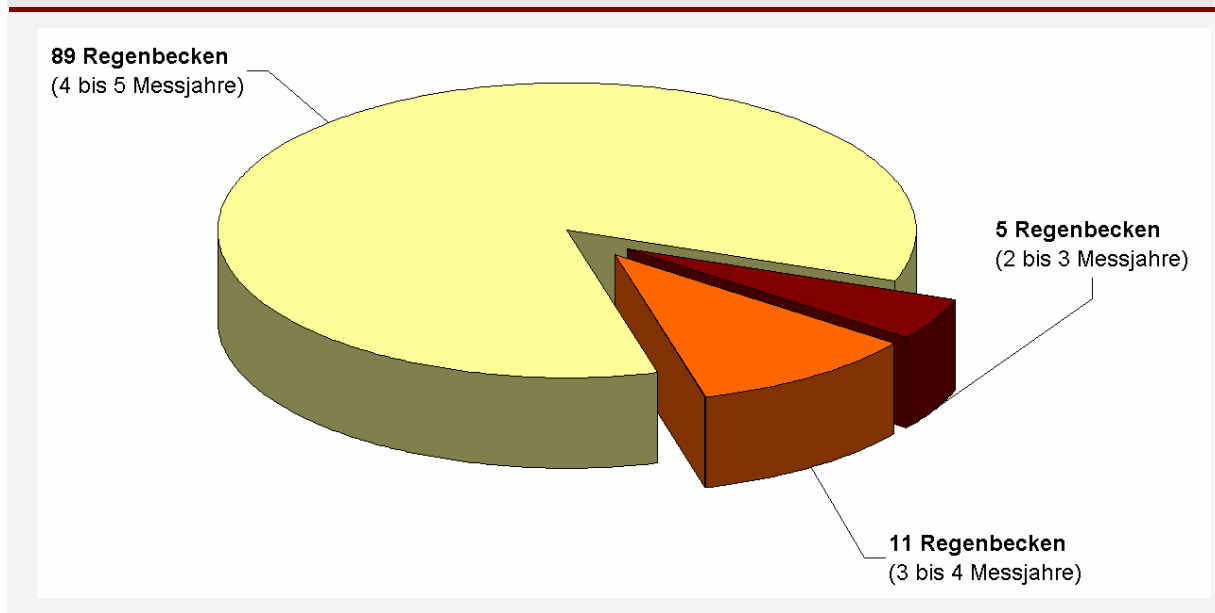


Abb. 15: Umfang der für die Auswertung berücksichtigten Messdaten

Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung zeigte sich, dass einige der betrachteten Messreihen unterschiedlich große Datenlücken aufwiesen. Sofern vorhanden, konnten zusätzliche Angaben wie etwa Füllstände im Trennbauwerk oder im Ablaufkanal Aufschluss über den Betriebszustand des Beckens geben, um fehlende Messwerte sinnvoll zu ergänzen. Große Datenlücken, für die eine Ergänzung der Messwerte nicht möglich war, wurden von der weiteren Auswertung ausgenommen.

Fehlerhafte Datensätze zeigten sich insbesondere bei einem direkten Vergleich der technisch entkoppelten Messung von Beckeneinstau und Entlastungshöhe (vgl. dazu Abschnitt 3.2.1). Als wesentliche Messfehler sind zu nennen:

- **Entlastung bei geringer Einstauhöhe:** bei einem Beckeneinstau von deutlich weniger als 100% können Entlastungsereignisse ausgeschlossen werden. Diese wurden, sofern aufgezeichnet, in der Auswertung nicht berücksichtigt. Dabei handelte es sich jedoch um Einzelfälle, bei denen eine Fehlfunktion der Entlastungsmessung deutlich erkennbar war. In der Regel wurden nach einer Instand-

setzung der Messeinrichtung wieder plausible Werte aufgezeichnet, die in der Auswertung verwendet werden konnten.

- **Negative Entlastungshöhen:** bei der Entlastungsmessung unter Volleinstau wurden an einzelnen Beckens negative Messwerte aufgezeichnet. In der Regel waren diese auf eine zu niedrige Montage von Stabsonde und Nullblech zurückzuführen (vgl. Abb. 11). In der Folge wurde die Entlastungsmessung bereits vor Erreichen der Überfallsschwelle freigeschaltet und negative Entlastungshöhen aufgezeichnet. Entsprechende Entlastungsmessungen wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

### 3.3 Übersicht über das Arbeitsprogramm

#### 3.3.1 Erhebung von Messdaten und Bestandsinformationen

Ebenso wie beim Aggerverband sind bereits zahlreiche Regenbecken in NRW mit Wasserstandsmesseinrichtungen ausgerüstet. Entsprechend verfügen die Betreiber dieser Anlagen über ein umfangreiches Datenarchiv, das jedoch nur selten ausgewertet und betrieblich genutzt wird. Vor diesem Hintergrund wurde für die Entwicklung und die exemplarische Darstellung einer geeigneten Auswertemethodik ausschließlich auf vorhandene Messdaten zurückgegriffen. Keines der betrachteten Bauwerke wurde mit zusätzlicher Messtechnik ausgerüstet, so dass die entwickelte Vorgehensweise ohne weiteres auch auf andere Bauwerke und Datensätze übertragbar ist.

Aus den insgesamt vom Aggerverband betriebenen Regenbecken wurden in einem ersten Schritt zunächst diejenigen Bauwerke ausgewählt, an denen

- mindestens seit dem Jahr 2000 Wasserstandsmesseinrichtungen im Becken und an der Entlastungsschwelle vorhanden sind und
- digitale Wasserstandsmessdaten über mindestens zwei Jahre kontinuierlich aufgezeichnet und archiviert wurden.

Vom Aggerverband wurden daraufhin die für den Zeitraum von 2000 bis 2004 verfügbaren Messdaten für die weitere Bearbeitung aufbereitet. Darüber hinaus wurden gemeinsam mit dem Aggerverband weitere Betriebs- und Bestandsinformationen zu den ausgewählten Bauwerken erhoben. Angaben zum Beckenvolumen und Drosselabfluss, zur Größe der befestigten und unbefestigten Einzugsgebietsfläche sowie das Fließschema der Abwasseranlage (vgl. Abb. 16) wurden auf Datenblättern für jede Anlage zusammengefasst [25] (vgl. Beispiel-Datenblatt im Anhang).

## Darstellung der Regenbecken im Prozessdatenverarbeitungssystem am Beispiel eines Fangbeckens im Hauptschluss

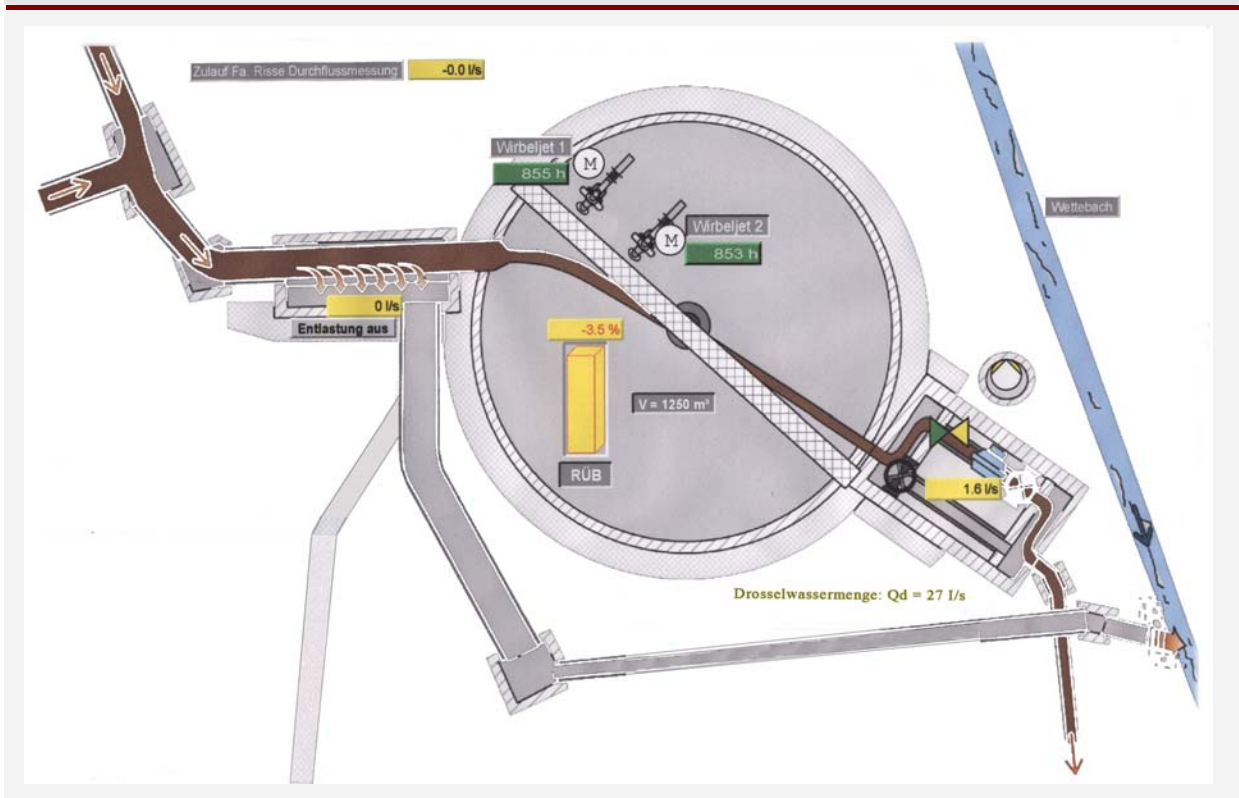


Abb. 16: Beispiel für die Darstellung eines Regenbeckens im PDV

Die messtechnische Ausrüstung der für die weitere Auswertung ausgewählten 105 Regenbecken wurde im Rahmen einer Begehung vor Ort aufgenommen und bewertet. Durch die stichprobenartige Überprüfung ausgewählter Messwertaufnehmer in Zusammenarbeit mit dem Aggerverband konnte zudem nachgewiesen werden, dass mit diesen Messwertaufnehmern zum Zeitpunkt der Begehung eine ausreichend genaue Wasserstandsmessung möglich war.

Darüber hinaus wurden auch die übergebenen Datensätze grundsätzlich auf Plausibilität überprüft und die dabei ggf. festgestellten Messfehler korrigiert. Ebenso wurden Ausfallzeiten herausgefiltert, um den für die Auswertung herangezogenen tatsächlichen Messzeitraum zu bewerten (vgl. Abb. 15).

Eine grundsätzliche Bearbeitung der Messdaten war erforderlich, um weitere Auswertungen zu ermöglichen. Insbesondere wurden aus den in den Datensätzen verzeichneten Entlastungsabflüssen unter Berücksichtigung der jeweils geltenden Q-h-Kennlinie (vgl. Abb. 14) die ursprünglich gemessenen Entlastungshöhen bestimmt.

### 3.3.2 Auswertung und Ableitung eines systematischen Vorgehens

Hauptbestandteil der Untersuchungen war die Auswertung vorhandener Wasserstandsdaten. Ausgehend von den an den Regenbecken aufgezeichneten Beckenfüllständen und Entlastungshöhen wurden geeignete Auswertemethoden erarbeitet, um das Einstau- und Entlastungsverhalten dieser Bauwerke zu bewerten. Die Auswirkungen auf das Gewässer bleiben bei dieser Emissionsbetrachtung zunächst unberücksichtigt. Zur Beurteilung der gemessenen Einstau- und Entlastungsereignisse wurden im Wesentlichen drei Auswertemodule entwickelt und exemplarisch angewendet:

#### → Regional-Analyse

Von besonderem Interesse waren im Rahmen der Auswertung die über den betrachteten Messzeitraum registrierten Entlastungsereignisse. Aus den an der Entlastungsschwelle aufgezeichneten Wasserständen wurde zunächst für jedes Regenbecken eine mittlere jährliche Entlastungsdauer bestimmt. Ausschlaggebend war dabei insbesondere die „Aktivierung“ des Entlastungsbauwerks. Die ebenfalls aufgezeichneten Entlastungshöhen und die daraus ermittelten Entlastungsabflüsse waren zunächst von untergeordneter Bedeutung.

Mit Blick auf die ermittelte Entlastungsdauer wurden alle Regenbecken in einem Ranking zusammengefasst (vgl. [26]), an dessen Spitze diejenigen Anlagen stehen, die innerhalb der untersuchten Stichprobe die längsten Entlastungsdauern aufwiesen. Ein solches Ranking wurde sowohl für die Gesamtheit aller untersuchten Fang- und Durchlaufbecken als auch für einzelne Kläranlageneinzugsgebiete erstellt und bewertet. Im Ergebnis wurden Entlastungsschwerpunkte identifiziert und u.a. mit Blick auf den Fremdwasseranteil der Kläranlagen mögliche Ursachen und Wechselwirkungen erörtert.

#### → Becken-Analyse

In einem weiteren Schritt wurden auch die an den Regenbecken gemessenen Beckenfüllstände systematisch ausgewertet. Als Bewertungskriterien wurden, ähnlich wie zur Beurteilung der Entlastungsaktivität, Einstauhäufigkeiten und -dauern ermittelt. Anhand der aus diesen Werten abgeleiteten Kennlinien wurde das Einstauverhalten einzelner Regenbecken, abhängig von ihrer Anordnung im Netz und der konstruktiven Gestaltung, charakterisiert.

Aus den gemessenen Beckenfüllständen wurde außerdem das Verhältnis von Entlastungsdauer zur Einstaudauer gebildet. Indirekt wird mit dieser, als „Entlastungsanteil“ bezeichneten Kennzahl, ausgedrückt, wie lange, gemessen an der Gesamteinstauzeit, über ein Regenbecken entlastet wurde. In gleichem Zuge wurde damit auch der Auslastungsgrad von Regenüberlaufbecken beurteilt, um z.B. Aussagen über potenzielle und bisher ungenutzte Rückstauvolumina abzuleiten.

Aufbauend auf der zunächst in der Regional-Analyse ermittelten jährlichen Entlastungsdauer wurden in der Becken-Analyse ausgewählte Regenbecken und deren Entlastungsdauer näher untersucht. Über den insgesamt fünfjährigen Messzeitraum wurden monatliche Entlastungsdauern ermittelt und diese, auch unter Berücksichtigung der in dieser Zeit gemessenen Niederschlagshöhe bewertet. Ziel war es, Entlastungsschwerpunkte nicht allein räumlich sondern auch zeitlich zu identifizieren. Auf Grund des i.d.R. saisonalen Auftretens von Fremdwasser in den Frühjahrsmonaten lag außerdem die Vermutung nahe, dass an den von Fremdwasser beeinflussten Regenbecken insbesondere in diesen Monaten verstärkt Entlastungen beobachtet werden.

Auf eine direkte Auswertung der ebenfalls als Messdaten aufgezeichneten Entlastungshöhen wurde auch im Rahmen der Becken-Analyse verzichtet. D.h. die Beckenfüllstände wurden ausschließlich bis zur Höhe der Entlastungsschwelle ausgewertet.

### → Einzelereignis-Analyse

Inwieweit zusätzliche Zuflüsse, wie z.B. Fremdwasser, die Funktion eines Regenbeckens beeinflussen, wurde insbesondere durch Analyse von Einzelereignissen untersucht. Anhand einzelner Niederschlagsereignisse wird beispielhaft aufgezeigt, wie sich das Einstau- und Entleerungsverhalten einzelner Regenbecken unterscheidet und wie sich der Einfluss zusätzlicher Fremdwasserzuflüsse bemerkbar macht. Gezeigt wird, wie die Entleerungsdauer abhängig vom Fremdwasserzufluss sowohl für verschiedene Regenbecken als auch saisonal ggf. deutlich variiert. Vor diesem Hintergrund werden die aus den vorhandenen Messdaten ermittelten Einstau- und Entleerungsdauern in Kennzahlen zusammengefasst, um somit Regenbecken mit auffallend langen Entleerungsdauern zu identifizieren.

Für zwei ausgewählte Regenbecken wurden darüber hinaus exemplarisch detaillierte Untersuchungen zum Einstau- und Entlastungsverhalten auch unter Berücksichtigung der baulichen und hydrogeologischen Randbedingungen des Einzugsgebietes durchgeführt. Es wurden zwei Einzugsgebiete ausgewählt, die bereits auf Grund der vorausgegangenen Auswertungen (Regional-, Becken- und Einzelereignis-Analyse) als Entlastungs- bzw. vermutliche Fremdwasserschwerpunkte identifiziert werden konnten.

Die Kanalnetze in den Einzugsgebieten beider Regenbecken wurden in einem Niederschlag-Abfluss-Modell abgebildet. In einer hydrodynamischen Niederschlag-Abfluss-Simulation wurde insbesondere das Einstau- und Entlastungsverhalten der Regenbecken für tatsächliche Regenereignisse nachvollzogen. Dabei wurden für beide ausgewählten Regenbecken sowohl Winter- als auch Sommerereignisse untersucht. Die simulierten Einstauhöhen wurden dann mit den tatsächlich gemessenen

Werten verglichen. Bei Abweichungen wurde das Modell insbesondere durch den Ansatz zusätzlicher Fremdwasserabflüsse kalibriert. Anhand der hydrogeologischen und morphologischen Eigenschaften des Einzugsgebietes wurde beurteilt, inwieweit die gewählten Fremdwasseransätze grundsätzlich plausibel sind.

Ziel der Simulationsrechnungen war es, die Indizien der Regional-, Becken- und Einzelereignis-Analyse zu verifizieren, um die Entscheidung sowie geeignete Prioritäten für die Sanierung festzulegen. Darüber hinaus können die Ergebnisse genutzt werden, um ggf. bauliche und hydraulische Wechselwirkungen innerhalb des zu sanierenden Netzes zu verstehen. Dies betrifft insbesondere die Beurteilung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Systems und die Verknüpfung von baulichen und hydraulischen Untersuchungsergebnissen zur Erarbeitung eines ganzheitlichen Sanierungsplans gemäß DIN EN 752-5 [27]. Denkbar ist auch, dass durch den gezielten Ansatz von Fremdwasserzuflüssen in der Niederschlag-Abfluss-Simulation bereits Fremdwasserschwerpunkte innerhalb des simulierten Kanalnetzes eingegrenzt werden.

#### 4 Regional-Analyse – Regenbeckenauslastung im Vergleich

Idealerweise lassen sich die über mehrere Jahre ausgewerteten und archivierten Wasserstandsmessungen für jedes Regenbecken in einer Historie zusammenfassen. Für vergleichbare Zeiträume können somit Änderungen im Betriebsverhalten eines einzelnen Regenbeckens erkannt und bewertet werden. Im Vordergrund steht dabei meist die Bewertung des Entlastungsverhaltens.

In Anlehnung an die Anforderungen nach SüwV Kan lassen sich aus den an Regenbecken gemessenen Wasserständen i.d.R. folgende Informationen zum Entlastungsverhalten ableiten:

- **Entlastungshäufigkeit:** Die Entlastungshäufigkeit beschreibt nach ATV-DVWK-M 177 die Anzahl der jährlichen „Kalendertage mit Entlastung“. Überschreitet der Beckenfüllstand die Höhe der Entlastungsschwelle des Klär- bzw. des Beckenüberlaufs, so wird dies als Beginn eines Entlastungsereignisses gewertet. Mehrere Einzelentlastungen während eines Einstauereignisses werden zu einer Entlastung zusammengefasst.
- **Entlastungsdauer:** die Zeit, während der bei Einzelereignissen Mischwasser über den Klär- bzw. den Beckenüberlauf ins Gewässer entlastet wird, z.B. aufsummiert als jährliche Entlastungsdauer (Stunden p.a.).
- **Entlastungsmengen:** über eine definierte Wasserstands-Abfluss-Beziehung (Q-h-Kennlinie) werden die an der Entlastungsschwelle gemessenen Überfallhöhen in Durchflüsse umgerechnet. Die Auswertung kann z.B. als Darstellung des Spitzenabflusses oder als Ermittlung der jährlichen Entlastungsmenge in Verbindung mit der Bestimmung von Schmutzfrachten erfolgen.

Werden diese Kenngrößen nach einheitlichen Grundsätzen ausgewertet, so ermöglicht dies auch den regionalen Vergleich von mehreren Regenbecken untereinander, z.B. innerhalb eines Kläranlagen-Einzugsgebietes. Auffälligkeiten im Betriebsverhalten und Wechselwirkungen zum Kanalnetz (z.B. Entlastungsschwerpunkte) können erkannt und ggf. beim Betrieb berücksichtigt werden.

Am Beispiel einer umfassenden Regional-Analyse für 105 Regenbecken des Aggerverbandes wird im Folgenden aufgezeigt, wie bereits archivierte, mehrjährige Wasserstandsmessdaten gezielt ausgewertet werden können, um das Betriebsverhalten dieser Regenbecken zu bewerten. Im Ergebnis werden Entlastungsschwerpunkte identifiziert und deren Ursachen erörtert.

#### 4.1 Entlastungsdauer von Regenbecken im Ranking-Vergleich

Die Auswertungen der im Folgenden dargestellten Regional-Analyse konzentrieren sich insbesondere auf die aus gemessenen Wasserständen ermittelten Entlastungsdauern. Dabei wurden ausschließlich die Ergebnisse von bereits archivierten Beckenfüllstandsmessungen aus den Jahren 2000 bis 2004 ausgewertet. Aus den vorhandenen Messdaten wurde für jedes der insgesamt 105 Regenbecken eine mittlere jährliche Entlastungsdauer bestimmt. Gemessen an der jeweils ermittelten Entlastungsdauer wurden die betrachteten Regenbecken in einem Ranking zusammengefasst (vgl. [26]). An der Spitze des Rankings stehen diejenigen Anlagen, die innerhalb der untersuchten Stichprobe jeweils die längsten Entlastungsdauern aufweisen.

Bei der Dimensionierung von Regenbecken werden bundesweit i.d.R. ähnliche Bemessungsansätze, wie z.B. die Anforderungen nach ATV-DVWK-A 128, und ähnliche spezifische Speichervolumina ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) zu Grunde gelegt. Infolgedessen ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die nach ähnlichen Grundsätzen bemessenen Regenbecken auch eine ähnliche Entlastungsaktivität aufweisen. Praktische Erfahrungen und die systematische Auswertung von Messdaten (z.B. [26]) belegen jedoch, dass das tatsächliche Entlastungsverhalten insbesondere durch betriebliche Faktoren beeinflusst wird. So können z. B. technische Mängel an der Drosseleinrichtung dazu führen, dass tatsächlich mehr Abwasser als geplant im Regenbecken zurückgehalten wird und infolgedessen häufige und lange Entlastungen stattfinden [28]. Andere Ursachen liegen innerhalb des Einzugsgebietes, wenn beispielsweise der Anteil der abflusswirksamen Fläche verändert wurde und das Regenbecken dadurch bei Niederschlag veränderten hydraulischen Belastungen ausgesetzt ist. Erfahrungen zeigen, dass in bebauten Gebieten mit hohen Grundwasserständen zudem Dränageleitungen an die öffentliche Kanalisation angeschlossen sind. Genau wie undichte öffentliche oder private Abwasserleitungen tragen diese dazu bei, dass sich der Gesamtabfluss eines Einzugsgebietes ggf. deutlich erhöht [29]. In der Folge fallen die in diesen Kanalisationsnetzen angeordneten Regenbecken ggf. durch ein von der Bemessung abweichendes Entlastungsverhalten auf.

Die exemplarische Auswertung der untersuchten Regenbecken des Aggerverbandes bestätigt, dass sich die für unterschiedliche Fang- und Durchlaufbecken ermittelten Entlastungsdauern teils erheblich unterscheiden können. Das in Abb. 17 für 31 Fangbecken dargestellte Ranking beinhaltet einerseits solche Regenbecken, über die im Messzeitraum von fünf Jahren gar nicht oder nur sehr kurz entlastet wurde. Andererseits stehen an der Spitze des gleichen Rankings jedoch auch mehrere Fangbecken, die sich mit einer mittleren jährlichen Entlastungsdauer von mehr als 219 Stunden als Entlastungsschwerpunkte herausstellten.



## Auswertung zum Entlastungsverhalten von 31 Fangbecken

Ranking der jährlichen Entlastungsdauer ausgewertet für die Jahre 2000 - 2004

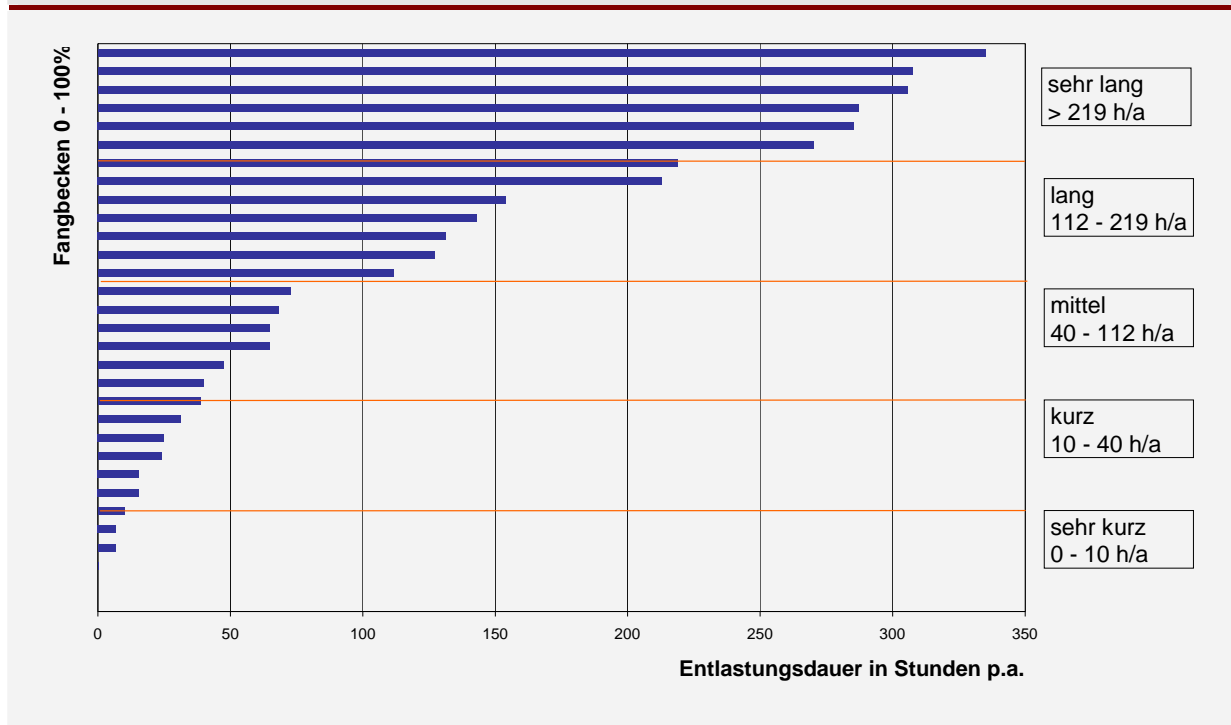


Abb. 17: Fangbecken, in einem Ranking zusammengestellt nach der gemessenen Entlastungsdauer (Messzeitraum 2000 bis 2004)

Unabhängig von der Auswertung für Fangbecken, lässt sich eine ähnliche Bewertung der Entlastungsaktivität auch für Durchlaufbecken vornehmen. Erwartungsgemäß sollten sich die ermittelten Entlastungsdauern, allein auf Grund der unterschiedlichen Wirkungsweise dieser Bauwerke, deutlich vom Entlastungsverhalten der Fangbecken unterscheiden. Mit Blick auf die Reinigungsleistung von Durchlaufbecken werden für diese Regenbecken bereits bei der Bemessung deutlich längere Entlastungszeiten angesetzt. D.h. am Klärüberlauf eines Durchlaufbecken darf grundsätzlich häufiger und länger Mischwasser ins Gewässer abgeschlagen werden, da dieses auf Grund der mechanischen Vorbehandlung im Regenbecken (Sedimentation) deutlich geringere Schmutzfrachten als vergleichbare Abschlüge an einem Fangbecken enthält (vgl. auch Kapitel 2.2).

Vor diesem Hintergrund wurden für die im Projekt ausgewerteten Durchlaufbecken, die jeweils am Klärüberlauf gemessenen Entlastungsdauern in einem zweiten Ranking zusammengefasst. Die an diesen Becken vorhandenen Beckenüberläufe sprachen im betrachteten Messzeitraum nur sehr selten an. Auf eine Darstellung der ebenfalls gemessenen Beckenüberlaufdauern wird verzichtet. Die Ergebnisse der Auswertung für 74 Durchlaufbecken sind in Abb. 18 dargestellt. Auch in diesem Ranking unterscheiden sich die für einzelne Becken ermittelten Entlastungsdauern wie-

derum deutlich voneinander. Hinzu kommt, dass die an der Spitze des Rankings stehenden Entlastungsbauwerke über mehr als 530 Stunden jährlich aktiv sind. Im Vergleich zum Fangbecken-Ranking entspricht dies etwa einer um den Faktor 2.4 höheren Entlastungsdauer an den Entlastungsschwerpunkten.

### Auswertung zum Entlastungsverhalten von 74 Durchlaufbecken

Ranking der jährlichen Entlastungsdauer ausgewertet für die Jahre 2000 - 2004

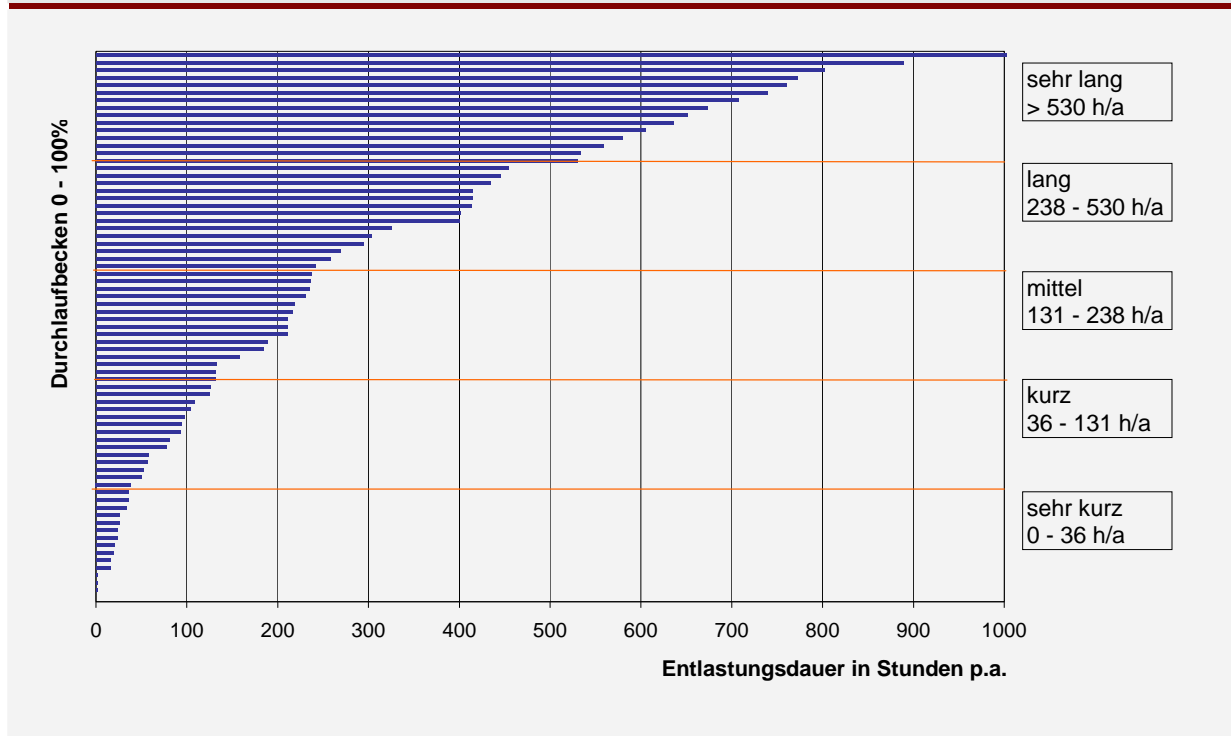


Abb. 18: Durchlaufbecken, in einem Ranking zusammengestellt nach der gemessenen Entlastungsdauer (Messzeitraum 2000 bis 2004)

Mit Blick auf eine Bewertung der im Ranking dargestellten Entlastungsdauern werden die ausgewerteten Regenbecken in Anlehnung an [26] in fünf Klassen unterschieden. Wie bereits Abb. 17 und Abb. 18 zeigen, werden jeweils 20% der Bauwerke entsprechend der ermittelten Entlastungsdauer in Klassen von „sehr kurz“ bis „sehr lang“ eingeteilt. Dieser Bewertung des Entlastungsverhaltens liegt die Annahme zu Grunde, dass mit der betrachteten Stichprobe das allgemeine Entlastungsverhalten von Regenbecken weitgehend repräsentativ abgebildet wird.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung für Regenbecken im Einzugsgebiet des Aggerverbandes wird auch durch die Ergebnisse vergleichbarer Auswertungen für Regenbecken mit Schwerpunkt in Baden-Württemberg [26, 30] gestützt. Mit insgesamt rund 500 Messjahren basieren beide Untersuchungen auf einer vergleichbar großen Stichprobe. Erfasst wurden jedoch unterschiedliche Einzugsgebiete. Tab. 3 zeigt die im Rahmen der IKT-Auswertung ermittelte Klasseneinteilung im Vergleich zu den von

Weiss et al. veröffentlichten Werten. Im Ergebnis sind ähnliche Grenzen zwischen den einzelnen Entlastungsklassen zu erkennen. Allerdings weisen die untersuchten Regenbecken des Aggerverbandes in den oberen „Entlastungsklassen“ für den betrachteten Messzeitraum etwas geringere Entlastungsdauern auf. Denkbare Ursache sind u.a. die beim Aggerverband zu Grunde gelegten weitergehenden Anforderungen und die entsprechend höheren spezifischen Volumina. Die an Durchlaufbecken beobachtete, um den Faktor 2.4 längere Entlastungsdauer, wird durch die Ergebnisse der baden-württembergischen Auswertungen (Faktor 2.3) bestätigt.

*Tab. 3: Bewertung der Überlaufdauer von Fang- und Durchlaufbecken, Vergleich von zwei unabhängigen Auswertungen in NRW und Baden-Württemberg*

<b>Beurteilung der Überlaufdauer von Fangbecken</b>		
Entlastungsdauer in Stunden p.a.		
<b>Klasseneinteilung</b>	<b>Weiss et al. 2005 [30]</b>	<b>IKT / Aggerverband 2006</b>
sehr kurz 0 – 20 %	0 – 10	0 – 10
kurz 20 – 40 %	10 – 50	10 – 40
mittel 40 – 60 %	50 – 139	40 – 112
lang 60 – 80 %	139 – 284	112 – 219
sehr lang 80 – 100 %	> 284	> 219
<b>Beurteilung der Überlaufdauer von Durchlaufbecken</b>		
Entlastungsdauer in Stunden p.a.		
<b>Klasseneinteilung</b>	<b>Weiss et al. 2005 [30]</b>	<b>IKT / Aggerverband 2006</b>
sehr kurz 0 – 20 %	0 – 20	0 – 36
kurz 20 – 40 %	20 – 163	36 – 131
mittel 40 – 60 %	163 – 308	131 – 238
lang 60 – 80 %	308 – 644	238 – 530
sehr lang 80 – 100 %	> 644	> 530

Anhand dieser Bewertung lassen sich nun diejenigen Regenbecken identifizieren, deren Entlastungsdauer im Vergleich zu den übrigen der jeweiligen Stichprobe überdurchschnittlich lang ist. Dies betrifft insbesondere die oberen 40%, d.h. Durchlaufbecken mit einer jährlichen Entlastungsdauer von mehr als 238 Stunden bzw. Fangbecken, über die im Jahr länger als 112 Stunden entlastet wird. Ähnliche Angaben findet man auch in [31]. Die Bewertung bietet damit einen ersten Ansatz zur Identifizierung von Entlastungsschwerpunkten. Darüber hinaus kann die in Tab. 3 aufgestellte Bewertungsskala auch genutzt werden, um anhand vorhandener Messdaten das Entlastungsverhalten von Regenbecken anderer Einzugsgebiete grundsätzlich einzuschätzen.

Worauf überdurchschnittlich lange Entlastungsdauern zurückzuführen sind und wie sich diese auf das aufnehmende Gewässer auswirken, kann nicht unmittelbar aus dem Ranking abgeleitet werden, sondern erfordert Einzelfallbetrachtungen und die Berücksichtigung zusätzlicher betrieblicher Erfahrungen.

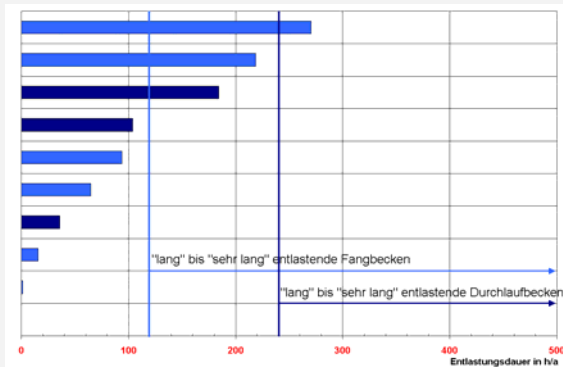
## 4.2 Regional-Analyse für Kläranlagen-Einzugsgebiete

Mit den für Fang- und Durchlaufbecken aufgestellten Ranking-Diagrammen (vgl. Abb. 17 und Abb. 18) wird die Entlastungsdauer der insgesamt betrachteten 105 Regenbecken des Aggerverbandes bewertet. Die Ergebnisse der Untersuchung beschreiben damit weitgehend vollständig die Entlastungsaktivität bzw. Entlastungsschwerpunkte innerhalb eines Verbandseinzugsgebietes. Die Lage und Anordnung dieser Regenbecken innerhalb unterschiedlicher, überwiegend auf kommunaler Ebene betriebener Kanalnetze und Kläranlageneinzugsgebiete bleibt dabei jedoch zunächst unberücksichtigt.

Tatsächlich verteilen sich die in der Auswertung berücksichtigten Regenbecken, unabhängig von der Unterscheidung nach Fang- oder Durchlaufbecken auf die Einzugsgebiete von 35 Kläranlagen. Ebenso wie für das gesamte Flusseinzugsgebiet können auch die Regenbecken in den Einzugsgebieten dieser Kläranlagen in einer Regional-Analyse bewertet werden. Im Ergebnis entsteht für jedes dieser Einzugsgebiete ein regionales Ranking der Regenbecken, aus dem die Entlastungsschwerpunkte innerhalb des jeweiligen Einzugsgebietes hervorgehen (vgl. Abb. 19).

**Regional-Analyse für die Einzugsgebiete unterschiedlicher Kläranlagen**  
 Entlastungsdauern der Regenbecken im regionalen Vergleich

**a) Kläranlage XV (West)**  
 Fremdwasserzuschlag < 100%



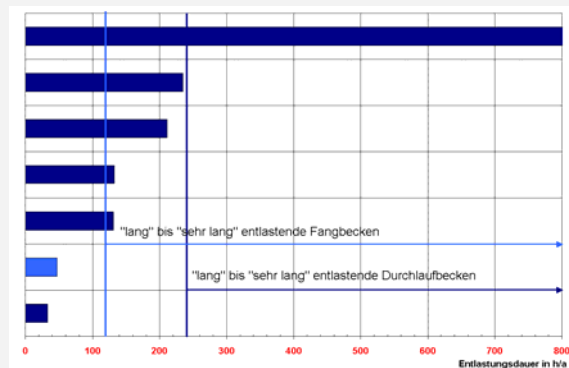
**b) Kläranlage XII (Süd-Ost)**  
 Fremdwasserzuschlag ca. 100%



**c) Kläranlage II (zentral)**  
 Fremdwasserzuschlag ca. 130 %



**d) Kläranlage XXI (Nord-Ost)**  
 Fremdwasserzuschlag > 170%



Entlastungsdauer von Durchlaufbecken in Stunden p.a.  
 Entlastungsdauer von Fangbecken in Stunden p.a.

Abb. 19: Regional-Analyse für die Einzugsgebiete von vier Kläranlagen

In Abb. 19 sind die regionalen Ranking-Diagramme für vier Kläranlageneinzugsgebiete des Aggerverbandes dargestellt. Die ausgewählten Einzugsgebiete liegen in unterschiedlichen Bereichen des Verbandsgebietes. Infolge dessen unterscheiden sich insbesondere die Niederschlagsverhältnisse sowie auch die mittlere Geländeneigung der einzelnen Einzugsgebiete (vgl. Abb. 3 und Abb. 5). Ein erster Blick auf die Ranking-Diagramme zeigt bereits, dass in einem zusammenhängenden Einzugsgebiet sowohl „sehr lange“ als auch „sehr kurze“ Entlastungsdauern auftreten können. Insbesondere sollen die einzelnen Regional-Analysen aber mit Blick auf die Fremdwassersituation in den Einzugsgebieten bewertet werden. Dabei werden auch Informationen über die, jeweils auf der Kläranlage ermittelten, Fremdwasserzuschläge hinzugezogen (vgl. Abb. 20).

## Ermittlung des Fremdwasserzuschlags für die Kläranlage XII

nach der Methode des 21-Tage gleitenden Minimums für die Jahre 2000 bis 2004

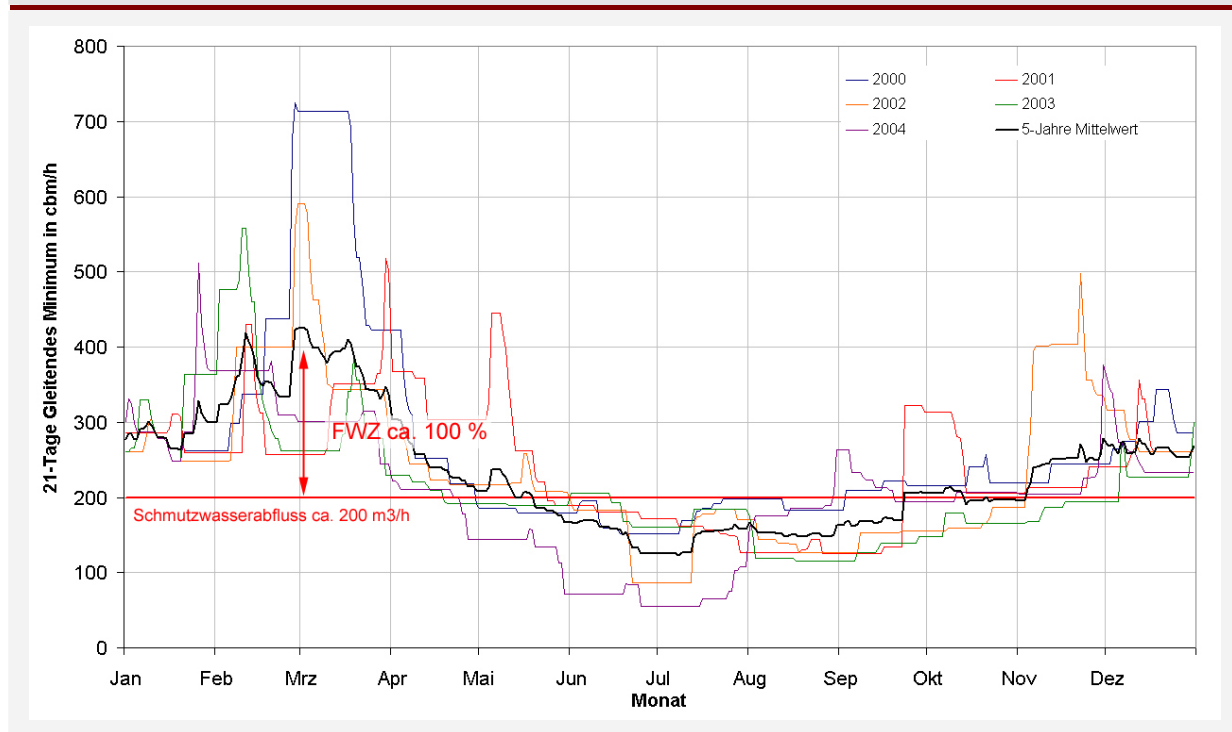


Abb. 20: Fremdwasserbestimmung nach der Methode des 21-Tage-gleitenden Minimums

Ziel ist es, diejenigen Entlastungsschwerpunkte innerhalb der Einzugsgebiete zu erkennen, die ggf. auf den Einfluss erhöhter Fremdwasserzuflüsse zurückzuführen sind. Im Unterschied zum Gesamt-Ranking wären damit bereits weitergehende Informationen zur Ursache der identifizierten Entlastungsschwerpunkte bekannt. Dieses Ergebnis könnte dann im Rahmen einer Sanierungsplanung genutzt werden, um Entlastungsereignisse gezielt und effizient zu reduzieren.

Die Auswertung für das Einzugsgebiet der **Kläranlage XV** zeigt nur wenige Entlastungsschwerpunkte. Die Regenbecken weisen nur vereinzelt „lange“ bis „sehr lange“ Entlastungsdauern auf. Der für den Auswertzeitraum auf der Kläranlage ermittelte Fremdwasserzuschlag liegt deutlich unter 100 %. Entsprechend ist davon auszugehen, dass in diesem Einzugsgebiet auf Grund von Fremdwasser kaum Sanierungsbedarf besteht. Auch die Regional-Analyse zeigt keine eindeutigen Sanierungsschwerpunkte.

Eine andere Situation ergibt sich für das Einzugsgebiet der **Kläranlage XII**. Insbesondere über zwei der vorwiegend als Fangbecken konzipierten Regenbecken wird „sehr lang“ entlastet. Diese Entlastungsschwerpunkte sind um so bemerkenswerter, da der Fremdwasserzuschlag der Kläranlage mit ca. 100 % zunächst unbedenklich

erscheint. Erst weitergehende Untersuchungen für diese Einzugsgebiete können zeigen, inwieweit diese Entlastungen auf Fremdwasser zurückzuführen sind.

Das Einzugsgebiet der **Kläranlage II** fällt bereits auf Grund eines erhöhten Fremdwasserzuschlags von ca. 130 % auf der Kläranlage auf. Hier liegt die Vermutung nahe, dass insbesondere aus diesem Grund bereits Sanierungsbedarf zur Reduzierung der Fremdwasserzuflüsse besteht. Hinzu kommt, dass für insgesamt fünf der im Einzugsgebiet liegenden Durchlaufbecken „lange“ bis „sehr lange“ Entlastungsdauern ermittelt wurden. Insbesondere für die Kanalisationsnetze dieser Einzugsgebiete sind weitere Untersuchungen anzusetzen, um mögliche Fremdwasserzuflüsse näher einzugrenzen.

Bemerkenswert ist in jedem Fall die Regional-Analyse für das Einzugsgebiet der **Kläranlage XXI**. Der Fremdwasserzuschlag für das gesamte Einzugsgebiet liegt mit mehr als 170 % deutlich über den für die anderen drei Einzugsgebiete angegebenen Werten. Mit Blick auf die Entlastungsdauern der Regenbecken ist es jedoch ausschließlich ein einzelnes Durchlaufbecken, über das „sehr lang“ entlastet wird. Für die weiteren Regenbecken konnten ausschließlich sehr kurze bis mittlere Entlastungsdauern festgestellt werden. Mit Blick auf diese Ergebnisse kann der erhöhte Fremdwasserzufluss der Kläranlage voraussichtlich bereits durch gezielte Sanierungsmaßnahmen innerhalb des auffälligen Teileinzugsgebietes maßgeblich reduziert werden.

Die Ergebnisse dieser Regional-Analyse für mehrere Einzugsgebiete zeigen, dass bereits aus den für viele Einzugsgebiete vorhandenen Messdaten (Kläranlagendurchfluss und Füllstandsmessungen der Regenbecken) wesentliche betriebliche Informationen abgeleitet werden können. Hinzu kommt, dass allein die Auswertung der auf der Kläranlage gemessenen Durchflüsse oftmals nur eine unzureichende Einschätzung der Fremdwassersituation erlaubt. Trotz eines zunächst unkritischen Fremdwasseranteils, z.B. auf der Kläranlage XII, fanden sich, wie am Beispiel in Abb. 19 gezeigt, im regionalen Vergleich mehrfach Regenbecken, die sich anhand der Messdaten dennoch als Entlastungsschwerpunkte herausstellten.

In Abb. 21 ist das Fließschema des Einzugsgebietes der Kläranlage XII einschließlich der darin angeordneten neun Regenbecken exemplarisch dargestellt. Die Entlastungsdauern aller Regenbecken wurden bereits in der zuvor erörterten Regional-Analyse (vgl. Abb. 19b) bewertet. Für das gewählte Beispiel sind die auf diese Weise identifizierten Entlastungsschwerpunkte entsprechend der Klasseneinteilung nach Tab. 1 farblich kenntlich gemacht.

## Regional-Analyse für das Einzugsgebiet der Kläranlage XII

### Entladungsdauern der Regenbecken im regionalen Vergleich

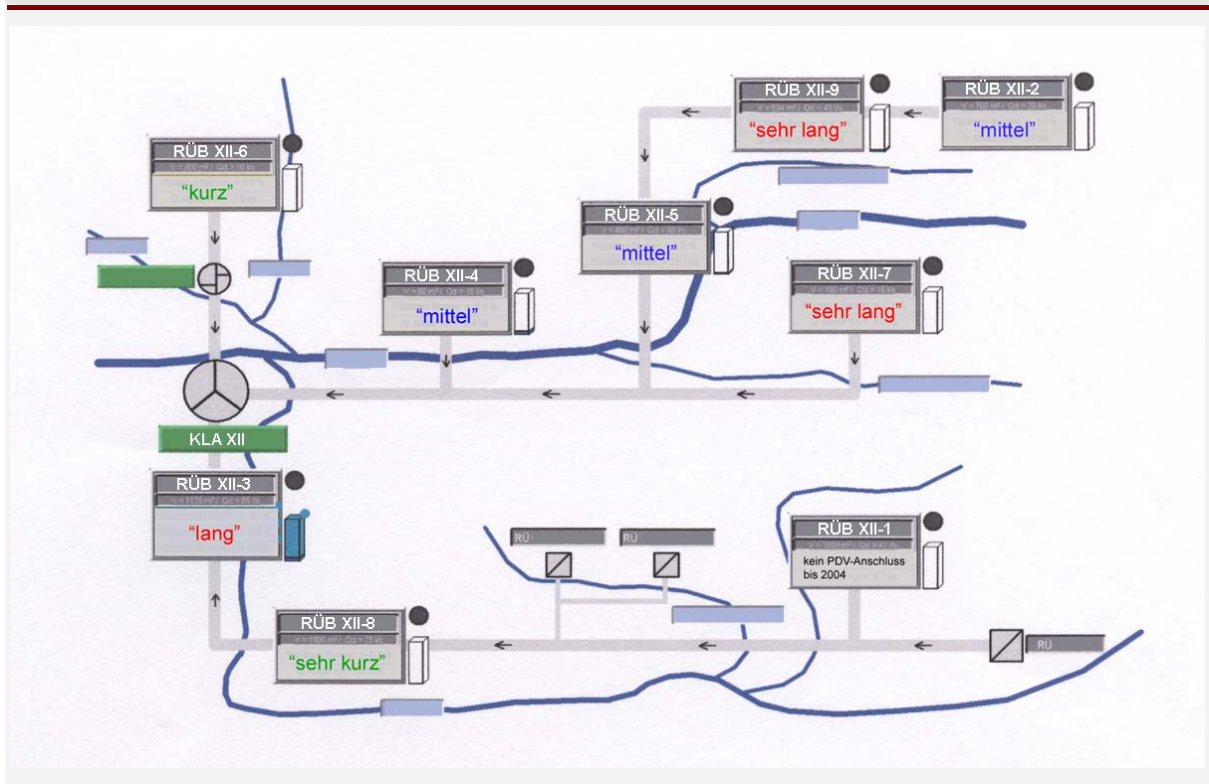


Abb. 21: Übersicht über die Regenbecken im Einzugsgebiet der Kläranlage XII

Erst in der Gesamtübersicht über das Einzugsgebiet fällt auf, dass sowohl das letzte Regenbecken vor der Kläranlage als auch mehrere Regenbecken im Nordosten des Einzugsgebietes lang bzw. sehr lang entlasten. Anhand von TV-Inspektionen lassen sich Fremdwasserinfiltrationen nachweisen, die als Ursache für die in diesem Einzugsbereich auftretenden Entlastungsschwerpunkte in Frage kommen (vgl. Kapitel 6.2.1).

Auf Grund der Hydrogeologie im Untersuchungsgebiet ist davon auszugehen, dass es sich dabei insbesondere um niederschlagsinduziertes Fremdwasser (Hang-, Schichtenwasser und temporäre Grundwasserleiter) handelt. Dieses wird bei einer Auswertung der auf der Kläranlage gemessenen Durchflüsse i.d.R. nicht erfasst (vgl. Abb. 19). Statt dessen werden mit den gängigen Auswertemethoden (vgl. [32]) nur Trockenwettertage berücksichtigt und somit ausschließlich der an diesen Tagen auftretende Fremdwasseranteil bestimmt. Im Rahmen einer Fremdwasserbetrachtung sollten deshalb stets beide Auswertemethoden angewendet werden: Die Analyse der auf der Kläranlage gemessenen Zuflüsse sowie der regionale Vergleich der Entladungsdauer der Regenbecken des betrachteten Einzugsgebietes.



Anhand einer Regional-Analyse lassen sich darüber hinaus auch betriebliche Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Regenbecken eines Einzugsgebietes erkennen. Beispielsweise sollten die Drosselabflüsse der im selben Leitungsstrang hintereinander angeordneten Regenbecken so aufeinander abgestimmt sein, dass das insgesamt vorhandene Stauvolumen möglichst vollständig genutzt wird. Im vorliegenden Beispiel wäre es denkbar, z.B. den Entlastungsschwerpunkt am RÜB XII-9 zu entschärfen, indem das Stauvolumen des nachgeschalteten RÜB XII-5 effektiver genutzt würde.

## 5 Becken-Analyse – Einstau- und Entlastungsverhalten

In der Regional-Analyse wurde zunächst die Gesamtheit aller Regenbecken eines Betreibers bzw. eines Kläranlagen-Einzugsgebietes betrachtet. Anhand der jeweils ermittelten Entladungsdauer wurde das Betriebsverhalten dieser Regenbecken bewertet und bereits erste Entlastungsschwerpunkte identifiziert.

Betrachtet man darüber hinaus die messtechnisch erfassten Beckenfüllstände, so lassen sich in einer Becken-Analyse die Einstauhäufigkeit und –dauer sowie die zeitliche Verteilung von Entlastungsereignissen über das Jahr ermitteln, um anhand dieser Kennzahlen die Funktions- und Leistungsfähigkeit eines einzelnen Regenbeckens näher zu bewerten. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Regional-Analyse wird gezeigt, wie sich mit den zusätzlich eingeführten Kenngrößen weitergehende Informationen zu den Ursachen für ein ggf. festgestelltes, auffälliges Betriebsverhalten gewinnen lassen.

Bei größeren Regenereignissen kommt es zu einem Einstau des Regenbeckens, wenn der niederschlagsbedingte Abfluss den vorgegebenen Drosselabfluss des Regenbeckens übersteigt. Das Speichervolumen zur Rückhaltung von Abwasser im Regenbecken bzw. im Zulaufkanal wird aktiviert.

Der Beginn eines Einstauereignisses wird definiert durch einen für jedes Regenbecken individuell festgelegten Mindestwasserstand. Unterhalb dieses Wasserstandes macht sich ausschließlich der Einfluss des Trockenwetterabflusses einschließlich der üblichen Schwankungen bemerkbar. Diese Füllstände werden nicht als Einstauereignis gewertet. Ein Einstauereignis beginnt nach [24] erst dann, wenn „wesentliche Teile des Beckenbodens geflutet sind“ (vgl. Abb. 22).

Die Zeit, während der der Beckenfüllstand über dem Mindestwasserstand liegt, wird als Einstaudauer festgelegt. Als Überschreitungshäufigkeit wird aufsummiert, wie häufig der Wasserstand des Beckens die jeweils betrachtete Pegelstufe durchlaufen hat. Diese beiden Kenngrößen werden im Rahmen einer Becken-Analyse ausgewertet, um das Einstauverhalten eines einzelnen Regenbeckens zu beschreiben.

An den Regenbecken des Aggerverbandes werden die Beckenfüllstände zunächst ohne Berücksichtigung des jeweils definierten Mindestwasserstandes erfasst und aufgezeichnet. Dies vereinfacht die Festlegung der unteren Grenze des Messbereichs vor Ort und ermöglicht darüber hinaus auch Rückschlüsse auf das Abflussverhalten des Netzes bzw. die Funktion der Drosselorgane, z.B. durch die Überwachung der Schaltpunkte von Pumpen, die oftmals unterhalb des Mindestwasserstandes liegen.

### Beckeneinstau bei Überschreiten des Mindestwasserstandes

Rundbecken im Hauptschluss und Rechteckbecken im Nebenschluss (aus [24])

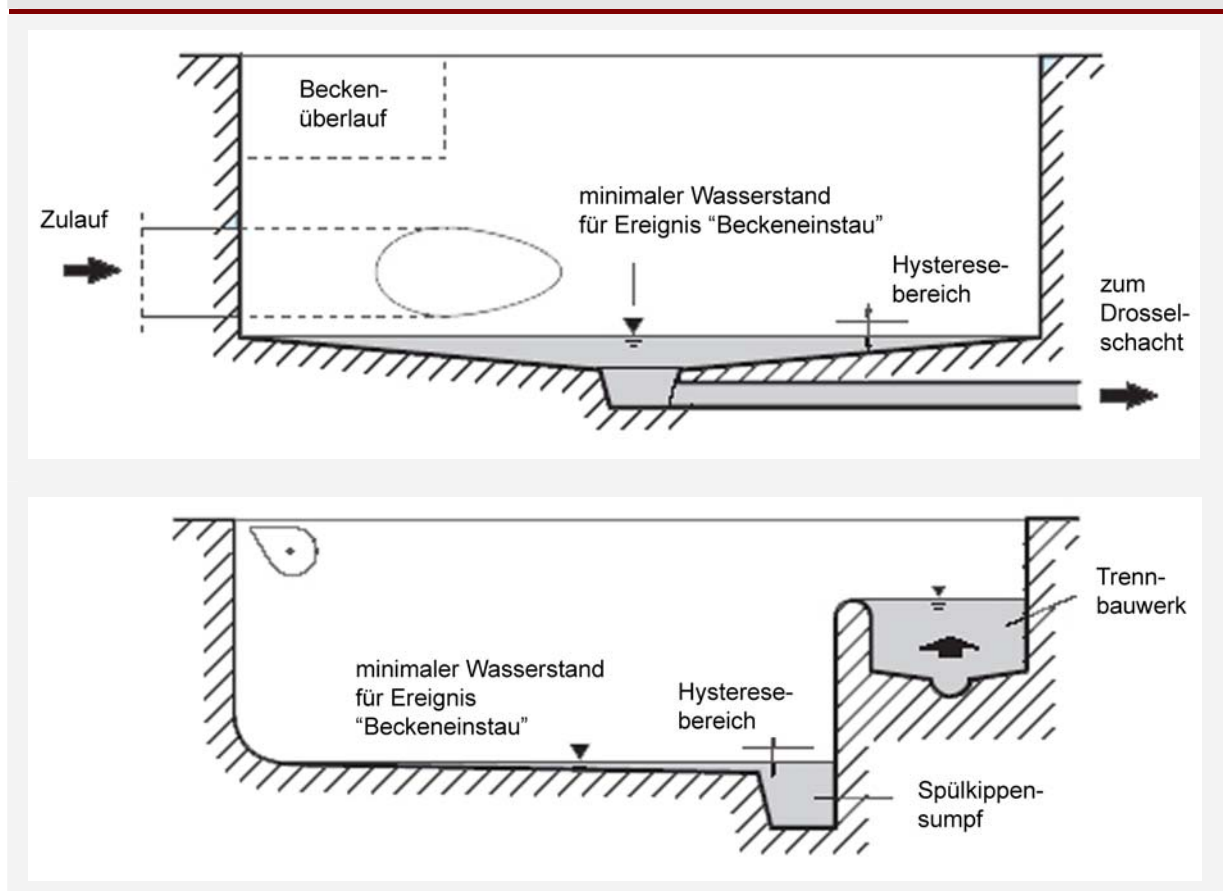


Abb. 22: Beispiele für die Festlegung des Mindestwasserstandes nach [24]

In Abb. 23 sind exemplarisch die Überschreitungshäufigkeiten für ein Regenbecken des Aggerverbandes in 0,1%-Intervallen dargestellt. Das im Hauptschluss angeordnete Verbundbecken besitzt ein Speichervolumen von 870 m<sup>3</sup>. Für den Einstau wird vom Betreiber ein Mindestwasserstand von 5% zu Grunde gelegt. Gemäß der Ergebnisse der Regional-Analyse weist das Regenbecken sehr kurze Entlastungsdauern von jährlich i.M. 30 Stunden auf.

Bei der Auswertung der Beckenfüllstände und der Darstellung der Überschreitungshäufigkeiten wurde der für das Becken festgelegte Mindestwasserstand zunächst nicht berücksichtigt. Entsprechend zeigt die Darstellung eine deutliche Häufung von Einstauereignissen im sohnahen Bereich, die auf den Einfluss des in diesem Bereich schwankenden Trockenwetterabflusses zurückzuführen ist.

Oberhalb des Mindestwasserstandes staut das betrachtete Regenbecken auf Grund des vergleichsweise großen Stauvolumens offensichtlich nur langsam ein. Zahlreiche Einstauereignisse liegen bei Einstauhöhen von bis zu ca. 30%. Einstauhöhen von mehr als 60% wurden im fünfjährigen Messzeitraum nur etwa 10 mal erreicht. Diese vergleichsweise geringen Einstauhäufigkeiten im oberen Drittel bestätigen die Er-

gebnisse der Regional-Analyse, gemäß der über das Regenbecken „sehr kurz“ entlastet wird (vgl. Tab. 3).

### Beckeneinstau – Überschreitungshäufigkeit der Füllstände ausgewertet für die Jahre 2000 bis 2004 (RÜB VIII-1)

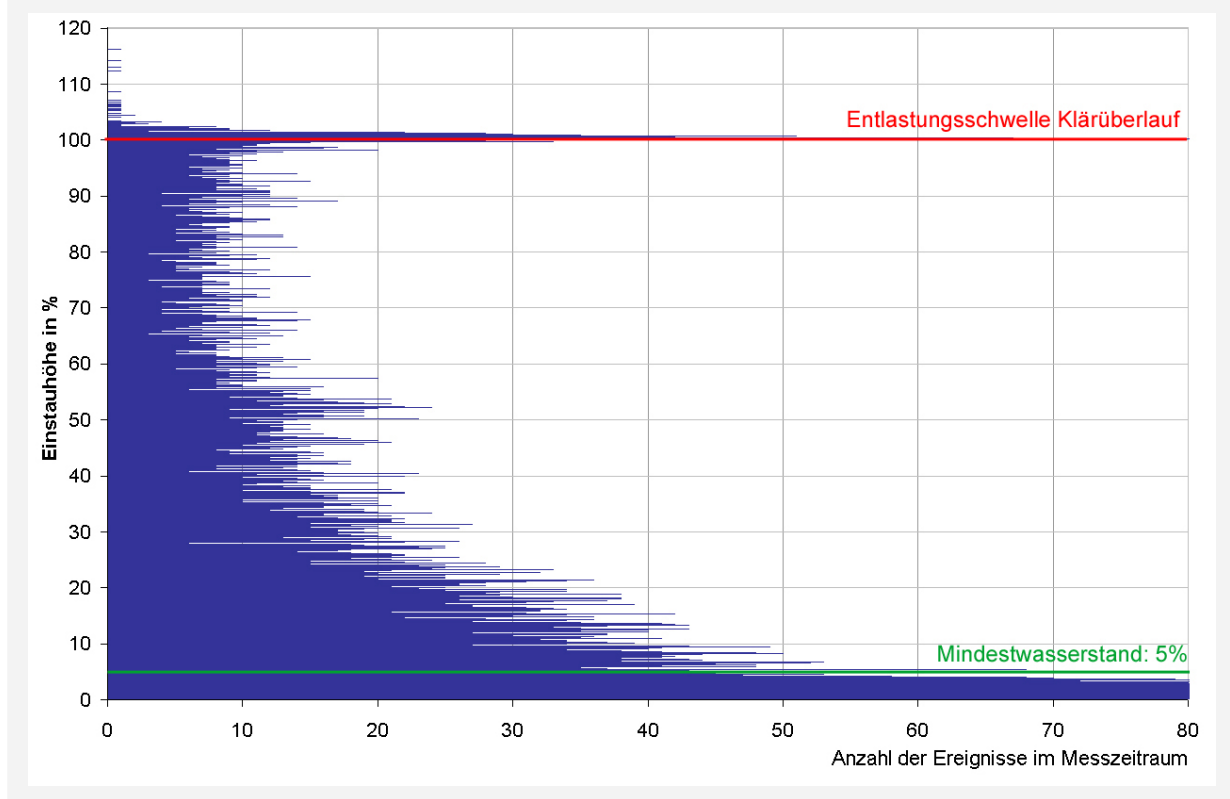


Abb. 23: Auswertung gemessener Beckenfüllstände

Charakteristisch für die Auswertung der Einstauhäufigkeit ist sowohl der gezackte Verlauf der Kennlinie als auch die erkennbare Häufung der Beckenfüllstände nahe der Entlastungsschwelle des Klärüberlaufs. Dies wurde bereits bei ähnlichen Auswertungen für Regenbecken mit Schwerpunkt in Baden-Württemberg beobachtet (vgl. [26]). Dieses Phänomen lässt sich u.a. darauf zurückführen, dass sich eine Veränderung im Zu- oder Abfluss eines bereits eingestauten Regenbeckens auf Grund der Massenträgheit des Wasserkörpers nur verzögert auf den Wasserstand auswirkt und die folgenden Schwankungen zu einer Häufung der Einstauereignisse führen. Hinzu kommt, dass mit dem Überschreiten der Entlastungsschwelle auch der reine Einstauvorgang des Regenbeckens beendet ist. Das Entlastungsverhalten bewirkt, dass die Füllstände bei gleichen Zuflüssen nicht im selben Maße zunehmen wie unterhalb der Entlastungsschwelle. Statt dessen verdichten sich die Einstauereignisse bei geringen Überstauhöhen über der Entlastungsschwelle.

Für das gleiche Regenbecken sind in Abb. 24 die korrespondierenden Einstaudauern dargestellt. Auch für diese Auswertung wurden die im Messzeitraum von 2000 bis

2004 aufgezeichneten Beckenfüllstände ausgewertet. Das Diagramm zeigt für jeden Beckenfüllstand die über den fünfjährigen Messzeitraum gemittelte, jährliche Einstaudauer.

### Beckeneinstau – Überschreitungsdauer der Füllstände

mittlere jährliche Einstaudauer ausgewertet für die Jahre 2000 bis 2004

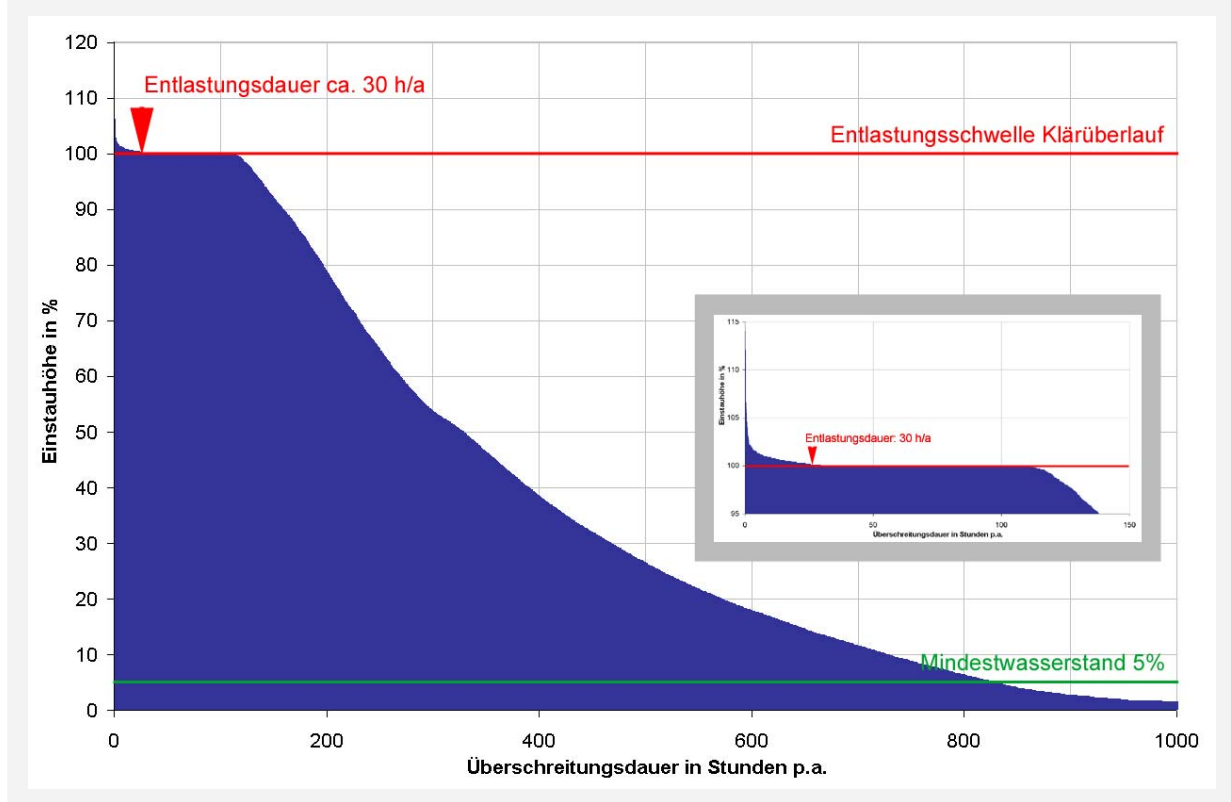


Abb. 24: Auswertung gemessener Beckenfüllstände( Einstaudauer)

An den langen Einstaudauern unterhalb des Mindestwasserstandes ist auch in dieser Darstellung wiederum der Einfluss des Trockenwetterabflusses zu erkennen. Die oberhalb des Mindestwasserstandes flach ansteigende Kurve zeigt an, dass es sich um ein Regenbecken mit großem Speichervolumen handelt, das sich bei einem Niederschlagsereignis nur sehr langsam füllt. Auf der Höhe der Entlastungsschwelle ist ein deutlicher Rückgang der Entlastungsdauer festzustellen. Diese in der Vergrößerung in Abb. 24 ablesbare „Einstau-“dauer entspricht genau dem Wert der bereits in der Regional-Analyse verwendeten jährlichen Entlastungsdauer von 30 h/a.

Im Vergleich zeigt Abb. 25 exemplarisch die Auswertung der Überschreitungsdauer für ein Regenbecken mit einem deutlich geringeren Stauvolumen von 75 m<sup>3</sup>. Für den Einstaubeginn wird vom Betreiber zunächst ein Mindestwasserstand von 15% zu Grunde gelegt. Das geringe Stauvolumen zeigt sich in dem ab ca. 30% steil aufsteigenden Verlauf der Kurve, d.h. bei den im fünfjährigen Messzeitraum erfassten Niederschlagsereignissen füllte und entleerte sich der vorhandene Stauraum jedes Mal

innerhalb kurzer Zeit. Jeder Wasserstand wurde nur kurz durchlaufen. Messfehler machen sich dabei besonders deutlich bemerkbar: Die im Diagramm erkennbaren Unstetigkeiten bei ca. 45 % und 35 % konnten nach einer Plausibilitätsprüfung der Daten auf Fehler in der Messwertverarbeitung zurückgeführt werden. An diesen Stellen blieb die Messwertregistrierung auf Grund eines Elektronikfehlers zeitweise bei einem Messwert „stehen“, der dann trotz eines weiterhin abfallenden Wasserstandes fortlaufend aufgezeichnet wurde.

### Beckeneinstau – Auswertung der Überschreitungsdauer und Überprüfung des festgelegten Mindestwasserstandes

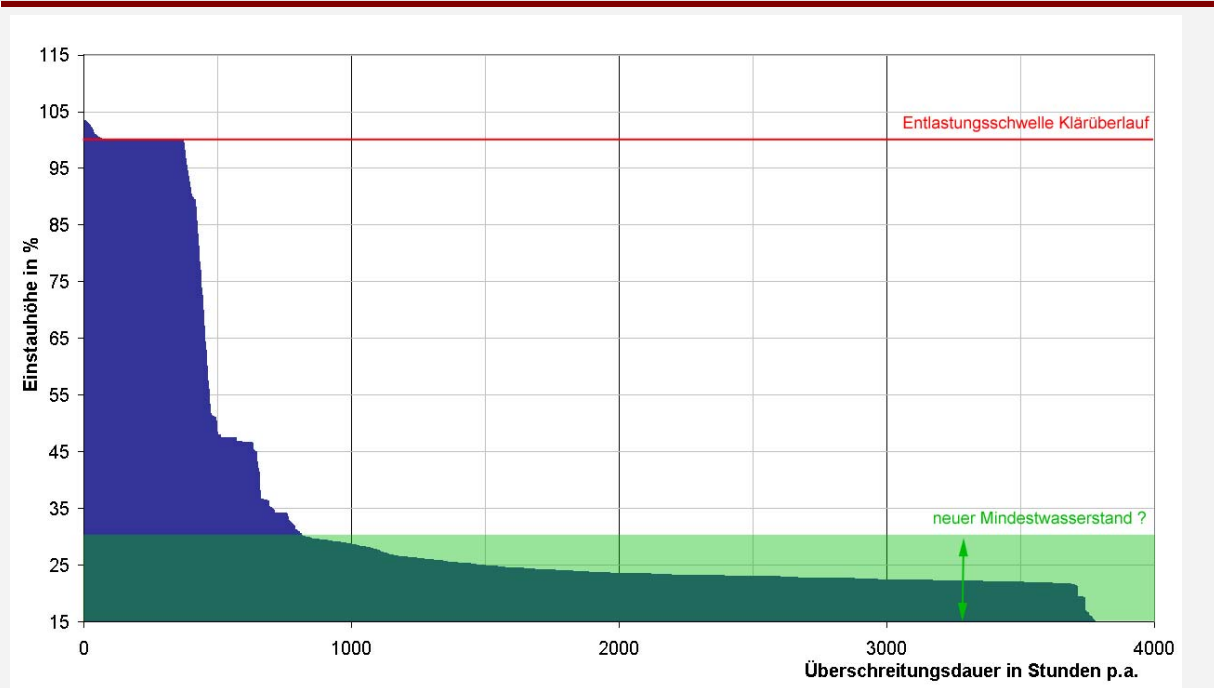


Abb. 25: Schneller Einstau bei geringem Speichervolumen (RÜB)

Bemerkenswert ist zudem die in der Auswertung (Abb. 25) zu erkennende „Häufung“ von Einstauereignissen im Bereich von 15 % bis ca. 30 %. Nach einer näherer Betrachtung der konstruktiven Gestaltung des Regenbeckens, einschließlich einer Inaugenscheinnahme vor Ort, lässt sich dies auf einen für den Einstaubeginn zunächst falsch festgelegten Mindestwasserstand zurückführen. Demnach macht sich im „Einstau“-Bereich unterhalb von ca. 30 % überwiegend der Einfluss des als Drosseleinrichtung genutzten Abwasserpumpwerks bemerkbar. Die gemessenen Wasserstände werden damit nicht durch niederschlagsbedingte Einstauereignisse sondern durch Schwankungen im Trockenwetterabfluss verursacht. In der Folge ergibt sich für die statistische Auswertung eine deutlich veränderte Einstaudauer.

Um das Einstauverhalten für zahlreiche Regenbecken „auf einen Blick“ bewerten zu können, wurde im Rahmen der Auswertung eine neue Kenngröße definiert. Diese beschreibt das Verhältnis von Entlastungsdauer zur Einstaudauer und wird im Fol-

genden als Entlastungsanteil bezeichnet. Wie Abb. 26 zeigt, entsprechen diese Eingangswerte den im Diagramm ablesbaren Überschreitungsdauern

- auf der Höhe der Entlastungsschwelle, d.h. bei 100% (Entlastungsdauer) sowie
- bei einem Wasserstand entsprechend dem Mindestwasserstand (Einstaudauer).

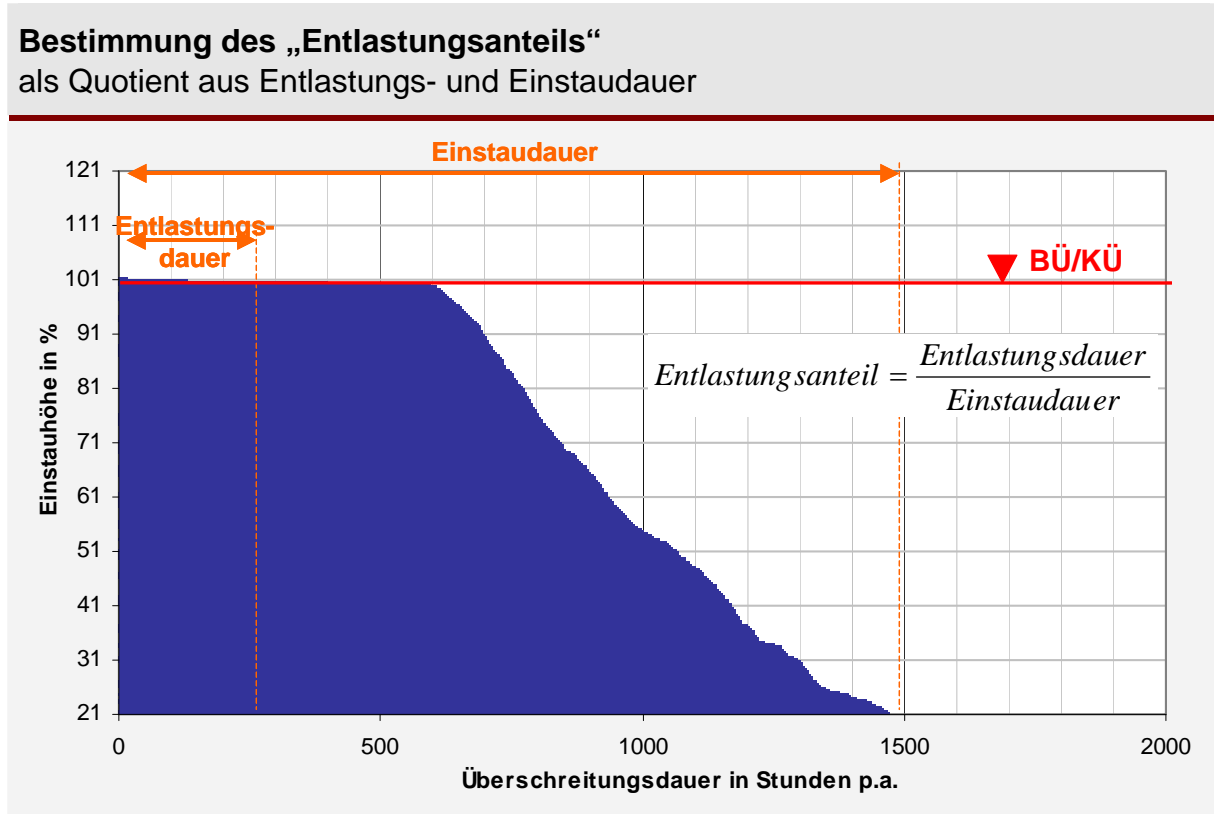


Abb. 26: Ermittlung des „Entlastungsanteils“ (exemplarisch)

Mit dieser Kenngröße wird ausgedrückt, wie lange, bezogen auf die Einstauzeit, über ein Regenbecken entlastet wird. Ein großer Entlastungsanteil deutet darauf hin, dass zahlreiche der registrierten Einstauereignisse auch zur Entlastung geführt haben (vgl. Beispiel in Abb. 25). Auf der anderen Seite kann ein Regenbecken, welches zwar häufig einstaut, dabei aber nur selten entlastet, mit einem kleinen Entlastungsanteil charakterisiert werden (vgl. Beispiel in Abb. 24).

Aus betrieblicher Sicht kann ein kleiner Entlastungsanteil z.B. bedeuten, dass ein solches Regenbecken kaum ausgelastet ist, so dass bei Bedarf sowohl die Erschließung zusätzlicher Flächen als auch die Erhöhung der Zuflüsse aus vorgeschalteten Regenbecken möglich wäre. Denkbar ist auch, dass sich die häufige Teilfüllung eines Regenbeckens auf dauerhaft zufließendes Fremdwasser zurückführen lässt. Um die tatsächlichen Ursachen für einen auffallend geringen Entlastungsanteil zu ermitteln, wären somit weitergehende Untersuchungen, z.B. der Fremdwasserabflüsse im Einzugsgebiet, anzusetzen.

Der Entlastungsanteil wurde im Rahmen des Projektes für sämtliche der betrachteten Regenbecken bestimmt. Dabei ist festzustellen, dass für diese Regenbecken mit

steigender Entlastungsdauer überwiegend auch der Entlastungsanteil zunimmt. Abweichungen von diesem Trend lassen sich nach einer Einzelfallbetrachtung u.a. wie im zuvor beschriebenen Beispiel (vgl. Abb. 25), auf einen falsch festgelegten Mindestwasserstand zurückführen.

Mit Blick auf mögliche Fremdwasserschwerpunkte sollten jedoch auch die Einzugsgebiete von Regenbecken mit einem besonders kleinen Entlastungsanteil näher betrachtet werden. Seltene Entlastungsereignisse bei langem Einstau deuten auf einen erhöhten Grundabfluss hin, der z.B. durch Fremdwasser bedingt sein kann.

Weitere Hinweise auf den Einfluss von Fremdwasserzuflüssen lassen sich dann ggf. aus den über den Jahresverlauf betrachteten monatlichen Entlastungsdauern ableiten. Grundsätzlich beobachtet man geringe Fremdwasserzuflüsse in den Sommermonaten und vergleichsweise hohe Zuflüsse in den Wintermonaten [29]. Diese Veränderung der Zuflusssituation kann sich sowohl im Zulauf der Kläranlage (vgl. Abb. 20) als auch im Entlastungsverhalten von Regenbecken bemerkbar machen (vgl. auch [33]).

Abb. 27 zeigt exemplarisch die über mehrere Jahre gemessene monatliche Entlastungsdauer eines durch Fremdwasser beeinflussten Regenbeckens. Die in den Jahren 2002 bis 2004 gemessenen Entlastungsdauern konzentrieren sich insbesondere auf die Monate des Winterhalbjahres von Oktober bis März.

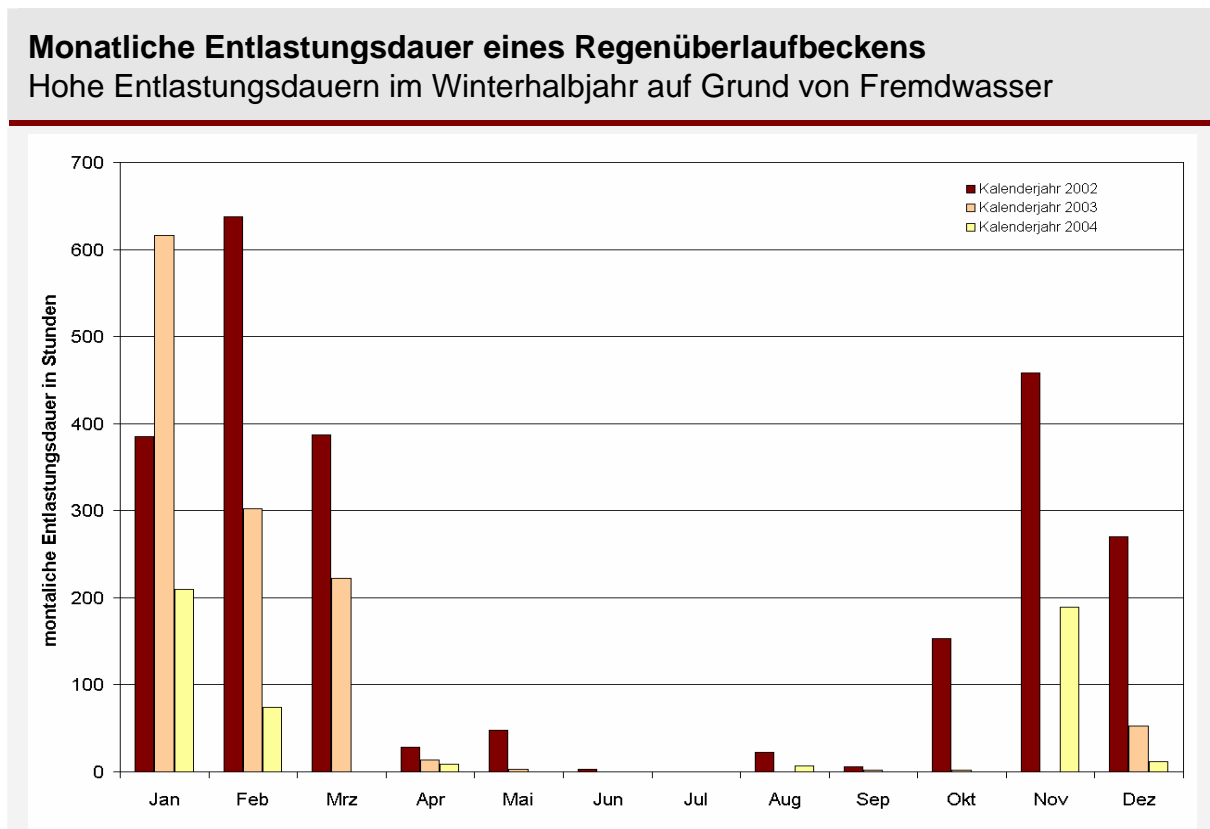


Abb. 27: monatliche Entlastungsdauer, Jahresganglinie 2002 bis 2004



## 6 Einzelereignis-Analyse

In welchem Maße Fremdwasser die Funktion und das Entlastungsverhalten eines einzelnen Regenbeckens beeinflusst, lässt sich durch eine gezielte Auswertung von einzelnen Einstauereignissen analysieren. Erfahrungsgemäß führen zusätzliche Fremdwasserabflüsse dazu, dass sich die Entleerungszeit eines Regenbeckens verlängert. Nach einem Einstauereignis bleibt das Regenbecken noch längere Zeit zumindest teilweise eingestaut. Der für folgende Niederschlagsabflüsse zur Verfügung stehende Stauraum wird damit ggf. deutlich verringert.

Am Beispiel der untersuchten Regenbecken des Aggerverbandes wurde aufgezeigt, wie sich das Einstau- und Entleerungsverhalten einzelner Regenbecken unterscheidet und wie sich eine verlängerte Entleerungszeit auf den Einfluss zusätzlicher Fremdwasserzuflüsse zurückführen lässt. Die aus den vorhandenen Messdaten ermittelten Einstau- und Entleerungsdauern wurden in Kennzahlen zusammengefasst, um somit Regenbecken mit auffallend langen Entleerungsdauern zu identifizieren.

### 6.1 Auswertung von Einstau- und Entleerungsdauern

Im Rahmen der Einzelereignis-Analyse wurden zunächst die Überschreitungsdauern der gemessenen Beckenfüllstände (vgl. Becken-Analyse) unterschieden nach ansteigenden und abfallenden Wasserständen, die beim Einstau bzw. bei der Entleerung des Regenbeckens aufgezeichnet werden.

Abb. 28 zeigt exemplarisch die Vorgehensweise zur Ermittlung der Einstau- und Entleerungsdauern für ein ausgewähltes Regenbecken. Diese ergeben sich als Summe aus kumulierten Einzelereignissen, für die jeweils die Überschreitungsdauern bei ansteigendem und abfallendem Wasserspiegel ausgewertet wurden. Die Darstellung der Ergebnisse im Diagramm verdeutlicht, inwieweit sich das Einstauverhalten eines Regenbeckens vom Entleerungsverhalten unterscheidet. Für die in der Auswertung betrachteten 105 Regenbecken wurden unterschiedliche Differenzen zwischen den jeweils ermittelten Einstau- und Entleerungsdauern festgestellt. Dabei zeigte sich, dass Entleerungsdauern, welche die Einstaudauern deutlich übertreffen, auch auf den Einfluss von zusätzlichen Fremdwasserabflüssen zurückgeführt werden können. Dies soll im Folgenden an zwei Beispielen verdeutlicht werden.

**Auswertung von Einstau und Entleerungsdauern**  
als Summe aus kumulierten Einzelereignissen (schematische Darstellung)

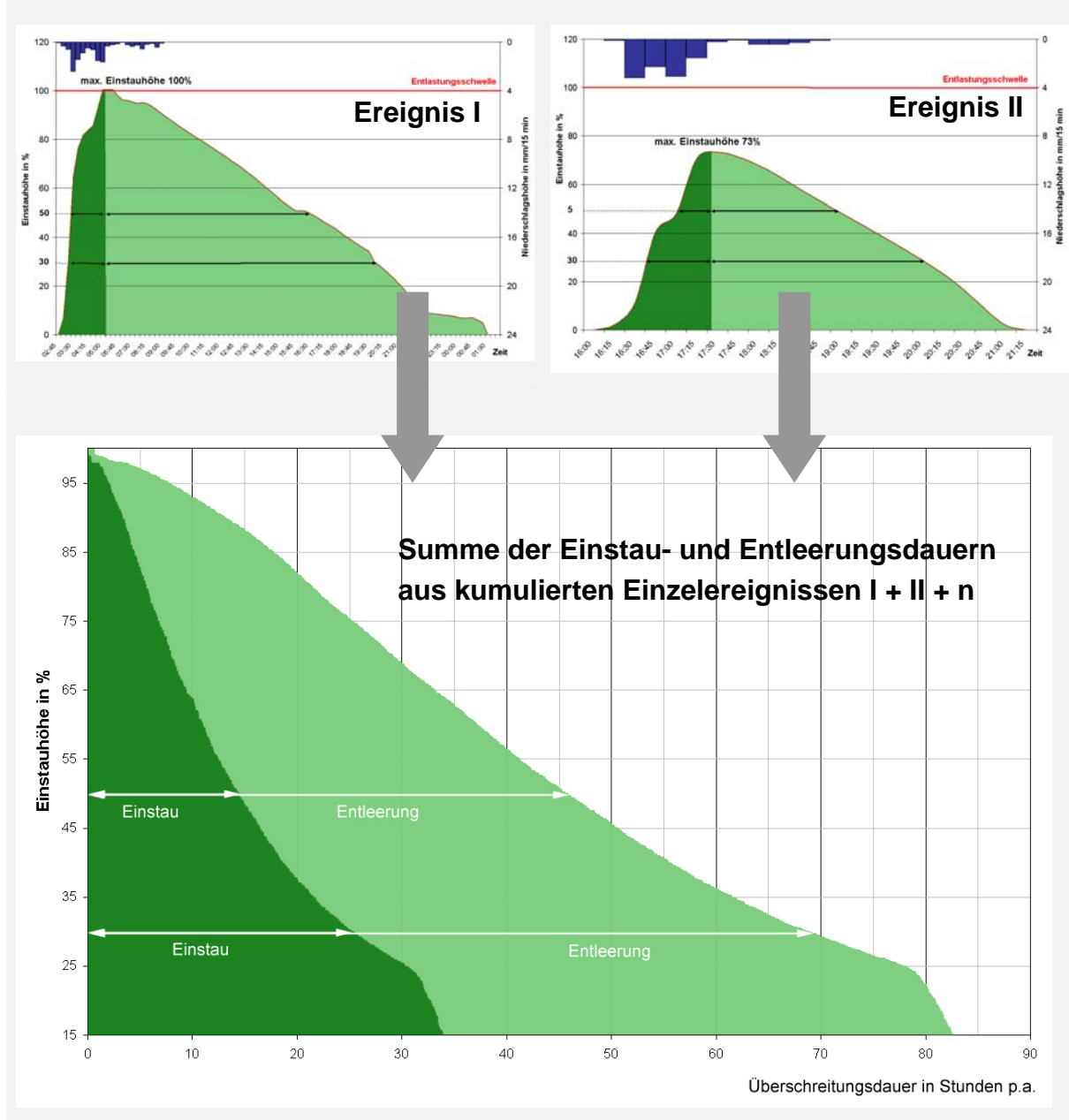


Abb. 28: Bestimmung der Einstau- und Entleerungsdauern aus Einzelereignissen

Abb. 29 zeigt zunächst das Einstau- und Entleerungsverhalten für ein ausgewähltes Regenbecken mit einem Speichervolumen von 105 m<sup>3</sup> und einem eingestellten Drosselabfluss von 10 l/s. Die theoretische Entleerungsdauer beträgt ca. 3 Stunden.

Wie in der Auswertung dargestellt, liegen die Überschreitungsdauern der bei der Beckenentleerung gemessenen Füllstände (transparente Fläche) nur geringfügig über den für den Einstauvorgang gemessenen Werten (dunkle Fläche). Ansteigende wie abfallende Wasserstände waren von nahezu gleicher Dauer.

### Auswertung von Einstau- und Entleerungsdauern für ein Regenbecken mit gleichem Einstau- und Entleerungsverhalten

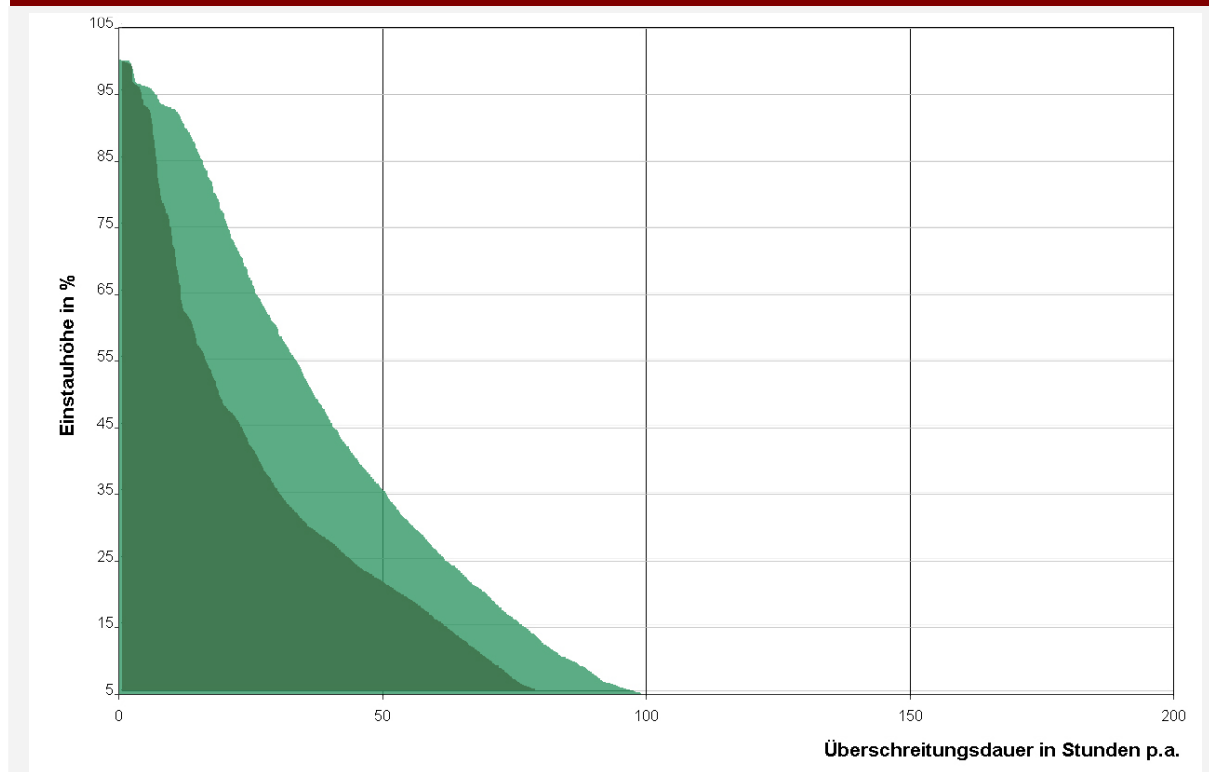


Abb. 29: Einstau- und Entleerungsdauern für ein Fangbecken ohne Fremdwasser-einfluss

Einen anderen Effekt beobachtet man bei der in Abb. 30 dargestellten Auswertung für ein Regenbecken, welches mit einem Speichervolumen von  $190 \text{ m}^3$ , einem Drosselabfluss von  $15 \text{ l/s}$  und einer theoretischen Entleerungszeit von  $3,5 \text{ Stunden}$  ähnliche Randbedingungen aufweist. In diesem Fall liegt die Dauer der während der Entleerung gemessenen Beckenfüllstände deutlich über denen des Einstaus.

### Auswertung von Einstau- und Entleerungsdauern für ein Regenbecken mit langen Entleerungsdauern

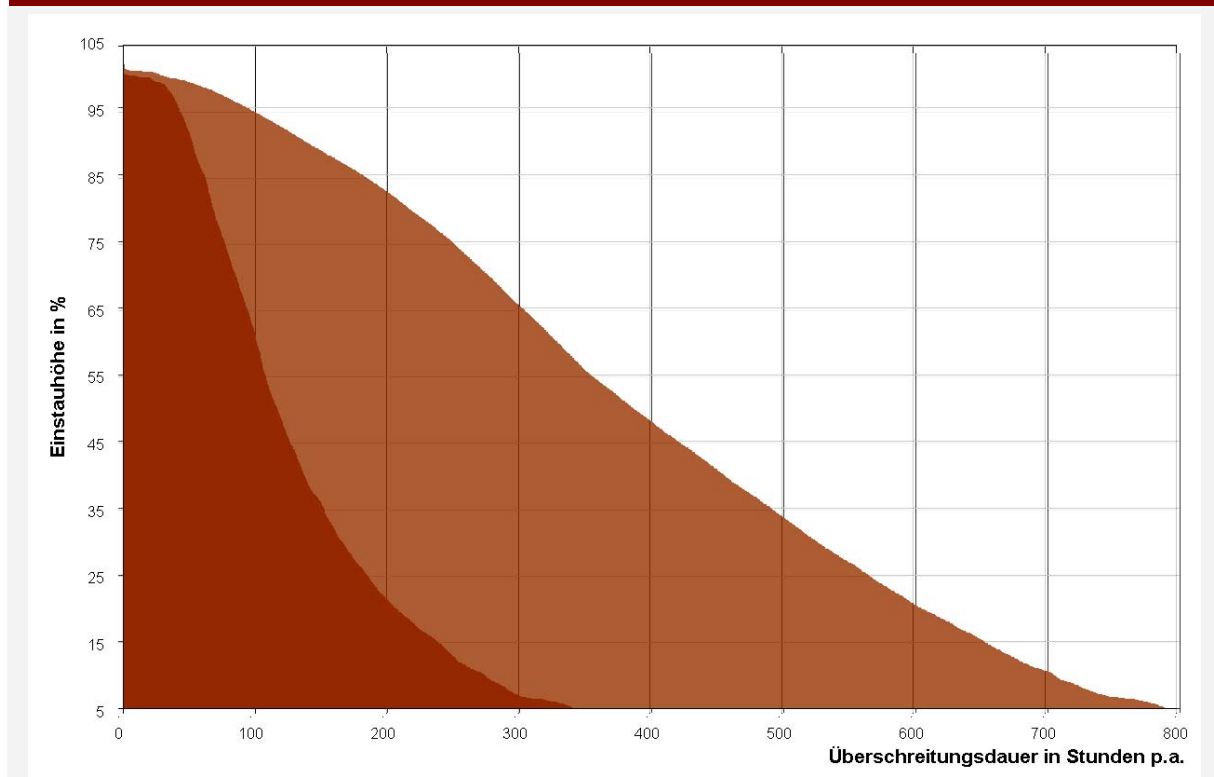


Abb. 30: Einstau- und Entleerungsdauern für ein Fangbecken: Verlängerte Entleerungszeiten durch Fremdwassereinfluss

Im Rahmen einer umfassenden Einzelereignis-Analyse wurden auch die Messdaten der weiteren im Rahmen des Projektes betrachteten Regenbecken ausgewertet, um umfänglich das Einstau- und Entleerungsverhalten dieser Regenbecken zu bewerten. In zahlreichen Fällen erwies sich die in Abb. 30 beispielhaft dargestellte verlängerte Entleerungsdauer als zutreffendes Indiz für den Einfluss erhöhter Fremdwasserspendsen aus dem Einzugsgebiet. Nach dem Einstau bleiben diese fremdwasserbeeinflussten Regenbecken deutlich länger eingestaut als vergleichbare Regenbecken, deren Einzugsgebiet kaum Fremdwasserzuflüsse aufweist.

Von den insgesamt betrachteten 105 Regenbecken fielen insbesondere zehn Regenbecken mit einer deutlichen Differenz zwischen den ermittelten Einstau- und Entleerungsdauern auf. Wie die Übersicht in Abb. 31 zeigt, weisen diese Regenbecken (rot markiert) zudem überwiegend „lange“ bis „sehr lange“ Entlastungsdauern auf. Im Rahmen der weiteren Untersuchungen zur Ermittlung von Fremdwasserschwerpunkten sollten zunächst die Einzugsgebiete dieser Entlastungsbauwerke näher untersucht werden. Exemplarisch werden nachfolgend in Kapitel 6.2 weitergehende Untersuchungen für die Einzugsgebiete von zwei ausgewählten Regenbecken erörtert.

**Bewertung der Regenbecken mit verlängerten Entleerungsdauern nach Entladungsdauer im Gesamt-Ranking für Fang- und Durchlaufbecken**

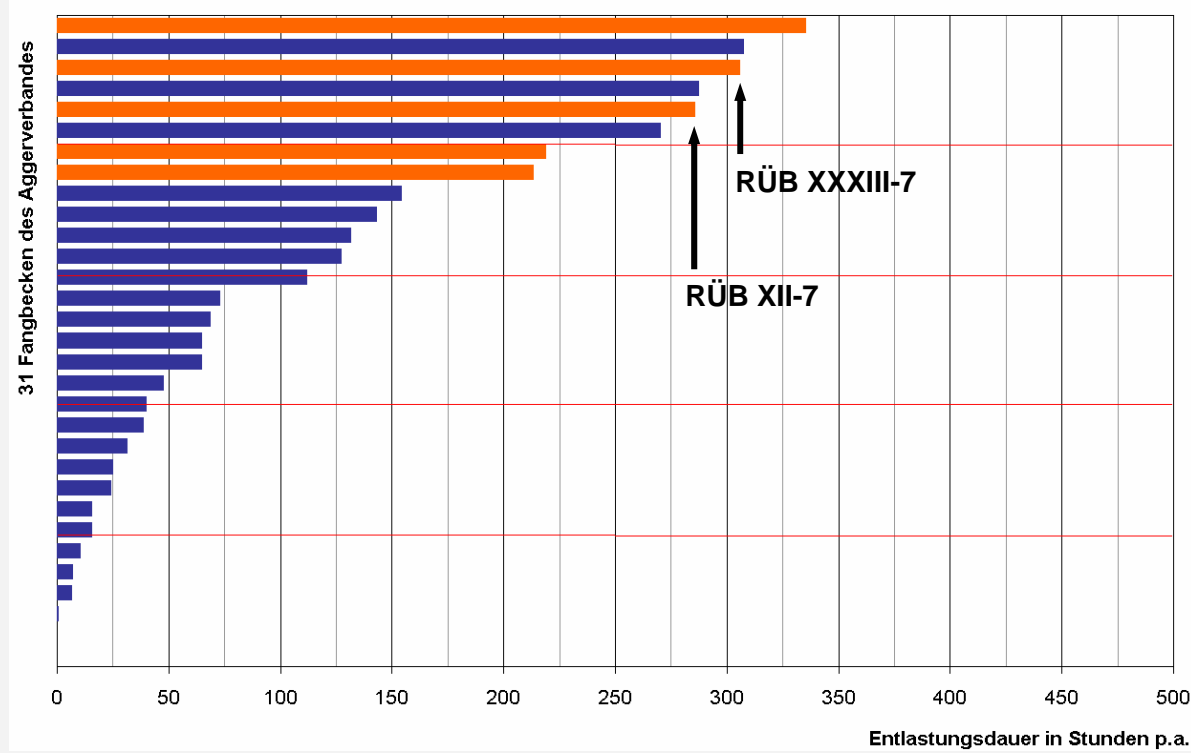
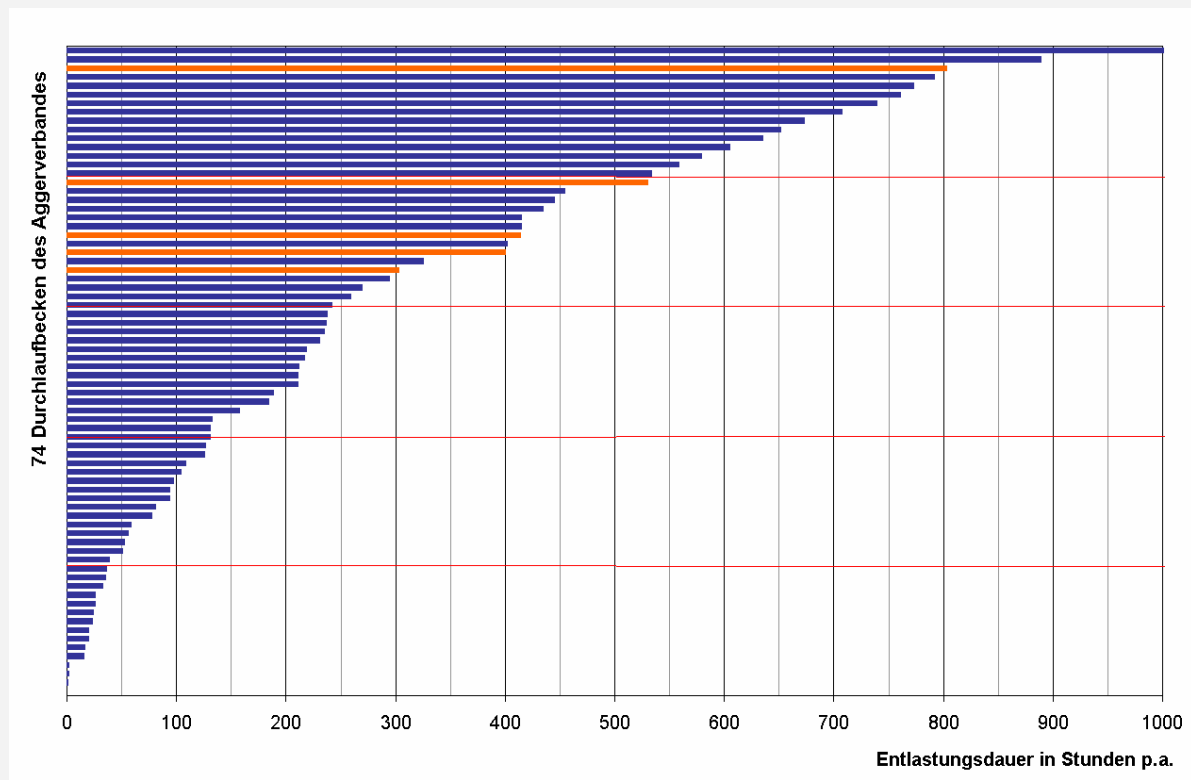


Abb. 31: Regenbecken mit langen Entleerungsdauern im Vergleich

## 6.2 Simulationsrechnung und Sanierungsvorbereitung

Für zwei ausgewählte Regenbecken werden im Folgenden exemplarisch detaillierte Untersuchungen zum Einstau- und Entlastungsverhalten auch unter Berücksichtigung der baulichen und hydrogeologischen Randbedingungen des Einzugsgebietes durchgeführt. Es wurden zwei Einzugsgebiete ausgewählt, die bereits auf Grund der vorausgegangenen Auswertungen (Regional-, Becken- und Einzelereignis-Analyse) als Entlastungs- bzw. vermutliche Fremdwasserschwerpunkte identifiziert werden konnten. Für beide Bauwerke wurden in der Einzelereignis-Analyse deutliche Unterschiede im Einstau- und Entleerungsverhalten festgestellt.

Die Kanalnetze in den Einzugsgebieten beider Regenbecken wurden in einem Niederschlag-Abfluss-Modell abgebildet. In einer hydrodynamischen Niederschlag-Abfluss-Simulation wurde insbesondere das Einstau- und Entlastungsverhalten der Regenbecken für tatsächliche Regenereignisse nachvollzogen. Dabei wurden für beide ausgewählten Regenbecken sowohl Winter- als auch Sommerereignisse untersucht. Die simulierten Einstauhöhen wurden dann mit den tatsächlich gemessenen Werten verglichen, um das Modell bei Abweichungen, z.B. durch den Ansatz zusätzlicher Fremdwasserabflüsse, zu kalibrieren. Inwieweit solche Fremdwasseransätze für die betrachteten Einzugsgebiete plausibel sind, wurde u.a. anhand hydrogeologischer und morphologischer Randbedingungen beurteilt.

### 6.2.1 Untersuchung für das RÜB XII-7

#### EINZUGSGEBIETS DATEN UND PLANUNGSANNAHMEN

Das Einzugsgebiet des Regenüberlaufbeckens XII-7 umfasst zwei Ortsteile der Gemeinde mit insgesamt 456 Einwohnern.

Das Einzugsgebiet liegt südöstlich der Kreisstadt Gummersbach und umfasst eine Gesamtfläche von rund 21,7 ha. Der Anteil der befestigten Fläche ergibt sich als Durchschnittswert zu 28,5 %. Befestigte Flächen sind aus den Daten einer Gebietsüberfliegung ermittelt worden. Ortsbegehungen ermöglichten eine Bestimmung der Abflusswirksamkeit einzelner befestigter Flächen. Die Geländeneigung ist im Mittel als hügelig zu klassifizieren.

Die weiteren für die Abfluss-Simulationen angesetzten Eingangs- bzw. Gebietsdaten wurden einer genehmigten Kanalnetzanzeige mit Ist-Daten aus dem Jahr 2000 und Prognosedaten für das Jahr 2012 entnommen. Aktuelle Daten für das Jahr 2005 wurden durch Interpolation ermittelt, um u.a. einen zunehmenden Flächenverbrauch durch Neubauten und eine positive Bevölkerungsentwicklung mit steigendem Wasserverbrauch zu berücksichtigen.

Für die Simulationen wurden Niederschlagsdaten der Messstationen Bieberstein (Aggerverband) und Homburg-Bröl (StUA Köln) verwendet. Die Station Bieberstein befindet sich in etwa 1,8 Kilometer Entfernung zum betrachteten Einzugsgebiet und wurde im Februar 2004 in Betrieb genommen. Für die Untersuchung von Ereignissen vor dem Jahr 2004 wurden Messdaten der rund 5 Kilometer entfernten Station Homburg-Bröl herangezogen.

#### **KANALNETZ UND REGENBECKEN**

Das Kanalnetz des Einzugsgebietes besteht aus insgesamt 101 Haltungen mit einer Gesamtlänge von etwa 3,5 Kilometern.

Das RÜB XII-7 ist als Wirbelschachtbecken mit einem Speichervolumen von rund 190 m<sup>3</sup> ausgeführt. Der zur Kläranlage weitergeleitete Abfluss wird mittels eines MID-gesteuerten Motorschiebers auf 15 l/s gedrosselt. Das Regenbecken ist als Fangbecken im Hauptschluss angeordnet. Entlastetes Mischwasser wird zunächst in ein nachgeschaltetes Regenrückhaltebecken und von dort in den Vorfluter eingeleitet.

#### **MODELLKALIBRIERUNG**

Zur Kalibrierung des Niederschlag-Abfluss-Modells wurden Niederschlagsdaten vom August 2004 herangezogen, gemessen an der nahe gelegenen Messstation Bieberstein.

Exemplarisch wird ein Einstauereignis vom 12. August 2004 ausgewählt. Abb. 32 zeigt sowohl die Aufzeichnungen der beiden Niederschlagsmessstationen als auch die gemessenen und simulierten Beckenfüllstände des RÜB. Die kumulierten Niederschlagshöhen betragen für Bieberstein 6,9 mm und für Homburg-Bröl 11,7 mm.

Mit Blick auf die bereits gute Simulation des gemessenen Einstauereignisses wurde keine zusätzliche Fremdwasserspense angesetzt.

Es ist deutlich zu erkennen, dass der Einstauverlauf resultierend aus den Niederschlagsdaten der Messstation Homburg-Bröl nicht mit den gemessenen Einstaudaten übereinstimmt. Auffällig ist der wesentlich höhere Scheitelpunkt der Ganglinie sowie der entsprechend höher liegende abfallende Ast der Einstaukurve und die daraus resultierende längere Entleerungszeit. Das Ergebnis spiegelt den an beiden Messstationen sehr unterschiedlich ausgeprägten Verlauf des Niederschlagsereignisses wider. Entsprechend diesem Ergebnis der Kalibrierung sind die Niederschlagsdaten der Messstation Bieberstein den Messdaten der Station Homburg-Bröl vorzuziehen. Im Folgenden finden sich jedoch auch einzelne Winterereignisse, die mit den Messdaten der Station Homburg-Bröl zuverlässig beschrieben werden können.

## Modellkalibrierung für das Einzugsgebiet des RÜB XII-7 anhand eines Einstauereignisses vom 12. August 2004

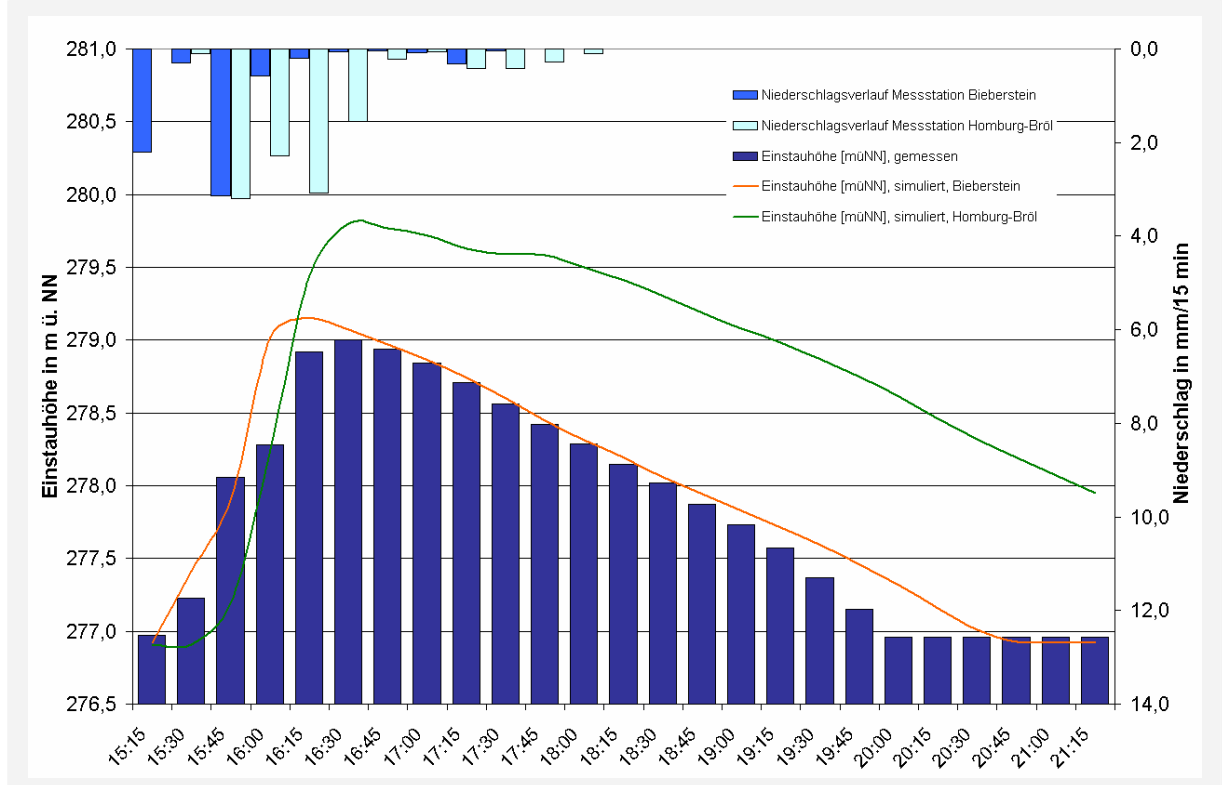


Abb. 32: Modellkalibrierung für das Einzugsgebiet des RÜB XII-7

### SIMULATION VON EINSTAUEREIGNISSEN IM WINTERHALBJAHR

Das RÜB XII-7 weist insbesondere im niederschlagsreichen Winterhalbjahr verstärkte Einstau- und Entlastungsaktivitäten sowie lange Entleerungszeiten auf. Lange andauernde Einstauverläufe von mehr als 24 Stunden findet man insbesondere in den Ganglinien der Jahren 2002 und 2003. Im Folgenden wird ein lang andauernde Einstauereignis aus dem Jahr 2003 sowie ein weiteres Ereignis aus dem Jahr 2002 simuliert. Anhand dieser jeweils im Winter aufgezeichneten Ereignisse soll gezeigt werden, inwieweit die festgestellten langen Entleerungsdauern ggf. auf zusätzliche Fremdwasserabflüsse zurückgeführt werden können. Nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes DWD kann für beide Ereignisse der Einfluss von Frost und Schneeschmelze ausgeschlossen werden.

Niederschlagsdaten der Messstation Bieberstein sind für die ausgewählten Ereignisse nicht verfügbar. Die nachfolgenden Einstauereignisse sind hinsichtlich geeigneter Niederschlagsverläufe der Messstation Homburg-Bröl ausgewählt worden.



### Winter-Einstauereignis I

Das Einstauereignis beginnt am 06.03.2003 gegen 12.00 Uhr und endet am 07.03.2003 gegen 23.45 Uhr. Die kumulierte Niederschlagshöhe beträgt 10,6 mm. Der Niederschlagsverlauf sowie die gemessenen und simulierten Einstauhöhen des RÜB sind im Diagramm in Abb.33 dargestellt.

#### Ergebnisse der Niederschlag-Abfluss-Simulation für ein Einstauereignis vom 06./07. März 2003

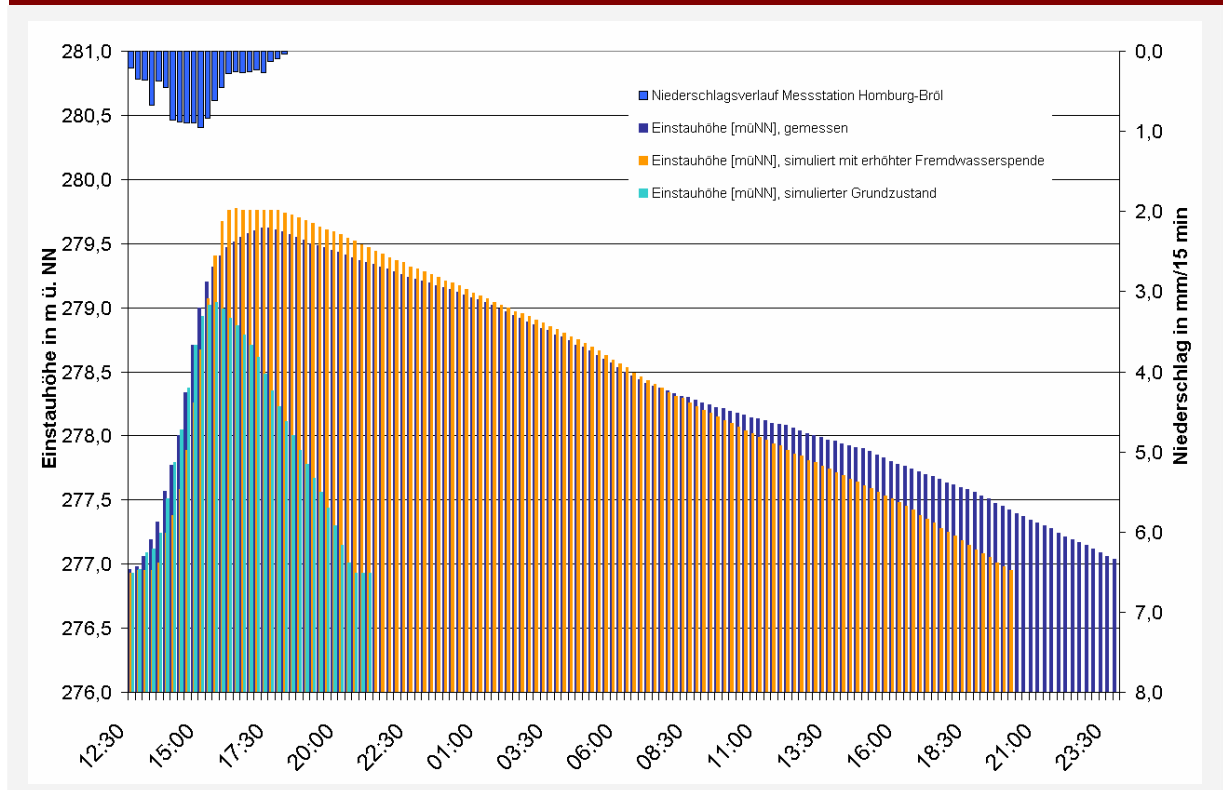


Abb.33: RÜB XII-7 – Winter-Einstauereignis I (2003)

Die Ergebnisse der Simulation im kalibrierten Grundzustand, d.h. ohne den Ansatz zusätzlicher Fremdwasserabflüsse, zeigen zunächst keine Übereinstimmung mit den gemessenen Beckenfüllständen. Bei Unterstellung eines undichten Kanalnetzes und unter Berücksichtigung der grundwassernahen Lage von Teilen des Netzes wurde in der Simulation daraufhin eine Fremdwasserspense von  $0,53 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$  [ $A_E$ ] angesetzt.

Im Ergebnis lässt sich durch den Ansatz von zusätzlichen Fremdwasserabflüssen eine Ganglinie simulieren, die nahezu vollständig dem gemessenen Verlauf entspricht.

### Winter-Einstauereignis II

Das zweite, ausgewählte Winterereignis beginnt am 29.04.2002 gegen 03.00 Uhr und endet am 30.04.2002 gegen 09.30 Uhr. Die kumulierte Niederschlagshöhe beträgt 19,2 mm und wurde an der Messstation Homburg-Bröl aufgezeichnet. Der Niederschlagsverlauf sowie die gemessenen und simulierten Einstauhöhen sind in Abb. 34 dargestellt.

In der Simulation wird eine erhöhte Fremdwasserspende von 0,43 l/s\*ha [A<sub>E</sub>] angesetzt, um eine ausreichend genaue Näherung der gemessenen Einstauhöhen zu erreichen.

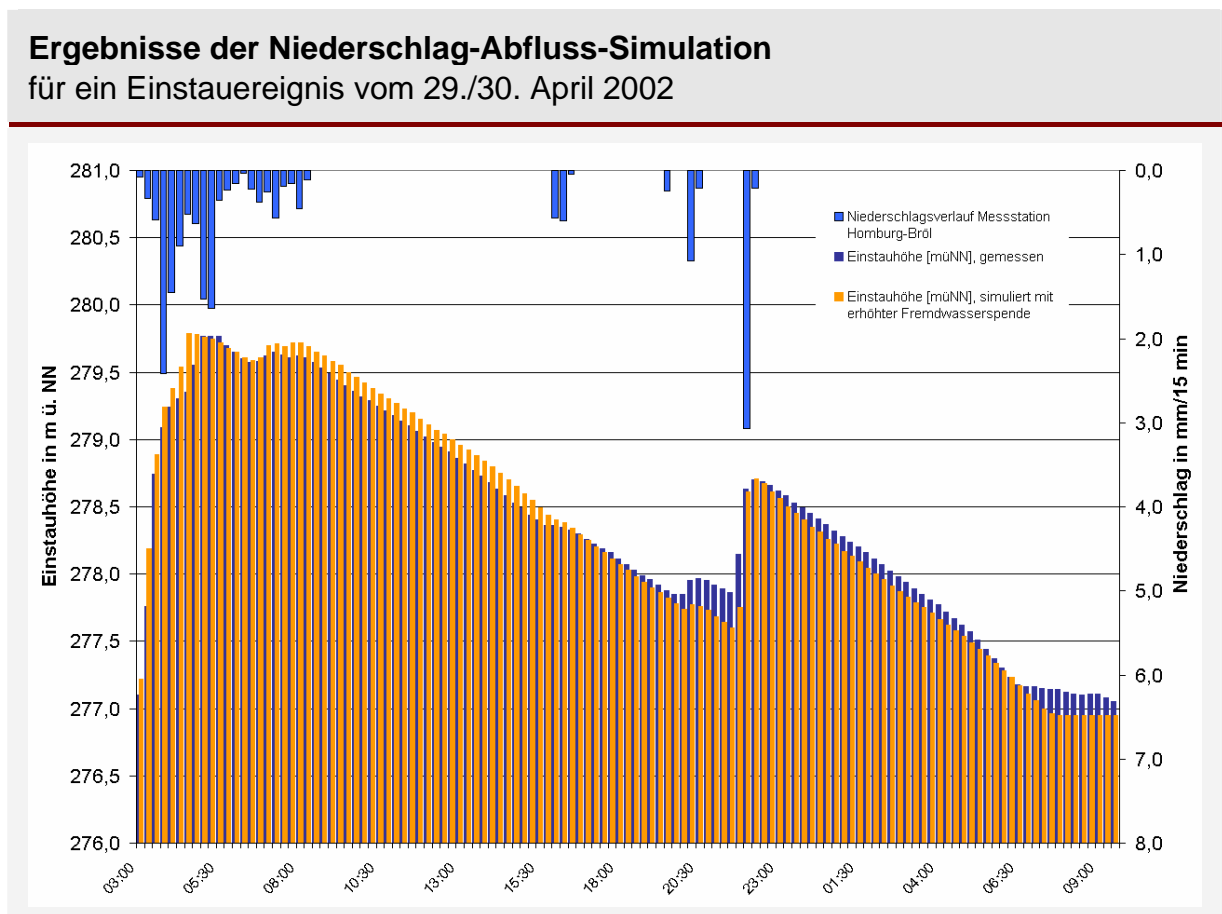


Abb. 34: RÜB XII-7 – Winter-Einstauereignis II (2002)

Als Ergebnis zeigt sich, dass das Einstauverhalten für das RÜB XII-7 mit den vorliegenden, aktuellen Daten zum Einzugsgebiet und Niederschlagsgeschehen für beide Ereignisse mit guter Übereinstimmung simuliert werden kann. Durch den Ansatz einer erhöhten Fremdwasserspende wurde aufgezeigt, dass die sehr langen Entladungsdauern auf Fremdwasserabflüsse von i.M. 0,48 l/s\*ha [A<sub>E</sub>] aus dem Einzugsgebiet zurückgeführt werden können. Mit Blick auf die in der Literatur angegebenen flächenbezogenen Fremdwasserspenden sind die ermittelten Werte als „sehr hoch“ einzustufen [9].

Dies wird auch durch die Ergebnisse einer Kanalzustandserfassung aus dem Jahr 2005 bestätigt. Die Ergebnisse der TV-Inspektion zeigen Undichtigkeiten des Kanals in Verbindung mit Grundwasserinfiltrationen, die insbesondere bei einer grundwassernahen Lage des Kanalnetzes im Bereich der Flussaue zu beobachten sind [34].

## 6.2.2 Untersuchung für das RÜB XXXIII-7

### EINZUGSGEBIETS DATEN UND PLANUNGSANNAHMEN

Das Einzugsgebiet des RÜB XXXIII-7 umfasst drei städtische Ortsteile, von denen zwei im Mischsystem entwässert werden. Aus dem im Trennverfahren entwässerten Ortsteil wird ausschließlich Schmutzwasser in das, an das RÜB angeschlossene Mischwassernetz eingeleitet. Im Einzugsgebiet leben gemäß der vorliegenden Planungsunterlagen 553 Einwohner.

Die Gesamtfläche des Einzugsgebietes beträgt rund 14,5 ha. Der befestigte Flächenanteil liegt bei 28,6 Prozent. Die Geländeneigung des betrachteten Gebietes ist hügelig bis steil. Diese und weitere grundlegende Annahmen wurden einer Kanalnetzanzeige aus dem Jahr 1988 entnommen. Aktualisierte Daten sind derzeit nicht verfügbar.

Die Niederschläge im Einzugsgebiet werden an den beiden Messstationen Runderoth und Frielingsdorf (StUA Köln) aufgezeichnet. Zuverlässigere Messdaten sind von der näher gelegene Station Runderoth (Entfernung ca. 1,5 km) zu erwarten. Die Station wurde im Juni 2003 in Betrieb genommen. Ältere Messdaten sind ausschließlich für die rund 7 Kilometer entfernte Station Frielingsdorf verfügbar.

### KANALNETZ UND RÜB

Das Kanalnetz des Mischsystems besteht aus 91 Haltungen mit einer Gesamtlänge von 2,6 km. Das Schmutzwasser aus dem Trennsystem (19 Haltungen) wird über einen Verbindungsschacht in das Netz der Mischkanalisation eingeleitet.

Das RÜB XXXIII-7 ist ein Rechteckbecken mit einem Speichervolumen von 83 m<sup>3</sup> und einem Drosselabfluss von 10 l/s. Ein MID-gesteuerter Motorschieber übernimmt die Drosselfunktion. Das Becken ist als Fangbecken im Hauptschluss angeordnet.

### MODELLKALIBRIERUNG

Das Modell wurde mit Niederschlagsdaten der Messstation Runderoth kalibriert. Exemplarisch ist in Abb. 35 das für die Kalibrierung verwendete Einstauereignis vom 12. August 2004 dargestellt. Die kumulierte Niederschlagshöhe für das Ereignis beträgt 23,8 mm (Station Runderoth). Die an der Station Frielingsdorf gemessene kumulierte Niederschlagshöhe beträgt 16,5 mm. Entsprechend der Darstellung in Abb.

35 unterscheidet sich sowohl der an den beiden Stationen gemessene Niederschlagsverlauf als auch die kumulierte Niederschlagshöhe.

Die Ergebnisse der Simulation zeigen, dass die im Regenbecken gemessenen Einstauhöhen insbesondere mit den Niederschlagsdaten der Messstation Runderoth ausreichend genau abgebildet werden können. Hingegen scheinen die an der Station Frielingsdorf gemessenen Niederschläge weniger geeignet. Insbesondere bei kurzen und intensiven Niederschlagsereignissen macht sich die Entfernung dieser Messstation sowie das in diesem Bereich sehr ausgeprägte Höhenprofil bemerkbar.

### Modellkalibrierung für das Einzugsgebiet des RÜB XXXIII-7 anhand eines Einstauereignisses vom 12. August 2004

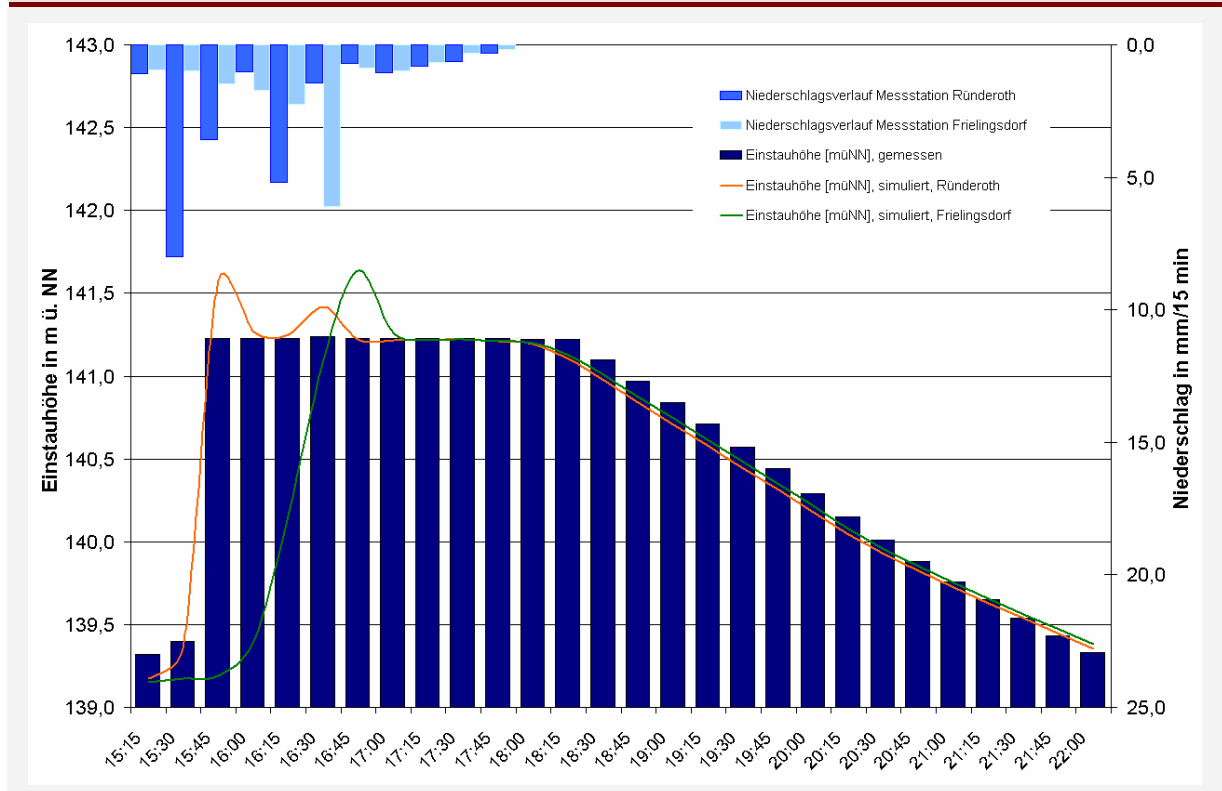


Abb. 35: Modellkalibrierung für das Einzugsgebiet des RÜB XXXIII-7

#### SIMULATION VON EINSTAUEREIGNISSEN IM WINTERHALBJAHR

In der Regional-Analyse wurde das RÜB XXXIII-7 als Fangbecken mit der zweithöchsten jährlichen Entladungsdauer identifiziert. Mit den nachfolgend dargestellten Simulationsergebnissen soll nun aufgezeigt werden, ob und inwieweit diese erhöhte Entlastungsaktivität durch Fremdwasser, Niederschlag oder ggf. andere Gründe zu erklären ist. Wie bereits in Kapitel 6.2.1 werden exemplarisch wiederum Einstauereignisse aus dem Jahr 2003 und 2002 herangezogen.

*Winter-Einstauereignis I*

Das Einstauereignis beginnt am 06.03.2003 gegen 12.30 Uhr und endet um etwa 23.00 Uhr. Die kumulierte Niederschlagshöhe - gemessen an der Station Frielingsdorf - beträgt 10,1 mm. Der Verlauf des Niederschlagsereignisses sowie die gemessenen und simulierten Beckenfüllstände sind nachfolgend in Abb. 36 dargestellt.

**Ergebnisse der Niederschlag-Abfluss-Simulation**  
für ein Einstauereignis vom 06. März 2003

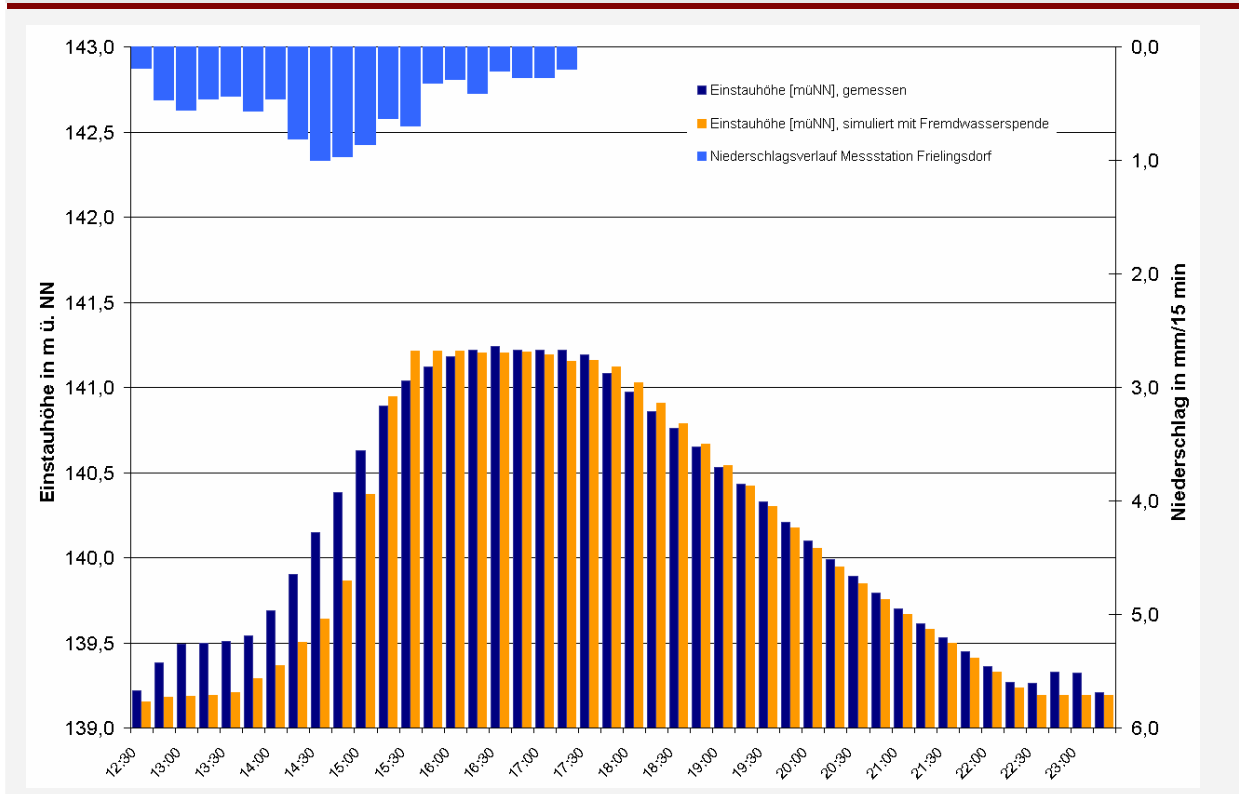


Abb. 36: RÜB XXXIII-7 – Winter-Einstauereignis I (2003)

In Anlehnung an die Planungsunterlagen wird eine Fremdwasserspende von 0,2 l/s\*ha [A<sub>E</sub>] angesetzt, um die gemessenen Füllstände mit ausreichend genauer Näherung abzubilden. Scheitelpunkt der Kurve und Verlauf der Beckenentleerung sind im Ergebnis nahezu identisch. Die verbleibenden Differenzen zwischen dem gemessenen und dem simulierten Einstauverlauf lassen sich vermutlich darauf zurückführen, dass die angesetzten Niederschläge nicht vollständig das Geschehen innerhalb des Einzugsgebietes wiedergeben.

*Winter-Einstauereignis II*

Die für das Winterereignis vom 29. und 30. April 2002 gemessenen und simulierten Beckenfüllstände sind nachstehender Abb. 37 zu entnehmen. Die Abbildung zeigt außerdem den Niederschlagsverlauf des Ereignisses gemessen an der Station Frie-

lingsdorf. Die kumulierte Niederschlagshöhe beträgt 20,9 mm. Wie in der vorausgegangenen Simulation wird eine Fremdwasserspense von  $0,2 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$  [ $A_E$ ] angesetzt.

### Ergebnisse der Niederschlag-Abfluss-Simulation für ein Einstauereignis vom 29./30. April 2002

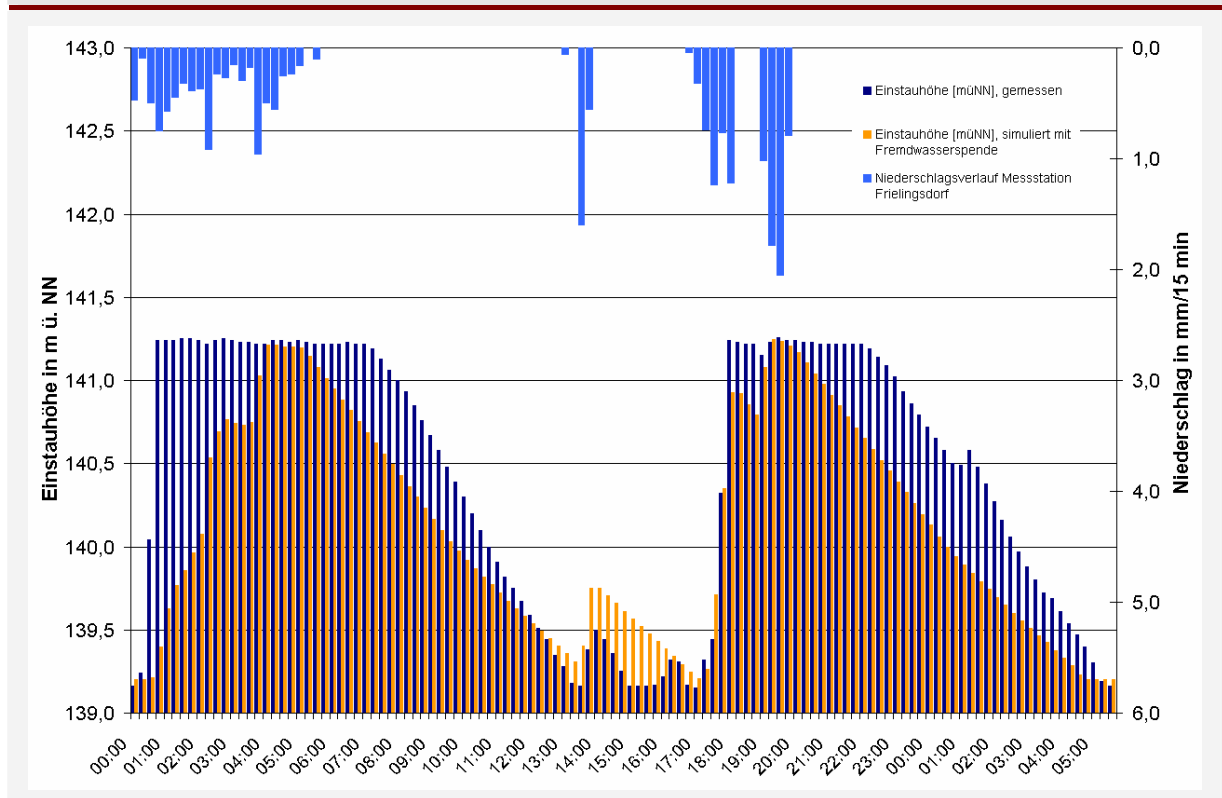


Abb. 37: RÜB XXXIII-7 – Winter-Einstauereignis II (2002)

Mit Blick auf die in Abb. 37 dargestellten Ergebnisse der Simulation ist davon auszugehen, dass das gemessene Einstauereignis mit den gewählten Ansätzen ausreichend genau abgebildet werden kann. Unterschiede ergeben sich insbesondere für den Einstauvorgang und den länger andauernden Zustand des Maximaleinstaus. Der Vorgang der Beckenentleerung trifft weitgehend genau die gemessenen Füllstände.

Eine Anpassung des Fremdwasserzuflusses (hier nicht abgebildet) brachte für das betrachtete Ereignis keine Verbesserung hinsichtlich einer Annäherung beider Einstauverläufe. Entsprechend kann für das Einzugsgebiet XXXIII-7 eine Fremdwasserspense von  $0,2 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$  [ $A_E$ ] angesetzt werden, welche mit Blick auf den Bewertungsmaßstab nach A 128 ebenso wie im Einzugsgebiet XII-7 als „sehr hoch“ einzustufen ist.

## 7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Mit Blick auf die Ziele der Wasserrahmenrichtlinie wurden in vielen EU-Mitgliedstaaten Maßnahmenprogramme zum Gewässerschutz und zur aktiven Verbesserung der Gewässergüte aufgelegt. Neben den Kläranlagen gewinnt dabei die Niederschlagswasserbehandlung, als direkte Schnittstelle zum Gewässer, zunehmend an Bedeutung.

Entsprechend wird in technischen und rechtlichen Normen die Überwachung der Einleitungen von Abwasser aus Entlastungsbauwerken gefordert. Mittels geeigneter Messverfahren, überwiegend Wasserstandsmessungen, sollen Entlastungszeiten erfasst werden. Nach einheitlichen Grundsätzen durchgeführte Messungen und Messdatenauswertungen ermöglichen dann den Vergleich mehrerer Regenbecken, z.B. innerhalb eines Kläranlagen-Einzugsgebietes. Auffälligkeiten im Betriebsverhalten und Wechselwirkungen zum Kanalnetz (z.B. Entlastungsschwerpunkte) können erkannt und ggf. beim Betrieb berücksichtigt werden.

Gemeinsam mit dem Aggerverband wurden im Rahmen dieses Vorhabens die Wasserstandsmessdaten von mehr als 100 Regenbecken exemplarisch ausgewertet, um das Entlastungsverhalten systematisch und vergleichend zu beurteilen. Rund 80 % der vom Aggerverband insgesamt betriebenen Regenüberlaufbecken und Stauraumkanäle sind bereits seit mehreren Jahren an ein zentrales Prozessdatenverarbeitungssystem angeschlossen, so dass eine systematische Auswertung der aufgezeichneten Wasserstandsmessungen mit vertretbarem Aufwand möglich war. Die Funktion dieser Messeinrichtungen wird vom Aggerverband in regelmäßigen Abständen überprüft, so dass nach einer grundsätzlichen Plausibilitätsprüfung 96% der aufgezeichneten Messdaten, also fast 500 Messjahre, für die Auswertungen im Rahmen dieses Vorhabens zur Verfügung standen. Auf dieser Grundlage wird im Bericht aufgezeigt, wie Daten der Wasserstandsmessung an Regenbecken gezielt genutzt werden können, um die Funktion und die Leistungsfähigkeit von Niederschlagswasserbehandlungsanlagen, auch mit Blick auf mögliche Fremdwasserabflüsse, zu bewerten. So lassen sich auf der Basis vorhandener Messdaten Entlastungs- und Fremdwasserschwerpunkte erkennen und damit Sanierungsprioritäten abschätzen. Zur Beurteilung der gemessenen Einstau- und Entlastungsereignisse wurden im Wesentlichen drei Auswertemodule entwickelt und exemplarisch angewendet.

### *1. Regional-Analyse*

Aus den an der Entlastungsschwelle aufgezeichneten Wasserständen wurde zunächst für jedes Regenbecken eine mittlere jährliche Entlastungsdauer bestimmt. Sämtliche so ermittelten Entlastungsdauern wurden jeweils für Fang- und Durchlaufbecken in einem Ranking zusammengefasst, an dessen Spitze diejenigen Anlagen stehen, die innerhalb der untersuchten Stichprobe die längsten Entlastungsdauern aufwiesen. Eine Einteilung dieses Rankings in fünf Entlastungsklassen von „sehr

kurz“ bis „sehr lang“ ermöglichte die Bewertung der Regenbecken entsprechend ihrer jährlichen Entlastungsdauer.

Ein Vergleich mit ähnlichen Untersuchungen aus Baden-Württemberg (Brombach et al.) bestätigte, dass diese Einteilung der Entlastungsklassen als Maßstab zur Beurteilung der Entlastungsaktivität grundsätzlich auch für unterschiedliche Einzugsgebiete geeignet erscheint.

### *II. Becken-Analyse*

In einem weiteren Schritt wurde exemplarisch aufgezeigt, wie die an den Regenbecken gemessenen Beckenfüllstände zur weitergehenden Bewertung des Einstauverhaltens systematisch ausgewertet werden können. Zur Bewertung des Auslastungsgrades wurde das Verhältnis von Entlastungsdauer zur Einstaudauer gebildet. Diese als „Entlastungsanteil“ eingeführte Kennzahl, drückt aus, wie lange, gemessen an der Gesamteinstauzeit, über ein Regenbecken entlastet wurde und ermöglicht somit Aussagen zu potenziellen, bisher ungenutzten Rückstauvolumina. Dabei zeigte sich, dass das Einstau- und Entlastungsverhalten sowohl durch erhöhte Fremdwasserabflüsse als auch durch andere betriebliche Parameter, wie z.B. falsch eingestellte Drosselabflüsse, beeinflusst werden kann.

### *III. Einzelereignis-Analyse*

Inwieweit zusätzliche Zuflüsse, wie z.B. Fremdwasser, den Betrieb von Regenbecken beeinflussen, wurde insbesondere durch die Analyse von Einzelereignissen untersucht. Anhand einzelner Niederschlagsereignisse konnte beispielhaft aufgezeigt werden, wie sich das Einstau- und Entleerungsverhalten einzelner Regenbecken unterscheidet und wie sich der Einfluss erhöhter Fremdwasserzuflüsse z.B. durch lange Entleerungsdauern bemerkbar macht. Auffallend lange Entleerungszeiten wurden insbesondere für die Einzugsgebiete von zehn Regenbecken festgestellt, für die bereits in der Regional-Analyse „lange“ bis „sehr lange“ Entlastungsdauern ermittelt wurden. Für zwei dieser Regenbecken, die bereits auf Grund der vorausgegangenen Auswertungen (Regional-, Becken- und Einzelereignis-Analyse) als Entlastungs- bzw. vermutliche Fremdwasserschwerpunkte identifiziert werden konnten, wurden darüber hinaus exemplarisch detailliertere Untersuchungen durchgeführt. Unter Berücksichtigung baulicher und hydrologischer Informationen wurden für beide Einzugsgebiete Niederschlag-Abfluss-Simulationen durchgeführt. Dabei wurden sowohl Winter- als auch Sommerereignisse berücksichtigt. Die simulierten Einstauhöhen wurden dann mit den tatsächlich gemessenen Werten verglichen. Bei Abweichungen wurde das hydrodynamische Modell insbesondere durch den Ansatz zusätzlicher Fremdwasserabflüsse kalibriert. Für beide Einzugsgebiete konnten auf diese Weise erhöhte Fremdwasserspends quantifiziert werden.

Diese im Rahmen des Vorhabens entwickelten und beim Aggerverband erprobten Auswertemodule lassen sich grundsätzlich auch auf andere Einzugsgebiete übertra-



gen und als Einzelbausteine zu einer systematischen **FREMDWASSER-ANALYSE** zusammenfügen. Im Ergebnis lassen sich Fremdwasserschwerpunkte erkennen und eingrenzen sowie Sanierungsprioritäten gezielt festlegen. Dabei empfiehlt sich analog zu dem in Abb. 38 dargestellten Fließschema die folgende schrittweise Vorgehensweise:

Im Vordergrund steht zunächst die im Rahmen der **Eigenüberwachung** für alle Regenbecken regelmäßig durchzuführende Regional-Analyse. Mit Blick auf die Eigenüberwachung von Kläranlagen werden bereits heute regelmäßig regionale Fremdwasserzuschläge bestimmt. Grundlage sind dabei die auf der Kläranlage gemessenen Durchflüsse. So werden diese z.B. nach der „Methode des gleitenden Minimums“ bzw. der „Jahresschmutzwasser“-Methode ausgewertet, um den Fremdwasserzuschlag entweder als Jahresmittelwert oder als Jahresganglinie zu ermitteln. Darüber hinaus bietet die Auswertung von Wasserstandsmessungen an Regenbecken die Möglichkeit, Fremdwasserursachen anhand von Entlastungsschwerpunkten regional weiter einzugrenzen. Die Identifizierung dieser Entlastungsschwerpunkte erfolgt auf der Basis der für die einzelnen Regenbecken im Einzugsgebiet ermittelten und in einem Rankings bewerteten jährlichen Entlastungsdauern. Im Ergebnis entsteht eine Übersicht über die Entlastungsaktivität aller Regenbecken einschließlich der Entlastungsschwerpunkte mit „langen“ bis „sehr langen“ Entlastungsdauern, z.B. gemäß dem beim Aggerverband ermittelten Ranking (vgl. Tab. 3). Ausschließlich für diese „fremdwasserverdächtigen“ Regenbecken sind im Anschluss weitere Analyse-Schritte erforderlich, um den Anfangsverdacht zu überprüfen.

Um zu ermitteln, inwieweit diese Entlastungsschwerpunkte auf den Einfluss erhöhter Fremdwasserabflüsse zurückgeführt werden können, sind für die betreffenden Regenbecken die folgenden **weitergehenden Analysen** durchzuführen: An erster Stelle steht zunächst die Durchführung einer Becken-Analyse zur Charakterisierung des Einstauverhaltens durch eine Auswertung der Einstauhäufigkeit und –dauer. Hilfreich ist dabei die Bestimmung des Entlastungsanteils als Kenngröße für die Auslastung des Regenbeckens. Darüber hinaus kann anhand einer Analyse der Funktion und der Betriebsweise des Regenbeckens gezeigt werden, ob und inwieweit sich das festgestellte Entlastungsverhalten ggf. auf fremdwasser-unabhängige Ursachen, wie z.B. einen zu geringen Drosselabfluss oder falsche bzw. veraltete Bemessungsansätze zurückführen lässt.

Lässt sich mit den Auswertungen der Becken-Analyse keine fremdwasser-unabhängige Erklärung für das „auffällige“ Entlastungsverhalten eines Regenbeckens finden, so sind weitere Untersuchungen durchzuführen. Im Vordergrund steht dabei der Nachweis von Fremdwassereinflüssen durch eine Einzelereignis-Analyse. Für stark fremdwasserbehaftete Regenbecken ist davon auszugehen, dass sich diese nach Regenende deutlich langsamer entleeren als bei geringerem Fremdwasser-

aufkommen. Hinweise darauf geben die, unter Verwendung der gemessenen Beckenfüllstände, ermittelten Entleerungsdauern. Im Rahmen der Einzelereignis-Analyse ist diese Auswertung somit neben den Ergebnissen der Regional- und Becken-Analyse ein wesentliches Instrument zur Identifizierung und Eingrenzung von Fremdwassereinflüssen auf der Basis von Wasserstandsmessungen an Regenbecken.

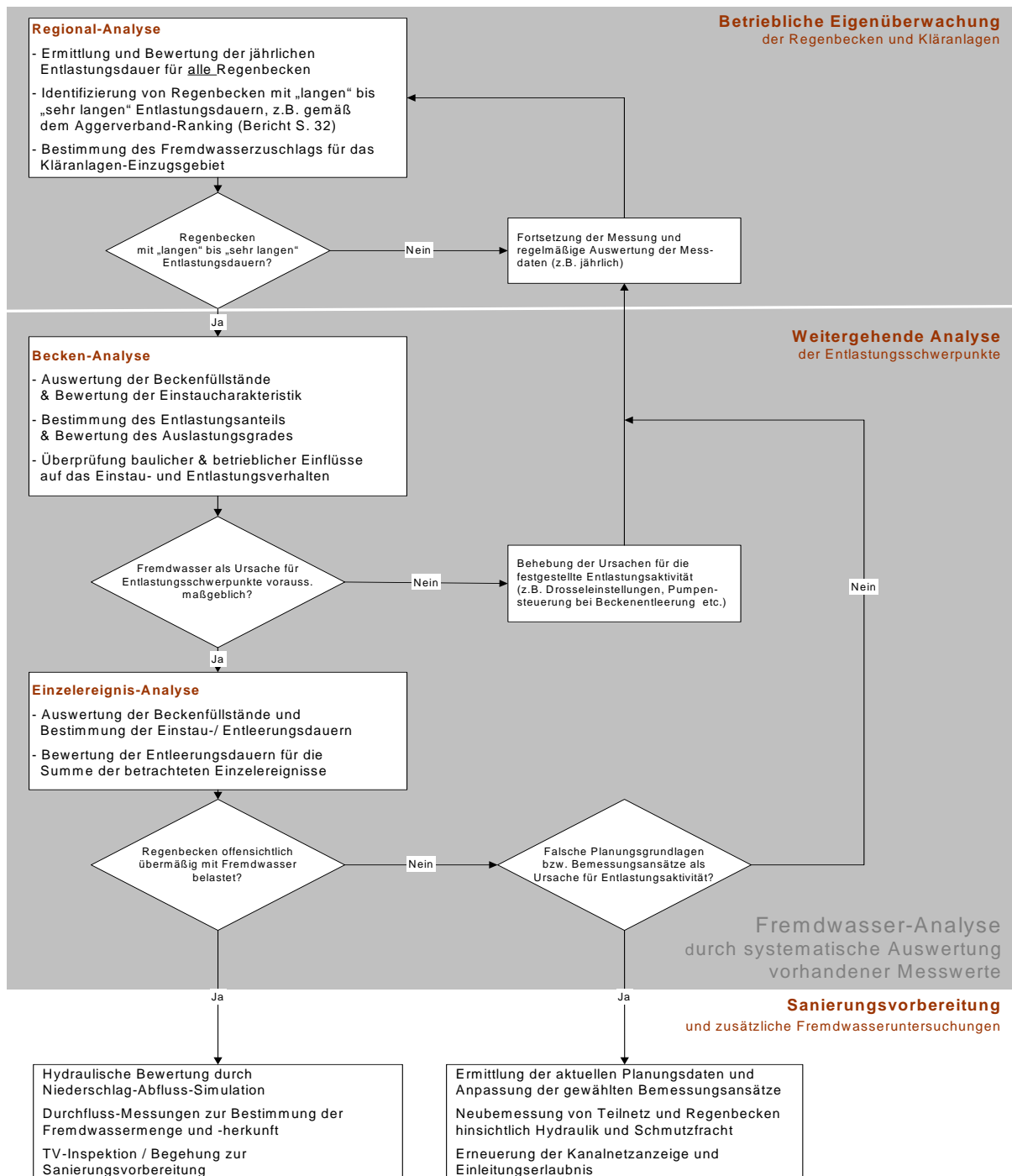


Abb. 38: Bewertung von Wasserstandsmessungen an Regenbecken zur Fremdwasser-Analyse

Aufbauend auf den Ergebnissen der Regional-, Becken- und Einzelereignis-Analyse können für die als Entlastungs- bzw. Fremdwasserschwerpunkte identifizierten Teileinzugsgebiete im Zuge der weiteren Sanierungsvorbereitung ggf. zusätzliche Fremdwasseruntersuchungen angesetzt werden. Ziel ist es, die Informationsgrundlage auch über die vorhandenen Daten der Wasserstandsmessungen hinaus zu erweitern, um Sanierungsmaßnahmen und –prioritäten zu konkretisieren. Die Bewertung der Abwasseranlagen anhand von Niederschlag-Abfluss-Modellen, die direkte Messung von Durchflüssen innerhalb des Kanalnetzes sowie die Zustandserfassung mittels TV-Inspektion oder Begehung sind dabei wichtige Instrumente zur Erarbeitung eines Maßnahmen- und Sanierungsplanes.

## 8 Fazit und Ausblick

Der Aggerverband betreibt in seinem Verbandsgebiet 35 Kläranlagen und 147 Regenbecken. Rund 80% dieser Regenbecken sind mit kontinuierlich aufzeichnenden Wasserstandsmesseinrichtungen ausgerüstet, deren Messwerte an ein zentrales Prozessdatenverarbeitungssystem übertragen werden. Die aufgezeichneten und archivierten Beckenfüllstände und Entlastungshöhen lassen sich somit für jedes Regenbecken in einer nahezu lückenlosen Historie zusammenfassen. Aufbauend auf dieser umfangreichen Datengrundlage von insgesamt fast 500 Messjahren wurden geeignete Auswertemethoden erarbeitet, um das Einstau- und Entlastungsverhalten dieser Bauwerke zu bewerten. Im Vordergrund stand dabei die systematische Ermittlung und Eingrenzung von Teileinzugsgebieten mit erhöhtem Fremdwasserabfluss.

Bisherige Methoden zur Fremdwasserbestimmung basieren überwiegend auf einer Auswertung des Kläranlagenzuflusses und ermöglichen eine Abschätzung der Fremdwasserspende für das Gesamteinzugsgebiet der betrachteten Kläranlage. Mit den nun vorliegenden Auswertemethoden ist eine weitere Eingrenzung der Fremdwasserherkunft auf der Basis vorhandener Messdaten möglich. Fremdwasserzuflüsse konnten auf diese Weise z.B. einzelnen Teilnetzen, Kommunen oder Ortslagen innerhalb von Kläranlageneinzugsgebieten zugeordnet werden. Im Ergebnis besitzt der Aggerverband damit einen weit reichenden Überblick über die Fremdwassersituation im gesamten Verbandsgebiet, so dass Sanierungsmaßnahmen gezielt in Bereichen mit hohen Fremdwasserzuflüssen angesetzt werden können.

Mit Blick auf die gemäß der Selbstüberwachungsverordnung in Nordrhein-Westfalen geforderte Überwachung von Regenbecken mit Wasserstandsmesseinrichtungen lassen sich die erarbeiteten Analysemethoden auch auf andere Einzugsgebiete übertragen. Vor diesem Hintergrund bietet es sich an, die entwickelte Vorgehensweise z.B. in einem Merkblatt als Hilfestellung für Betreiber und Wasserbehörden zusammenzufassen, um die Funktion und das Betriebsverhalten von Entlastungsbauwerken in Zukunft landesweit einheitlich zu überwachen und zu bewerten.

## 9 Literatur

- [1] Richtlinie 2000/60/EG vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, geändert durch Entscheidung Nr. 2455/2001/EG vom 20.11.2001.
- [2] Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen herausgegeben vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW; 11. Auflage, Februar 2005.
- [3] Mertsch, V.: Definition des Standes der Technik nach §7a WHG für die Niederschlagswasserbehandlung, 39. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft vom 29.03. bis 31.03.2006, in Gewässerschutz – Wasser – Abwasser (Bd. 202), S. 33/1 bis 33/9, Aachen, 2006.
- [4] Bosseler, B.; Birkner, T. et al.: Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) bei Kommunen und Wasserverbänden in NRW; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, Dezember 2003.
- [5] Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung Kanal – SüwV Kan), vom 16. Januar 1995 (GV. NW S.64) – SGV. NW 77.
- [6] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) auf der Grundlage der Fassung der Bekanntmachung vom 12.11.1996 zuletzt geändert durch das Siebte Gesetz zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes vom 18. Juni 2002.
- [7] Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen - RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft v. 03.01.1995 - Bekanntmachung im Ministerialblatt für das Land NRW – Nr. 14 vom 10. Februar 1995.
- [8] Ruß, H.-J.; Sürder, T. et al.: Allgemeine Grundsätze, Hinweise und Erläuterungen zur Wasserstandsmessung nach §3 SüwV Kan; unveröffentlichter Entwurf, Stand 08/2003.
- [9] ATV-DVWK Arbeitsblatt A 128: Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen. – Regelwerk Abwasser – Abfall; GFA, Hennef 1994.

- [10] BWK-Merkblatt 3: Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Frisch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, BWK, Düsseldorf, 2001.
- [11] Londong, J.; Meusel, S.: Mindestanforderungen für die Behandlung von Misch- und Niederschlagswasser“; Vortrag zur Fachtagung „Praxis der Bwasserverordnung; Essen, Juni 2005.
- [12] ATV-DVWK Merkblatt M 176: Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und-rückhaltung. – Regelwerk Abwasser – Abfall; GFA, Hennef, Februar 2001.
- [13] Brombach, H.; Weiß, G.: A new overflow measurement device, Proceedings of the 10th international conference on urban drainage, Copenhagen, Denmark, August 2005.
- [14] Bosseler, B.; Birkner, T. et al.: Durchflussmesseinrichtungen an Regenentlastungsbauwerken, Gelsenkirchen, Juli 2001.
- [15] ATV-DVWK Arbeitsblatt A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung. – Regelwerk Abwasser – Abfall; GFA, Hennef November 1999.
- [16] ATV-DVWK Arbeitsblatt A 156: Regeln für den Kanalbetrieb – Regenbecken und -entlastungen. – Regelwerk Abwasser – Abfall; GFA, Hennef November 2000.
- [17] Gewässergütebericht 2000: „30 Jahre Biologische Gewässerüberwachung in Nordrhein-Westfalen“, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Düsseldorf, Oktober 2002.
- [18] Internetseite des Aggerverbandes [www.aggerverband.de](http://www.aggerverband.de), Stand 08.03.04
- [19] Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen (L 5011 Wiehl) im Maßstab 1:25.000, herausgegeben vom Geologischen Landesamt NRW, Krefeld, 1970.
- [20] Grundwasserbericht NRW, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW, Düsseldorf, 2000.
- [21] Internetseiten des Landesumweltamtes NRW, [www.lua.nrw.de](http://www.lua.nrw.de), Stand April 2006.
- [22] Aggerverband: Geschäftsbericht 2000, Gummersbach 2001.
- [23] Produktbeschreibung Deltapilot der Endress und Hauser Messtechnik GmbH.

- [24] Messeinrichtungen an Regenbecken – Praxisratgeber für Planung, Bau und Betrieb, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München, November 2001.
- [25] Ergebnisse einer Bestandsaufnahme für Regenbecken und Stauraumkanäle des Aggerverbandes (unveröffentlicht), IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen, 2006.
- [26] Brombach, H.; Wöhrle, C.: Entlastungsaktivität von Regenüberlaufbecken, Messung, Auswertung und Bewertung; erschienen in Stoffströme in der Urbanhydrologie, Band II des BMFT-Verbundprojektes NIEDERSCHLAG, Phase II. Schriftenreihe des ISWW Karlsruhe, Band 86, Oldenbourg-Verlag München, 1997.
- [27] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Sanierung; Beuth Verlag GmbH, November 1997.
- [28] Birkner, T.: Überprüfung und Kalibrierung von Drosseleinrichtungen – Praktische Erfahrungen einer Prüfstelle in NRW; Klar! Information für die Mitglieder des ATV-DVWK-Landesverbandes NRW, Essen, Juli 2004.
- [29] Birkner, T.; Bosseler, B.: Fremdwasserermittlung unter Berücksichtigung privater Entwässerungsnetze; gwa – gas wasser abwasser 12/2002, Zürich, Dezember 2002.
- [30] Weiss, G.; Brombach, H. et al.: Monitoring of combined Sewer Overflow Tanks: Results of 500 years of measurement records; Proceedings of the 10th international conference on urban drainage, Copenhagen, Denmark, August 2005.
- [31] Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe ES-1.3: Auswirkungen von Fremdwasser und Hinweise zum Erkennen kritischer Fremdwasserhältnisse; KA- Abwasser, Abfall; Juni 2004.
- [32] Bosseler, B.; Birkner, T.: Fremdwasser - Erkennen, Bewerten und Vermindern; Forschungsbericht im Auftrag der Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft gefördert vom Ministerium für Umwelt in Baden-Württemberg, Gelsenkirchen, Mai 2004.
- [33] Lucas, S.: Auftreten, Ursachen und Auswirkungen hoher Fremdwasserabflüsse – eine zeitliche und räumliche Analyse, Schriftenreihe des ISSW der Universität Karlsruhe (Band 115), Karlsruhe 2003.
- [34] TV-Untersuchungsberichte zum Zustand des Kanalnetzes, Ingenieurbüro Osterhammel im Auftrag der Gemeinde, August 2005.