

Einflüsse auf die Einstau- und Entlastungsaktivität von Regenüberlaufbecken

U. Dittmer¹, A. Bachmann-Machnik¹, W. Lieb², B. Giebl², G. Weiß³, C. Wöhrle³

¹ ISWA, Universität Stuttgart; ² Wolfgang Lieb Ingenieurberatung, Mühlacker;

³ UFT Dr. H. Brombach, Bad Mergentheim

Kurzfassung: Das betriebliche Verhalten von Regenüberlaufbecken wurde in Deutschland lange Zeit nicht systematisch kontrolliert und überwacht. Erst in den letzten Jahren hat sich in einigen Bundesländern die Erfassung der Einstau- und Entlastungsaktivität (Dauer und Häufigkeit) durchgesetzt. Auf der Basis umfangreicher Messdaten, ergänzt durch Simulationsrechnungen, zeigt der vorliegende Beitrag den Einfluss der Randbedingungen auf das Betriebsverhalten auf. Die Ergebnisse deuten in der Mehrzahl der Fälle auf große Reserven in der Regenwasserbehandlung hin. Eine Bewertung des Verhaltens ist nur im Zusammenhang des Gesamtsystems sinnvoll.

Key-Words: Messdaten, Regenüberlaufbecken, Entlastung, Einstau

1 Einführung

Seit den 1970er Jahren wurden in Deutschland sehr große Summen in den Bau von Regenüberlaufbecken (RÜB) und Stauraumkanälen investiert. Bis 2010 wurden ca. 24.000 solcher Bauwerke mit einem Gesamtvolumen von knapp 15 Mio. m³ errichtet. Das entspricht einem Investitionsvolumen von etwa 10 Mrd. € (geschätzt nach Haller, 2009). Seither ist der Ausbau der Regenwasserbehandlung weitgehend abgeschlossen. Im Gegensatz zur Situation der Überwachung von Kläranlagen wird jedoch das betriebliche Verhalten von Regenüberlaufbecken bislang nicht systematisch überwacht. Über die tatsächliche Wirksamkeit dieser Investitionen ist daher wenig bekannt. Das gilt für die Bewertung einzelner Anlagen ebenso wie für die Gesamtbeurteilung auf Landes- oder Bundesebene.

Seit 2007 forciert die Wasserwirtschaftsverwaltung in Baden-Württemberg die Ausrüstung von Regenbecken mit Messeinrichtungen für den Höhenstand und die Protokollierung des Einstau- und Überlaufgeschehens. Es wird erwogen, langfristig die Erhebung entsprechender Daten flächendeckend an allen Regenüberlaufbecken zu fordern. In Nordrhein-Westfalen sind entsprechende Vorgaben bereits seit 2013 in der Selbstüberwachungsverordnung Abwasser verankert.

Ungeklärt ist jedoch die Frage, nach welchen Kriterien und welchen Maßstäben das Verhalten eines Regenbeckens sinnvollerweise bewertet werden sollte. Das Verhalten jedes Beckens wird von einer Vielzahl von Einflussfaktoren geprägt (z. B. angeschlossene Fläche und deren Abflusswirksamkeit, Drosselabfluss, Speichervolumen von Becken und Kanalnetz, Lage im Gesamtsystem), die von Fall zu Fall sehr stark variieren. Eine aussagekräftige Bewertung des Betriebsverhaltens muss diese Randbedingungen angemessen berücksichtigen. Dazu soll die hier vorgestellte Studie einen Beitrag leisten. Die Einflüsse auf die Einstau- und Entlastungsaktivität werden in dieser Studie durch statistische Auswertungen beobachteter Daten und durch den Vergleich mit Simulationsergebnissen untersucht. Aus den Ergebnissen werden Empfehlungen für die Verwendung der erhobenen Daten abgeleitet.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungskonzept

Der Einfluss der Randbedingungen auf das Einstau- und Entlastungsverhalten wurde auf zwei Wegen untersucht: Durch Auswertung von Messdaten und durch Langzeitsimulationen mit idealisierten Modellsystemen.

Messdaten geben das tatsächliche Verhalten realer Systeme wieder. Aus der Auswertung dieser Daten im Zusammenhang mit den zugehörigen Stammdaten (z. B. Einzugsgebietsfläche, Speichervolumen, Drosselabfluss) lassen sich daher die real feststellbaren Einflüsse der Randbedingungen abschätzen. Der Nachteil realer Beobachtungsdaten ist jedoch, dass diese Zusammenhänge mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Das beobachtete Verhalten eines RÜB ergibt sich stets aus dem Zusammenwirken einer Vielzahl von Einflussgrößen, die sich nicht alle quantifizieren lassen.

Im Gegensatz dazu beschreibt die Simulation das Verhalten eines Systems unter eindeutig gegebenen Bedingungen. Einzelne Parameter (z. B. Flächengrößen, Einstauvolumina, Fremdwasserabfluss) können gezielt variiert werden, um ihren jeweiligen Einfluss zu beschreiben. Die Simulationen dienen hier vor allem als Vergleichsmaßstab für die Einordnung des beobachteten Verhaltens der Regenüberlaufbecken.

2.2 Erhebung von Mess- und Stammdaten

Die wesentliche Grundlage für eine Analyse des Einstau- und Entlastungsverhaltens ist eine gut abgesicherte Basis von Messdaten und zugehörigen Stammdaten. Für die vorliegende Studie wurden Daten von 137 RÜB aus sechs Entwässerungssystemen in Baden-Württemberg erhoben. Es wurden jeweils nur Messdaten von zwei Jahren (2015 und 2016) verwendet, um Verfälschungen durch langfristige Entwicklungen in den Einzugsgebieten auszuschließen und Einflüsse unterschiedlicher Jahresniederschläge gering zu halten.

Die Messdaten wurden vor ihrer Verwendung auf Plausibilität geprüft. Ausgewertet wurden die Häufigkeiten und Dauern von Einstau und Entlastung (n_{ein} , $n_{\text{über}}$, T_{ein} ,

Tüber), wie sie entsprechend den landesspezifischen Vorgaben für Jahresberichte ermittelt werden (UM-BW, 2007). Demnach werden die Häufigkeiten jeweils als Anzahl der Kalendertage mit Einstau oder Entlastung gezählt. Ereignisse werden registriert, wenn der kontinuierlich aufgezeichnete Wasserstand einen zuvor gewählten Grenzwert für Einstau oder Entlastung überschreitet. In der Praxis sind die Daten dieser Jahresberichte (auch als RÜB-Protokolle bezeichnet) oftmals durch ungünstig oder falsch gewählte Grenzwerte verfälscht. In der hier vorgestellten Studie wurde die Lage der Grenzwerte aus dem Verlauf der Ganglinien und der Häufigkeitsverteilung der Höhenstandswerte abgeleitet. Die Grenzwerte wurden jeweils so gewählt, dass bei Trockenwetter kein Einstau registriert wird. Hinweise zu dieser Methode finden sich in Baumann et al., 2017.

Zusätzlich zu den Messdaten und den darauf aufbauenden Protokollen wurden Daten der relevanten hydrologischen Randbedingungen erfasst (Stammdaten). Dies sind insbesondere Angaben zum hydraulisch wirksamen Volumen (inkl. Kanalvolumen), zum Drosselabfluss, zur angeschlossenen Flächen sowie zum Schmutz- und Fremdwasserabfluss. Da in den meisten Fällen keine Informationen für den aktuellen Ist-Zustand vorlagen, wurden die Daten überwiegend aus den jeweiligen Eingangsdaten der jüngsten Schmutzfrachtberechnung übernommen.

Zuverlässige Niederschlagsaufzeichnungen lagen nicht in allen Einzugsgebieten vor. Die Auswertung der Daten nahegelegener Standorte zeigte, dass 2015 in allen Gebieten ein niederschlagsarmes Jahr war. Im Mittel über die betrachteten Stationen wurden mit Niederschlagshöhen zwischen 500 und 600 mm etwa 70 % des langjährigen Mittels erreicht. Das Jahr 2016 lag mit Werte zwischen 720 und 780 mm bei etwa 95 % des langjährigen Mittelwertes.

2.3 Niederschlag-Abfluss-Simulation

Die Simulationen wurden mit dem Schmutzfrachtmodell KOSIM durchgeführt. Es wurden jedoch lediglich die mengenbezogenen Ergebnisse ausgewertet. Die Langzeitsimulation hatte nicht das Ziel konkrete reale Systeme nachzubilden. Es ging lediglich darum, einen Vergleichsmaßstab für das beobachtet Verhalten zu generieren. Zur Vereinfachung und um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurde mit einheitlichen Einzugsgebieten (EZG) gearbeitet. Alle Gebiete haben eine vollständig befestigte Fläche von $AU = 15$ ha. In jedem der Gebiete wurden 3.000 Einwohner mit einem spezifischen Wasserverbrauch von $130 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d})$ angesetzt. Der durchschnittliche Schmutzwasserabfluss liegt somit bei $4,51 \text{ l/s}$. Der Fremdwasserzuschlag wird als konstant angenommen und auf 50 % festgelegt und entspricht somit $2,26 \text{ l/s}$.

Es wurde angenommen, dass die Einstau- und Entlastungsaktivität von RÜB primär durch die beiden Größen Regenabflussspende q_R und spezifisches Volumen V_S geprägt ist. Die Regenabflussspende bezeichnet den Regenabfluss der im zeitlichen Mittel pro direkt angeschlossener undurchlässiger Fläche durch die Drossel abgeführt werden kann (Einheit in der Regel: $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$). Das spezifische Speichervolumen be-

zeichnet das verfügbare Speichervolumen je angeschlossener undurchlässiger Fläche (Einheit: m^3/ha).

In der Simulationsstudie wurde jeweils einem Einheits-EZG ein RÜB nachgeschaltet. Dabei wurden 20 Fälle mit unterschiedlichen q_R und V_S betrachtet. Die betrachteten Varianten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In einem weiteren Schritt wurden auch wechselseitige Beeinflussungen mehrerer RÜB innerhalb eines Systems bei Anordnung in Reihe oder parallel zueinander untersucht. Auf diese Untersuchungen wird im Folgenden nicht näher eingegangen.

Für alle Simulationen wurde eine real gemessene Regenreihe der Messstation Holzgerlingen, Schnapseiche verwendet. Die Daten liegen in einer zeitlichen Auflösung von fünf Minuten über einen Zeitraum von 16 Jahren vom 01.01.1977 bis zum 31.12.1992 vor. Die mittlere Jahresniederschlagshöhe beträgt 712 mm/a .

Tabelle 1: Untersuchte Kombinationen von Regenabflussspende q_R und spezifischem Speichervolumen V_S (grau unterlegt sind Werte außerhalb des Anwendungsbereichs des Bemessungsverfahrens nach ATV-Arbeitsblatt A 128)

	10 m^3/ha	20 m^3/ha	40 m^3/ha	80 m^3/ha
0,25 $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$	RÜB 1	RÜB 6	RÜB 11	RÜB 16
0,5 $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$	RÜB 2	RÜB 7	RÜB 12	RÜB 17
1,0 $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$	RÜB 3	RÜB 8	RÜB 13	RÜB 18
2,0 $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$	RÜB 4	RÜB 9	RÜB 14	RÜB 19
4,0 $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$	RÜB 5	RÜB 10	RÜB 15	RÜB 20

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Ranking-Kurven aus Messdaten und Vergleich mit Simulation

Abbildung 1 (schwarze gestrichelte Linie) zeigt die Summenhäufigkeiten der in 2015 und 2016 protokollierten Entlastungshäufigkeiten und –dauern sowie den Mittelwert über beide Jahre. In Anlehnung an frühere Veröffentlichungen wurden die Daten für Fang- und Durchlaufbecken separat ausgewertet. Die Beckenart selbst hat jedoch keinen Einfluss auf die Einstau- oder Entlastungsaktivität. Die Unterschiede im Verhalten beider Beckenarten ergeben sich vielmehr aus dem Abflussprozess im Einzugsgebiet und im Gesamtzusammenhang des Entwässerungssystems. Durchlaufbecken haben in der Regel größere Einzugsgebiete in denen oftmals auch weitere RÜB liegen. Fangbecken werden dagegen meist in kleineren, kompakteren Gebieten angeordnet.

Die Darstellungsweise orientiert sich am Ranking-Verfahren das erstmals von Brombach und Wöhrle, 1997 vorgeschlagen wurde, um das Entlastungsverhalten von RÜB einzuordnen. Dieses Verfahren basiert auf dem Vergleich der gemessenen Entlastungsdauer und -häufigkeit des zu beurteilenden RÜB mit den entsprechenden Daten

eines großen Kollektivs über mehrere Jahre und viele Becken. Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass es ausschließlich auf den gemessenen Daten basiert und somit keine Erhebung ergänzender Daten des Einzugsgebietes oder des Entwässerungssystems erfordert.

Das Verfahren wurde in weiteren Untersuchungen und Veröffentlichungen modifiziert (z. B. Anpassung des Zählkriteriums „Häufigkeit“ an Kalendertage mit Entlastung) und die Datengrundlage wurde fortgeschrieben. Die durchgezogene schwarze Linie in Abbildung 1 zeigt den Stand des Datenkollektivs, der in UM-BW, 2007 für die Beurteilung der Entlastungsaktivität empfohlen wird. Demnach entspräche beispielsweise bei Fangbecken eine Entlastungshäufigkeit zwischen 19 und 32 d/a einem „durchschnittlichen“, also unauffälligen, Verhalten. Bei Durchlaufbecken läge der entsprechende Bereich bei 27 bis 49 d/a.

Grau dargestellt sind in Abbildung 1 die Ergebnisse einer neueren umfangreichen Erhebung, die überwiegend auf Daten beruht, die von 2006 bis 2015 erhoben wurden (Baumann et al., 2017). Im Vergleich der Linien fällt auf, dass die aktuellen Kurven weiter links liegen. Die Entlastungshäufigkeiten sind in diesen Datensätzen also wesentlich geringer. Die als „durchschnittlich“ (mittlere 20 %) eingestuften Fangbecken weisen bei Baumann et al., 2017 Häufigkeiten von 16 bis 22 d/a auf. Für Durchlaufbecken liegt der Bereich zwischen 19 bis 27 d/a. Eine Entlastungshäufigkeit von 45 d/a bei einem Durchlaufbecken würde nach UM-BW, 2007 noch als „durchschnittlich“ eingestuft, nach den neueren Daten jedoch als „sehr häufig“.

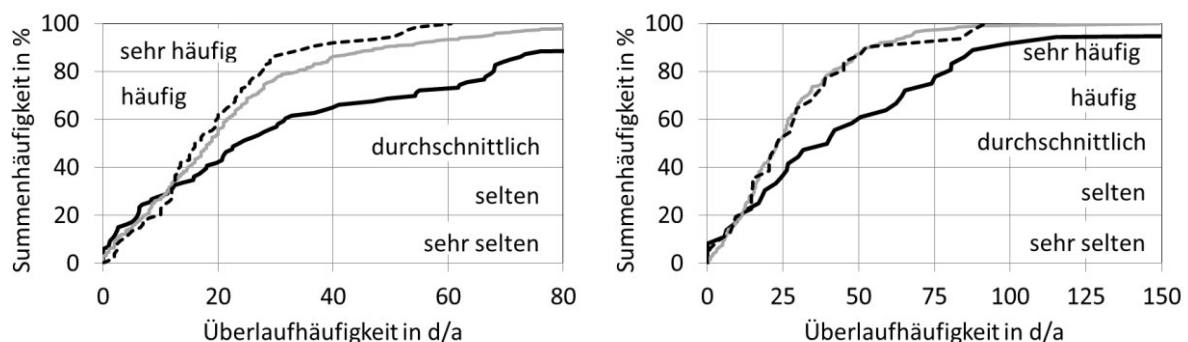


Abbildung 1: Rankingkurven der Entlastungshäufigkeit nach UM-BW, 2007 (schwarz), Baumann et al., 2017 (grau) und aktuellem Datensatz (schwarz gestrichelt) für Fangbecken (links) und Durchlaufbecken (rechts)

Die Verschiebung der Kurven macht ein grundsätzliches Problem des Ranking-Verfahrens deutlich: der Vergleichsmaßstab ist nicht statisch. Er entwickelt sich mit dem Ausbaugrad sowie mit der Planungs- der Betriebspraxis. Es lässt sich nicht klären, ob die geringeren Entlastungsaktivitäten der jüngeren Datensätze das Verhalten korrekt bemessener und betriebener Systeme widerspiegeln.

Als unabhängiger Vergleichsmaßstab können dagegen die Ergebnisse der Simulationen dienen. In Abbildung 2 werden die für die verschiedenen Kombinationen von Speichervolumen und Drosselabflüssen ermittelten Überlaufhäufigkeiten mit den Werten des aktuellen Rankings für Fangbecken nach Baumann et al., 2017 verglichen. Der Anwendungsbereich des vereinfachten Bemessungsverfahrens für RÜB nach ATV, 1992 reicht bis zu $q_R = 2 \text{ l/(s*ha)}$ und $V_S = 40 \text{ m}^3/\text{ha}$. Die Darstellung zeigt, dass in der Simulation eine - im Vergleich zu den Messdaten - „durchschnittliche“ Entlastungshäufigkeit nur erreicht wird, wenn V_S und q_R am oberen Rand oder außerhalb dieses Bereichs gewählt werden. Dies deutet im Umkehrschluss darauf hin, dass die Mehrzahl der RÜB deutlich auf der sicheren Seite geplant ist und somit erhebliche Reserven aufweisen aufweist.

	10 m ³ /ha	20 m ³ /ha	40 m ³ /ha	80 m ³ /ha	Bewertung	n in d/a
0,25 l/(s*ha)	RÜB 1	RÜB 6	RÜB 11	RÜB 16	sehr selten	< 8
0,5 l/(s*ha)	RÜB 2	RÜB 7	RÜB 12	RÜB 17	selten	8 bis 15
1,0 l/(s*ha)	RÜB 3	RÜB 8	RÜB 13	RÜB 18	durchschnittl.	16 bis 22
2,0 l/(s*ha)	RÜB 4	RÜB 9	RÜB 14	RÜB 19	oft	23 bis 34
4,0 l/(s*ha)	RÜB 5	RÜB 10	RÜB 15	RÜB 20	sehr oft	> 34

Abbildung 2: Einordnung der Simulationsergebnisse für die Entlastungshäufigkeit in das Ranking für Fangbecken nach Baumann et al., 2017

Diese Ergebnisse machen deutlich, dass ein alleiniger Vergleich mit anderen Becken als Bewertungsmaßstab, ohne ergänzende Informationen, problematisch ist. Wenn in der Gesamtheit aller Becken eine systematische Verzerrung vorliegt (hier: eine Überdimensionierung), so stellt das mittlere Verhalten aller Anlagen keinen geeigneten Bezugsfall dar.

3.2 Simuliertes Verhalten in Abhängigkeit von q_R und V_S

Im Rankingverfahren werden RÜB ohne Berücksichtigung der hydrologischen Randbedingungen miteinander verglichen. Diese können jedoch zwischen den einzelnen Fällen sehr stark variieren. Abbildung 3 zeigt für die wichtigsten Einflussgrößen V_S und q_R den Zusammenhang mit Einstau- und Entlastungshäufigkeit, wie er sich aus der Simulation ergibt. Für die entsprechenden Dauern zeigen sich ähnliche Zusammenhänge. Dargestellt sind für alle 20 betrachteten Fälle jeweils die Mittelwerte über den Simulationszeitraum von 16 Jahren.

Die Simulationsergebnisse bestätigen das erwartete Verhalten. Das Einstauverhalten hängt vor allem von der Regenabflussspende q_R ab. Je weniger Regenabfluss (pro angeschlossener Fläche) durch die Drossel weitergeleitet werden kann, desto häufiger und länger sind die Becken eingestaut. Je größer das spezifische Beckenvolumen ist, desto länger dauert die Entleerung nach einem Entlastungsereignis. Die Einstauhäufigkeit wird in Kalendertagen pro Jahr gezählt. Bei größeren RÜB mit relativ kleiner Regenabflussspende tritt häufiger der Fall auf, dass sich ein Ereignis über zwei Tage

erstreckt und somit doppelt gezählt wird. Dies wirkt sich jedoch erst bei $q_R < 1 \text{ l/(s*ha)}$ signifikant auf die gezählte Einstauhäufigkeit aus.

Die Entlastungsaktivität hängt neben q_R auch vom spezifischen Speichervolumen V_S ab. Bei der Überlaufhäufigkeit dominiert der Einfluss des Speichervolumens. Ausgehend vom Referenzfall $q_R = 1 \text{ l/(s*ha)}$ und $V_S = 20 \text{ m}^3/\text{ha}$ (mittlere Werte des Anwendungsbereichs von ATV-Arbeitsblatt A 128) bewirken ein Verdopplung und Halbierung von V_S Veränderungen von ca. + 32 % und – 40 %. Eine Veränderung von q_R in derselben Bandbreite verändert die Entlastungshäufigkeit dagegen nur um + 18 % und – 30 %. Die Überlaufdauer (nicht dargestellt) wird dagegen stärker von der Regenabflussspende q_R beeinflusst. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Differenz des zu- und abfließenden Regenwassers nur während der Füllphase einen Einfluss darauf hat, ob es bei einem Regenereignis zur Entlastung kommt. Wie lange das jeweilige Ereignis entlastet, hängt jedoch davon ab, wie lange der Regenzufluss q_R übersteigt.

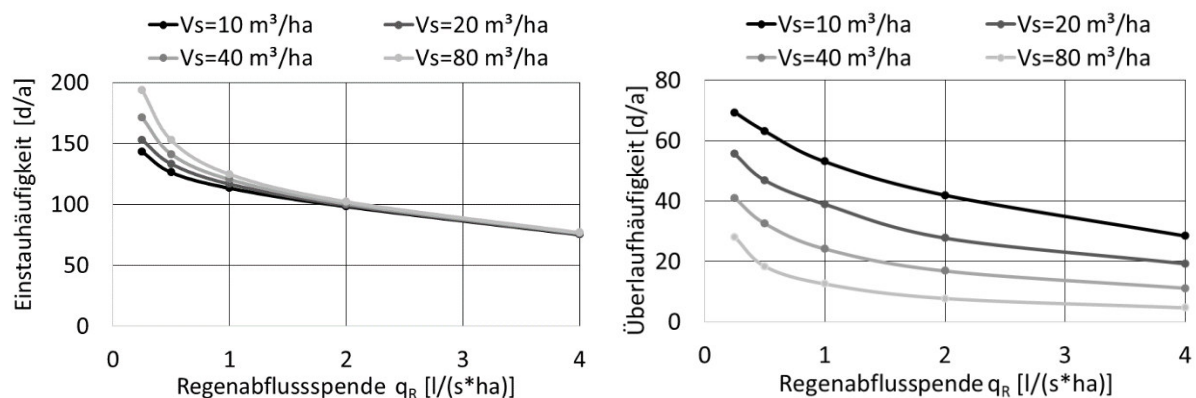


Abbildung 3: Simulationsergebnisse für Einstau- (links) und Überlaufhäufigkeit (rechts) in Abhängigkeit von q_R und V_S

3.3 Vergleich des Verhaltens in Simulation und Beobachtung

Für den Vergleich mit den Simulationsergebnissen wurden ausschließlich Beobachtungsdaten von RÜB verwendet, die wie die simulierten Systeme keine Vorentlastung aufweisen. Es handelt sich ausschließlich um Fangbecken.

Für die weitere Auswertung wurden aus den Beobachtungsdaten alle Fälle, die ein auffälliges Verhalten zeigten, aussortiert. Als auffällig wurden RÜB mit einer im Vergleich zum Gesamtdatensatz extrem hohen Einstauaktivität ($T_{\text{ein}} > 3.000 \text{ h/a}$ oder $n_{\text{ein}} > 200 \text{ d/a}$) oder Entlastungsaktivität ($T_{\text{über}} > 800 \text{ h/a}$ oder $n_{\text{über}} > 60 \text{ d/a}$) eingestuft. Außerdem wurde das Verhalten in beiden Jahren miteinander verglichen. Es wurden jeweils die Einstau- und Entlastungskenngrößen zwischen beiden Jahren linear korreliert. Aus den Ergebnissen von 2015 ergibt sich somit jeweils ein Erwartungswert für 2016. Becken, bei denen eine der Kenngrößen (n_{ein} , $n_{\text{über}}$, T_{ein} , $T_{\text{über}}$) um mehr als 100 % vom Erwartungswert abweicht, wurden als auffällig eingestuft. „Auffällig“

bedeutet dabei nicht, dass die Daten falsch wären, sondern dass sie vermutlich nicht repräsentativ für den regulären Betrieb sind.

Insgesamt wurde die Hälfte aller RÜB als auffällig eingestuft. Ursachen für die Auffälligkeiten waren Umbaumaßnahmen und Betriebsumstellungen zwischen beiden Jahren, vorübergehend übermäßig erhöhter Fremdwasseranfall sowie Rückstau durch Hochwasser. In der Hälfte der Fälle konnte jedoch keine Ursache benannt werden.

Abbildung 4 zeigt den Zusammenhang zwischen Einstauhäufigkeit und Regenabflussspende q_R wie er sich aus den Simulationen ergibt (beispielhaft für $V_s = 20 \text{ m}^3/\text{ha}$) und wie ihn die Messdaten zeigen. Aus der Gesamtheit aller Messdaten ist kein eindeutiger Zusammenhang erkennbar. Die unauffälligen Daten alleine (rechts) zeigen jedoch einen ähnlichen Verlauf wie die Ergebnisse der Simulation, allerdings auf einem deutlich niedrigeren Niveau.

Die Messdaten zeigen eine um etwa 1/3 geringere Einstauhäufigkeit als es die Simulation bei gleichem q_R erwarten ließe. Aus den Beobachtungsdaten ergibt sich bei einer Regenabflussspende von $q_R = 1 \text{ l/(s*ha)}$ eine Einstauhäufigkeit von ca. 75 d/a. Eine derart niedrige Einstauaktivität erreicht die Simulation nur bei einer Regenabflussspende von 4 l/(s*ha) . Der Vergleich von Messung und Simulation legt daher nahe, dass die Regenabflussspenden in der Praxis deutlich höher sind, als sie es nach den aus der Planung übernommenen Stammdaten sein sollten. Dies ist vermutlich teilweise dadurch bedingt, dass Drosselorgane aufgrund fehlerhafter Einstellungen oftmals zu hohe Abflüsse weiterleiten. Hinzu kommt, dass die angeschlossenen Flächen und deren Abflusswirksamkeit in der Planung häufig überschätzt wurden.

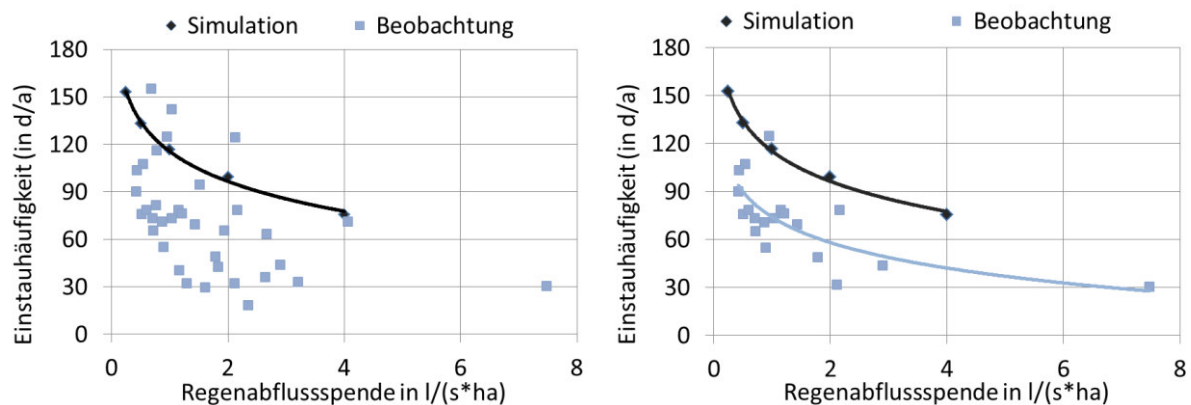


Abbildung 4: Simulationsergebnisse Einstauhäufigkeit für $V_s = 20 \text{ m}^3/\text{ha}$ in Abhängigkeit von q_R und entsprechende beobachtete Daten aller RÜB (links) und der unauffälligen RÜB (rechts)

Eine ähnliche Tendenz lässt sich bei den Überlaufhäufigkeiten erkennen (siehe Abbildung 5). Hier wurden die aus der Simulation abgeleiteten Trendlinien bis zu einer Regenabflussspende von 8 l/(s*ha) extrapoliert. Der Gesamtdatensatz der Beobach-

tungsdaten wurde nach V_S in vier Klassen so gruppiert, dass die Anzahl der RÜB in jeder Klasse etwa gleich groß war. Dargestellt sind hier nur die unauffälligen RÜB.

Aus der Simulation ergibt sich bei $q_R = 1 \text{ l/(s*ha)}$ und $V_S = 20 \text{ m}^3/\text{ha}$ eine Überlaufhäufigkeit von ca. 40 d/a. Legt man jedoch eine logarithmische Trendlinie durch die beobachteten Überlaufhäufigkeiten der entsprechenden Klasse (15 bis 30 m^3/ha), so ergibt diese eine Häufigkeit von nur 20 d/a.

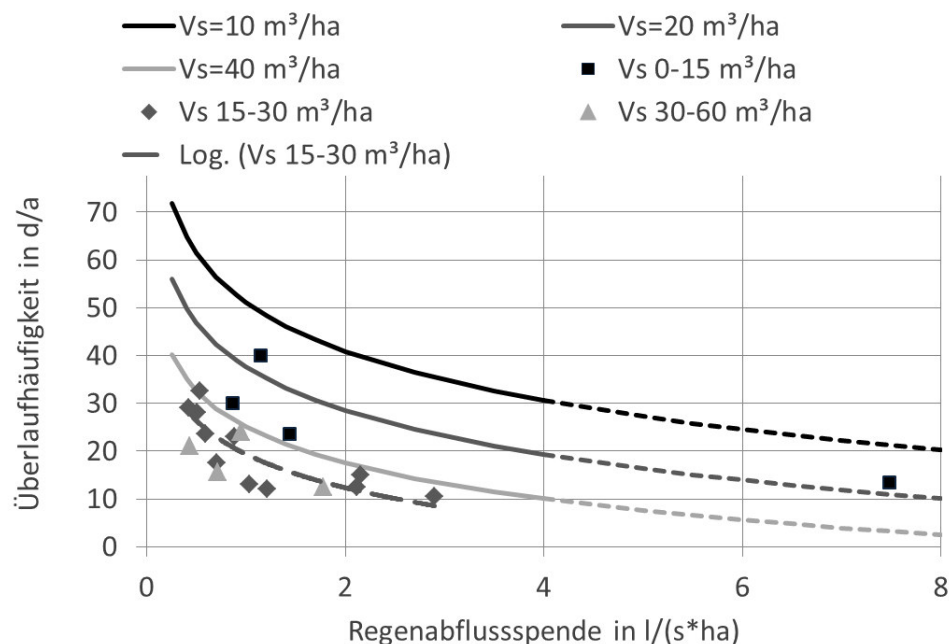


Abbildung 5: Simulationsergebnisse Überlaufhäufigkeit in Abhängigkeit von q_R und V_S und entsprechende beobachtete Daten der unauffälligen RÜB

Wie bei den Einstauhäufigkeiten lässt sich auch hier die Abweichung teilweise durch eine Unterschätzung von q_R in den zu den Messdaten gehörenden Stammdaten erklären. Zusätzlich zur Regenabflussspende beeinflusst aber auch das spezifische Speichervolumen V_S die Entlastungsaktivität. Auch diese Größe ist umgekehrt proportional zu Größe und Abflusswirksamkeit der angeschlossenen Flächen. Darüber hinaus wird in der Planung das Retentionsvolumen der oberhalb liegenden Kanalisation meist nicht vollständig berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass in den Stammdaten A_U im Mittel überschätzt und V unterschätzt wird. Beides führt dazu, dass das tatsächlich wirksame spezifische Volumen V_S deutlich größer ist als aus den Stammdaten ermittelt.

Die eindeutig gerichteten Abweichungen bei der Einstau- und Entlastungsaktivität lassen sich nicht durch Abweichungen im Niederschlagsgeschehen zwischen Beobachtung und Simulation erklären. Im Mittel der beiden Jahre lagen die Niederschlagshöhen in den betrachteten Gebieten um 5 % bis 10 % unter dem Mittelwert der für die Simulation verwendeten Regenreihe. Die Auswertung der Jahresdaten aus

der Simulation hat gezeigt, dass die Überlaufhäufigkeit annähernd proportional mit der Jahresniederschlagshöhe zunimmt ($R^2 = \text{ca. } 0,8$).

3.4 Einstau- und Entlastungsaktivität im Systemzusammenhang

Die vorangegangenen Darstellungen bezogen sich jeweils nur auf das Verhalten einzelner Becken. Für eine Bewertung des betrieblichen Verhaltens müssen die Becken jedoch im Systemzusammenhang betrachtet werden. Ein fälschlich zu hoch eingestellter Drosselabfluss an einem RÜB führt zwar dort zu einer Reduzierung der Entlastungsaktivität, am unterhalb liegenden Becken jedoch zu deren Erhöhung.

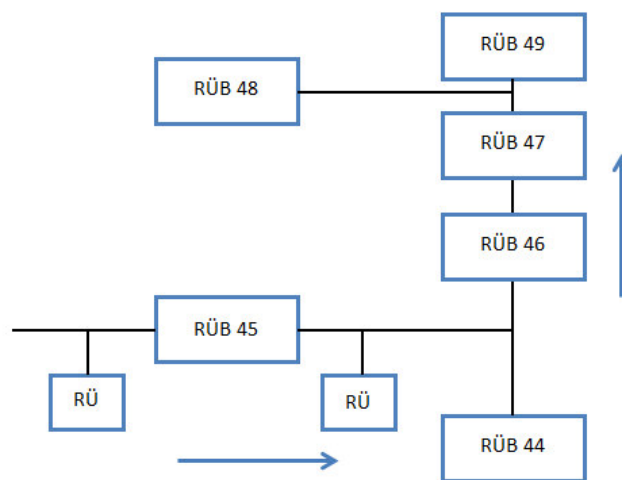


Abbildung 6: Schemaplan des untersuchten Teilsystems

Abbildung 6 zeigt schematisch einen Ausschnitt aus einem Entwässerungssystem, in dem zu allen RÜB unauffällige Messdaten aus 2015 und 2016 vorliegen. Die Einstau- und Entlastungshäufigkeiten dieser RÜB sind in Abbildung 7 dargestellt. Die absoluten Zahlenwerte (links) wurden für jedes Jahr auf den Mittelwert aus allen RÜB normiert (Ergebnis rechts). Die Darstellung macht deutlich, dass sich trotz der großen Unterschiede zwischen den Absolutwerten die Verhältnisse im Vergleich der RÜB untereinander in beiden Jahren kaum verändern.

Dieser Vergleich innerhalb des Systems ist deutlich aussagekräftiger als die Einordnung in ein Ranking. Aussagen sind außerdem schon auf Basis einzelner Jahre möglich, während repräsentative Aussagen über die absoluten Dauern und Häufigkeiten erst nach vielen Jahren möglich sind. Beispielsweise wäre das RÜB 46 mit $n_{\text{über}} = 26$ d/a in 2015 im Ranking nach Baumann et al., 2017 als „durchschnittlich“ einzustufen, während es mit $n_{\text{über}} = 46$ d/a in 2016 in die Kategorie „sehr häufig“ fallen würde. Für die Einschätzung der Situation im System ist es hilfreicher zu wissen, dass dieses RÜB in 2015 mit 83 % (bezogen auf das mittlere Verhalten der benachbarten RÜB) etwas unterdurchschnittlich entlastet hat und in 2016 mit 104 % ziemlich genau dem Durch-

schnitt der Becken im Teilsystem entsprach. Das oberhalb liegende RÜB 45 zeigte dagegen ein Entlastungsverhalten das in beiden Jahren 60 % über dem Mittel aus allen RÜB lag. Das unterhalb liegende RÜB 49 entlastete in beiden Jahren um 50 % bis 60 % seltener. Hier wäre zu prüfen, ob diese Ungleichmäßigkeit gewollt ist und ob sie sich ggf. durch eine Anpassung der Drosselabflüsse beheben ließe.

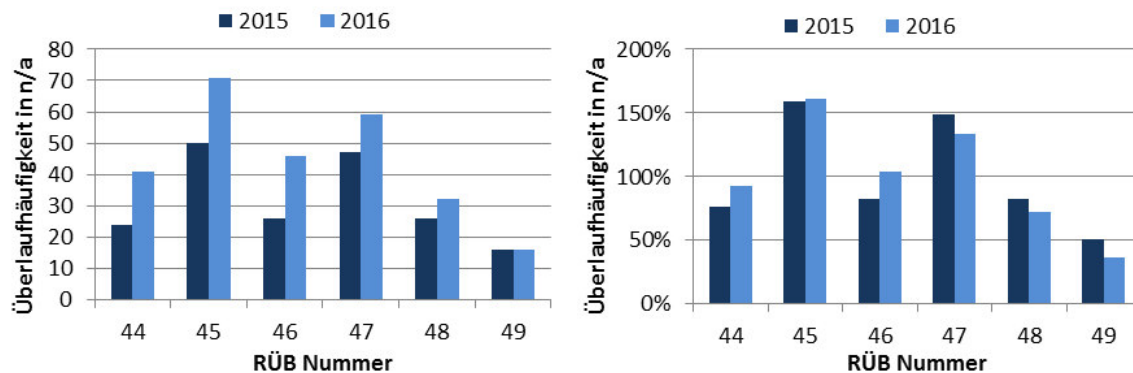


Abbildung 7: Entlastungshäufigkeit der RÜB im betrachteten Teilsystem in 2015 und 2016 (links: absolut, rechts: normiert auf Mittel aller RÜB)

4 Schlussfolgerungen

Daten zur Einstau- und Entlastungsaktivität von RÜB sind immer im Systemzusammenhang zu interpretieren. Auffälliges Verhalten einzelner RÜB im Vergleich zu benachbarten Becken macht betriebliche Probleme und Optimierungspotenziale am deutlichsten sichtbar. Die Qualität des Betriebs lässt sich nicht durch zusammenfassende ordinale Größen (d. h. Größen, die sich sinnvollerweise nach ihrem Rang ordnen lassen) beschreiben. Repräsentative Aussagen zu absoluten Dauern und Häufigkeiten von Einstau und Entlastung einzelner RÜB erfordern außerdem mehrjährige Messreihen. Der Vergleich von Betriebsdaten (n_{ein} , $n_{\text{über}}$, T_{ein} , $T_{\text{über}}$) mit einem vom jeweiligen Entwässerungssystem unabhängigen Datenkollektiv ist daher nicht zielführend.

Der Vergleich von Simulationsergebnissen und beobachtetem Verhalten der RÜB zeigt, dass in den meisten Fällen die tatsächliche Gewässerbelastung deutlich geringer ist als es nach den einschlägigen emissionsbezogenen Regelungen erforderlich wäre. Die Reserven in den Systemen sind allerdings nicht explizit in der Planung berücksichtigt, sondern entstehen durch die Wahl der Planungsgrundlagen auf der sicheren Seite. So werden angeschlossene Flächen und deren Abflusswirksamkeit systematisch überschätzt und das aktivierbare Speichervolumen systematisch unterschätzt. Hinzu kommt, dass die in der Planung angenommene Gebietsentwicklung oftmals (noch) nicht eingetreten ist.

Simulationsrechnungen, die die Grundlage einer systembezogenen Planung bilden, basieren jedoch auf diesen Grundlagendaten. Sie sind somit nicht in der Lage, die bestehenden Reserven und Lösungen zur Optimierung aufzuzeigen. Hierzu müssen Messda-

ten herangezogen werden. Eine naheliegende Forderung wäre es, die Modellparameter im Rahmen einer Kalibrierung so anzupassen, dass Messergebnisse und Simulation übereinstimmen. Dies ist jedoch mit einem erheblichen Aufwand für die Datenerhebung verbunden, der sich nicht flächendeckend umsetzen lässt. Eine vollständige Deckungsgleichheit ist außerdem nicht zu erreichen, da die Modelle die Realität nur unvollständig und nur den Zustand zum Zeitpunkt der Erhebung abbilden.

Messdaten geben zwar den jeweils aktuellen Ist-Zustand wieder, sind aber nicht geeignet die Auswirkungen von Maßnahmen zu prognostizieren. Für Simulationsmodelle gilt dies umgekehrt. Es ist Aufgabe des planenden Ingenieurs mit beiden Informationsquellen sachgerecht umzugehen.

5 Literatur

ATV (1992): Arbeitsblatt ATV-A 128: Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen.

Baumann, P.; Lieb, W.; Weiß, G. (2017): Regenbecken im Mischsystem - Messen, Berwerten und Optimieren, Praxisleitfaden für den Betrieb von Regenbecken. 1.Aufl., Stand Februar 2017. Stuttgart: DWA, Landesverband Baden-Württemberg.

Brombach, H.; Wöhrle, C. (1997): Gemessene Entlastungsaktivität von Regenüberlaufbecken. Korrespondenz Abwasser 44, Heft 1, S. 44 – 66

Haller, B. E. (2009): Messung des Entlastungsverhaltens an Regenüberlaufbecken. Vortrag bei der Lehrer- und Obleute-Tagung des DWA Landesverbandes Baden-Württemberg.

UM-BW (2007): Arbeitsmaterialien zur fortschrittlichen Regenwasserbehandlung in Baden-Württemberg. Umweltministerium Baden-Württemberg.

Korrespondenz an:

Dr.-Ing. Ulrich Dittmer
ISWA Universität Stuttgart, Bandtäle 2, 70569 Stuttgart
Tel.: 0711 685-69350
Fax: 0711 685-63729
E-Mail: ulrich.dittmer@iswa.uni-stuttgart.de