

Entwicklung von Auswerteroutinen für die Datenbanken zu Niederschlagswassereinleitungen in NRW und Methoden zur Ermittlung punktueller Einleitungen aus Mischsystemen

Kurzbericht

KURZBERICHT

gefördert durch das

**Ministerium für Klimaschutz, Umwelt,
Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen**



Im Rahmen des Förderprogramms

**Ressourceneffiziente Abwasserbeseitigung NRW,
Förderbereich 6:
Forschungs- und Entwicklungsprojekte
zur Abwasserbeseitigung**

**Entwicklung von Auswerteroutinen für
die Datenbanken zu
Niederschlagswassereinleitungen in
NRW und Methoden zur Ermittlung
punktuelle Einleitungen aus
Mischsystemen**

Kurzbericht

Aachen, im September 2015
FiW an der RWTH Aachen



Dr.-Ing. F.-W. Bolle

Projektbearbeitung

Institution

Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft
an der RWTH Aachen (FiW) e.V.
Kackertstraße 15-17
52056 Aachen

Hauptbearbeiter

Dr.-Ing. F.-W. Bolle
Dipl.-Ing. S. Hüben
Dipl.-Ing. T. Siekmann
Dr.-Ing. D. Weingärtner

Weitere Bearbeiter

Dipl.-Ing. (FH) B. Böttcher
H. Begas
Dr.-Ing. N. Palm
Dipl.-Ing. I. Rokotyanskaya
Dipl.-Ing. M. Siekmann

Inhaltsverzeichnis

1	Projektgesamtübersicht	1
2	Einleitung	1
3	Vorgehen und Grundlagen	2
4	Beschreibung der entwickelten Ansätzen zur Ermittlung punktueller Einleitungen aus Mischwassersystemen	5
5	Ergebnisse der Ansätze.....	6
6	Tieferegehende Betrachtung und Weiterentwicklung der Ansätze	9
7	Diskussion der Ansätze und Empfehlungen zur Einbindung in ELKA.....	12
8	Zusammenfassung und Ausblick	14
9	Literatur	15

Verzeichnis der Bilder

Bild 3-1:	Vereinfachte Darstellung Untersuchungsgebiet 1 (urban geprägt, mit 7 SBW und 5 RÜ)	2
Bild 3-2:	Vereinfachte Darstellung Untersuchungsgebiet 2 (ländlich geprägt mit 21 SBW und ohne RÜ).....	3
Bild 3-3:	Vereinfachte Darstellung Untersuchungsgebiet 3 (Vergleichsgebiet aus DWA-A 128 mit 3 SBW und 3 RÜ)	3
Bild 4-1:	Betrachtungsräume in Ansatz 1 und Volumenbilanz	5
Bild 4-2:	Schematische Darstellung der Betrachtungsräume in Ansatz 2	6

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 5-1:	Ergebnisse der Direkteinzugsgebietsbilanz (Ansatz 1) für das Untersuchungsgebiet 1	7
Tabelle 5-2:	Ergebnisse des Multi-Zentralbeckenansatzes (Ansatz 2) für das Untersuchungsgebiet 1	8
Tabelle 6-1:	Überblick der untersuchten Faktoren und Empfehlung für die Einbindung in die Ansätze	12

Abkürzungsverzeichnis

Kürzel	Erläuterung	Einheit
A	an ein SBW anschließende Fläche	[ha]
$A_{E,b}$	Summe aller befestigten Flächen eines Einzugsgebietes	[ha]
A_u	undurchlässige Fläche, anwendungsbezogener Rechenwert, $A_u = A_{E,b} \cdot \psi$	[ha]
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.	
e_0	Entlastungsrate	[%]
ELKA	Einleiterkataster	
ELWAS	Elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem	
h_{Na}	Langjährige mittlere Niederschlagshöhe	[mm]
$h_{Na\ eff}$	Mittlerer effektiver Niederschlag (nach Abzug der Verluste), $h_{Na\ eff} = h_{Na} \cdot \psi_{a,A128}$	
I	Bewertungsindikator (s. Kapitel 3)	[%]
KA	Kläranlage	
k_{TF}	Korrekturfaktor in Abhängigkeit von der Fließzeit und dem spezifischen Speichervolumen (s. Kapitel 6)	[-]
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz in NRW	
NG	Neigungsgruppe	[-]
NRW	Nordrhein-Westfalen	
Q_{Dr}	Drosselabfluss	[l/s]
$Q_{Dr,Überlieger}$	Drosselabfluss des Überliegers	[l/s]
Q_e	Im Jahresmittel entlastetes Mischwasservolumen	[m ³]
q_R	Regenabflussspende	[l/(s*ha)]
$Q_{r,24,spez}$	spezifischer Regenabfluss (im Tagesmittel) aus Mischgebieten der direkt an das SBW angeschlossenen Fläche	[l/s]
$q_{R,Dr}$	Weitergeleitete Regenabflussspende in der Drossel	[l/(s*ha)]

$Q_{R, \text{spez}}$	Regenabflussspende des an das SBW angeschlossenen Mischgebiets aus Drosselablauf des SBW	[l/(s*ha)]
Q_R	Regenabfluss	[l/s]
$Q_{R, Tr, 24, \text{spez}}$	Regenabfluss (im Tagesmittel) aus direkt an das SBW anschließendes Trenngebiet ($Q_{R, Tr, dM, \text{spez}}$)	[l/s]
Q_T	Trockenwetterabfluss	[l/s]
$Q_{T24, \text{spez}}$	Trockenwetterabfluss (im Tagesmittel) aus direkt an das SBW anschließendes Einzugsgebiet ($Q_{T, dM, \text{spez}}$)	[l/s]
$Q_{T, 24}$	Trockenwetterabfluss im Tagesmittel ($Q_{T, dM}$)	[l/s]
$Q_{T, \text{max}}$	Maximaler Trockenwetterabfluss	[l/s]
REBEKA	Regenbeckenkataster	
RRB	Regenrückhaltebecken	
RÜ	Regenüberlauf	
RÜB	Regenüberlaufbecken	
SBW	Sonderbauwerk	
TEZG	Teileinzugsgebiet	
t_f	Fließzeit	[min]
V	Speichervolumen des SBW	[m ³]
V_s	Spezifisches Speichervolumen	[m ³ /ha]
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie	
γ	Befestigungsgrad des Einzugsgebiets	[-]
ψ	Anwendungs- und flächenspezifischer Abflussbeiwert	[-]
Ψ_m ($\Psi_{a, A128}$)	Mittlerer Abflussbeiwert (früher (nach ATV-A 128) Gesamtabflussbeiwert) ($\Psi_m = 0,7$)	[-]

1 Projektgesamtübersicht

Das Projekt „Entwicklung von Auswerteroutinen für die Datenbanken zu Niederschlagswassereinleitungen in NRW und Methoden zur Ermittlung punktueller Einleitungen aus Mischwassersystemen“ besteht aus zwei Teilen. In Teil 1 wurden Auswerteroutinen entwickelt, die auf Basis des Zentralbeckenansatzes eine automatisierte Berechnung von Misch- und Trennwasseremissionen in Kläranlageneinzugsgebieten und in den im Lagebericht NRW definierten 293 Flussgebieten ermöglichen.

Der vorliegende Kurzbericht stellt die wesentlichen Arbeiten und Ergebnisse des zweiten Projektteils „Methoden zur Ermittlung punktueller Einleitungen aus Mischwassersystemen“ dar. Auf Basis der in den Landesdatenbanken verfügbaren Informationen wurden vereinfachte, bauwerksscharfe Berechnungen zur Ermittlung punktueller Mischwasserentlastungen (Entlastungsrate e_0 und Entlastungsmenge Q_e) entwickelt. Die Ergebnisgenauigkeit und die Sensitivität der Berechnungen wurden exemplarisch untersucht. Mit Hilfe dieser Ergebnisse können Defizite an Mischwasserentlastungsbauwerken identifiziert werden und erforderliche Maßnahmen eingeleitet werden. Darüber hinaus wurden Empfehlungen zur Einbindung und Nutzung der Projektergebnisse in die Landesdatenbanken gegeben.

2 Einleitung

Niederschlagswassereinleitungen können eine erhebliche hydraulische und stoffliche Belastung von Gewässern darstellen. Die Quantifizierung und Qualifizierung dieser Einträge ist zur Beurteilung der Gewässerbelastung im Sinne der europäischen Wasserrahmenrichtlinie ein erforderlicher Schritt, auch in Nordrhein-Westfalen (NRW).

Zur Beurteilung der Gewässer bzw. Gewässerbelastung nutzt das Land NRW eigene Datenbanken, die künftig Bestandteil des Einleiterkatasters (ELKA) sind. Zur Erstellung der Broschüre „Stand und Entwicklung der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen“ werden diese Datenbanken mittels automatisierter Auswerteroutinen ausgewertet, um die Situation der Gewässer darzustellen. Der eingesetzte Berechnungsansatz für Emissionen aus Mischwassersystemen liefert Schätzungen für größere Flusseinzugsgebiete und gesamte Kläranlageneinzugsgebiete. Für kleinräumigere und detailliertere Betrachtungen, bei denen ggf. nur eine punktuelle Einleitung vorliegt, ist dieser Ansatz nicht geeignet.

Deswegen ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, vereinfachte bauwerksscharfe Berechnungen zur Ermittlung von Mischwasseremissionen zu entwickeln, die in die bestehenden Datenbankstrukturen der nordrhein-westfälischen Verwaltung integriert werden können. Mit den Ergebnissen solcher Berechnungen ist es möglich, Bauwerke in Mischwassersystemen in NRW zu ermitteln, die möglicherweise Defizite aufweisen. Darauf aufbauend können, falls erforderlich und durch genauere Berechnungen bzw. Simulationen bestätigt, Maßnahmen zur Behebung der Defizite eingeleitet werden.

3 Vorgehen und Grundlagen

Vorgehen

Basierend auf den Grundlagen des Arbeitsblatts A-128 der DWA (ATV 1992) und einem vorangegangenen Projekt (Pinnekamp et al. 2005) wurden drei Berechnungsansätze zur becken-spezifischen Ermittlung von Mischwasseremissionen als Arbeitshypothesen aufgestellt und in drei Untersuchungsgebieten angewendet und überprüft. Die Ansätze berücksichtigen die Entlastungen aus vorgeschalteten Becken und Regenüberläufen. Zur Überprüfung der Ansätze wurden deren Ergebnisse mit Ergebnissen einer hydrologischen Modellierung (Programm MOMENT, vgl. BGS Wasser, 2008) verglichen. Auf einen Vergleich mit realen Messdaten wurde verzichtet, da die Unsicherheit von Messdaten derzeit noch recht hoch ist. Zudem werden hydrologische Modellierungen auch zum Nachweis und zur Planung von Netzen genutzt und sind somit Stand der Technik. Die Ansätze spiegeln also nur soweit die Realität wider, wie auch die hydrologische Modellierung die Realität abbildet.

Im vorliegenden Kurzbericht werden nur die zwei Ansätze beschrieben, die für eine spätere Nutzung in Frage kommen. Der dritte Ansatz, der für eine spätere Nutzung verworfen wurde wird nur in der Langfassung des Berichts zum Vorhaben beschrieben.

Untersuchungsgebiete

Als Untersuchungsgebiete dienen zwei anonymisierte Mischwassernetze und das Beispielgebiet aus dem DWA Arbeitsblatt A-128. Die Gebiete und ihre Kenndaten sind in Bild 3-1 bis Bild 3-3 dargestellt.

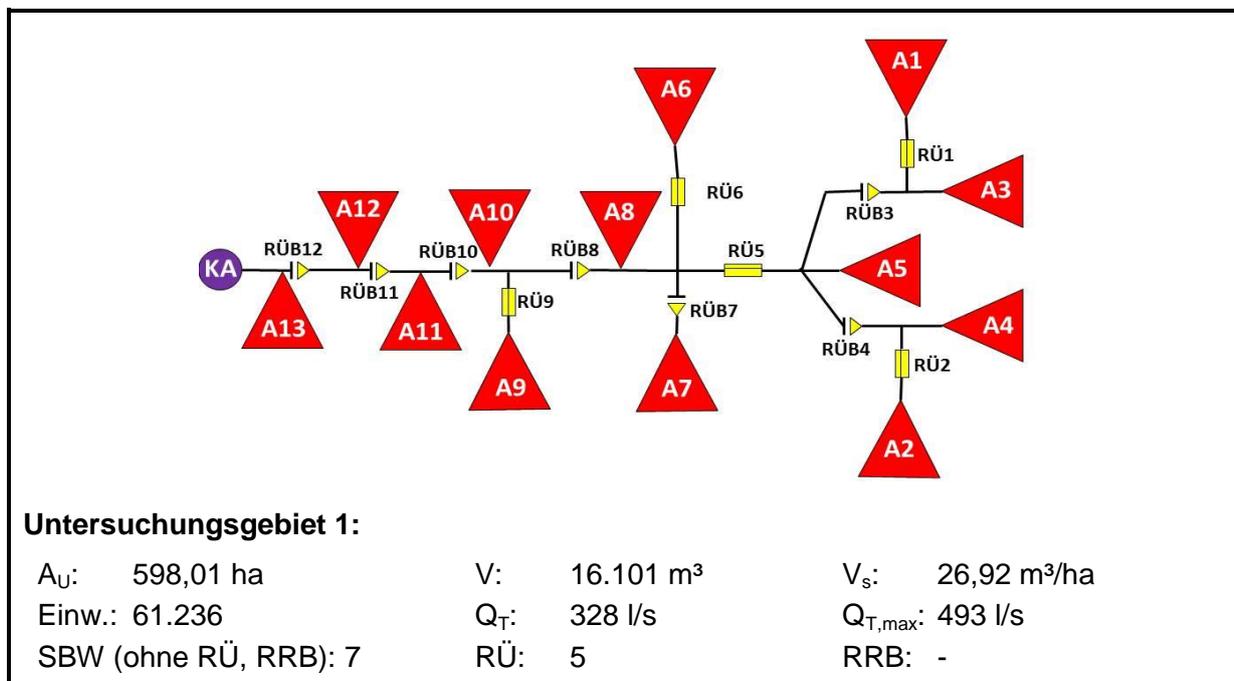


Bild 3-1: Vereinfachte Darstellung Untersuchungsgebiet 1 (urban geprägt, mit 7 SBW und 5 RÜ)

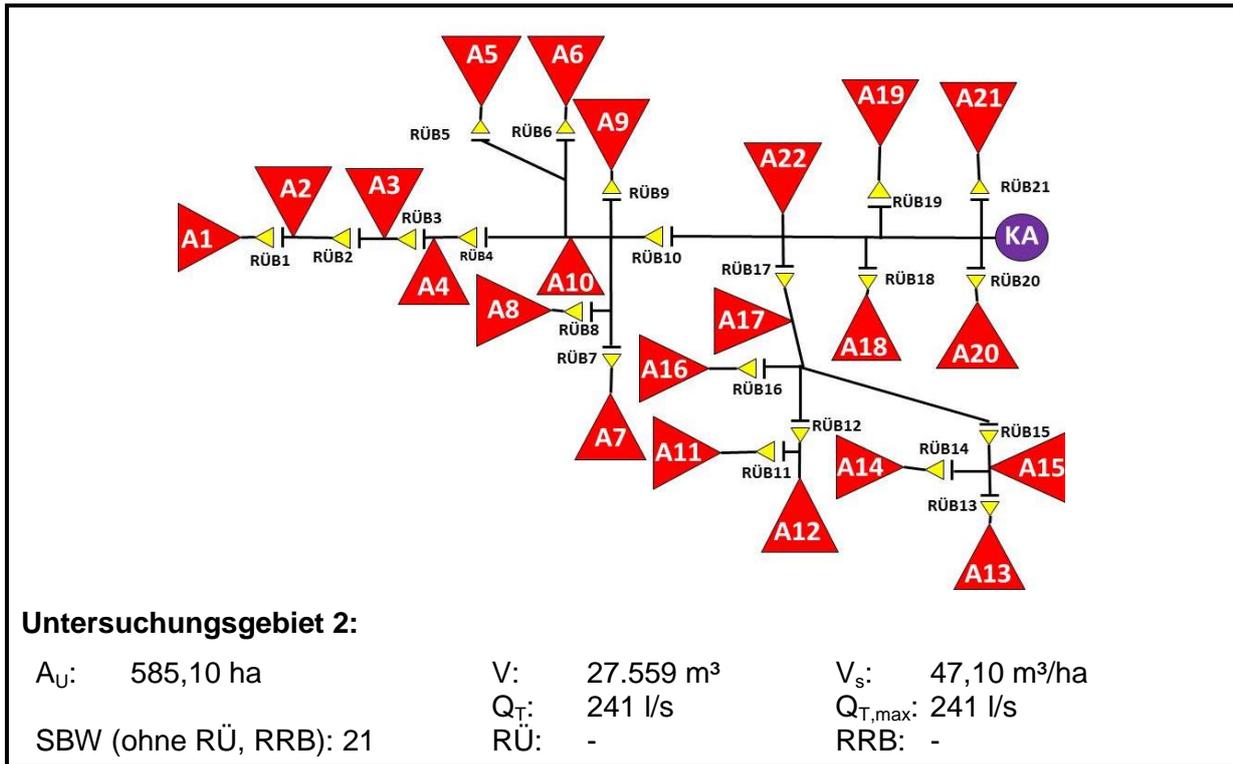


Bild 3-2: Vereinfachte Darstellung Untersuchungsgebiet 2 (ländlich geprägt mit 21 SBW und ohne RÜ)

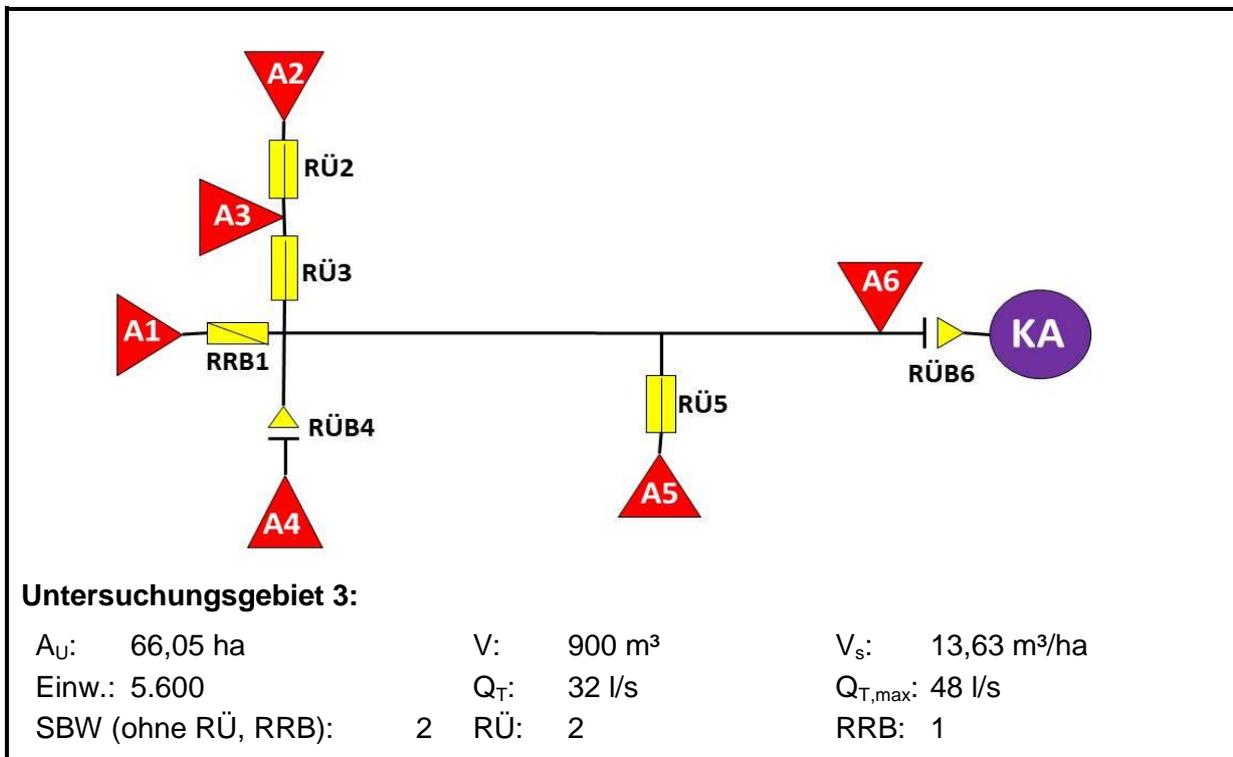


Bild 3-3: Vereinfachte Darstellung Untersuchungsgebiet 3 (Vergleichsgebiet aus ATV-A 128 mit 3 SBW und 3 RÜ)

Bei Untersuchungsgebiet 1 (Bild 3-1) handelt es sich um ein urban geprägtes Gebiet, während Untersuchungsgebiet 2 (Bild 3-2) eher ländlich geprägt ist. Untersuchungsgebiet 2 hat eine größere Fläche und mehr Mischwasserbehandlungsanlagen als Untersuchungsgebiet 1. Das Beispielgebiet aus dem ATV Arbeitsblatt A 128 (ATV 1992), Untersuchungsgebiet 3 (Bild 3-3), hat nur zwei Sonderbauwerke (SBW) mit Entlastungstätigkeit und dient im vorliegenden Projekt als weiteres Anwendungsbeispiel.

Zu den anonymisierten Untersuchungsgebieten liegen umfangreiche Gebiets- und Niederschlagsdaten vor, auf deren Basis Wassermengensimulationen mit Hilfe des Programmes MOMENT durchgeführt wurden.

Bewertungsindikatoren¹

Zur Bewertung der Ansätze wurden drei Bewertungsindikatoren eingeführt, die wie folgt definiert sind:

Indikator I1 = $\frac{\sum Q_e \text{ Ansatz}}{\sum Q_e \text{ Modellierung}}$ (bauwerksübergreifend)

Dieser Indikator ist das Verhältnis des gesamten Entlastungsvolumens eines Einzugsgebiets aus dem Ansatz zum gesamten Entlastungsvolumen des Einzugsgebiets aus der Modellierung. Er gewährleistet die grundsätzliche Vergleichbarkeit der Ansätze. Das gesamte Entlastungsvolumen des Ansatzes wird mit dem gesamten Entlastungsvolumen der Modellierung verglichen, um zu zeigen, ob die bauwerksübergreifende Entlastungssituation durch die Ansätze realistisch abgebildet wird.

Indikator I2 = $e_{0 \text{ Ansatz}} - e_{0 \text{ Modellierung}}$

Dieser Indikator stellt die absolute Abweichung der bauwerksspezifischen Entlastungsraten (Einheit ist %) dar. An jedem Bauwerk im Einzugsgebiet wird die Differenz zwischen der Entlastungsrate des Ansatzes und der Entlastungsrate der Modellierung ermittelt, um zu zeigen, ob die bauwerksspezifische Entlastungsrate durch die Ansätze realistisch abgebildet wird.

Indikator I3 = Anteil $Q_e \text{ Ansatz}$ [%] – Anteil $Q_e \text{ Modellierung}$ [%]

Dieser Indikator ist die absolute Differenz zwischen dem Anteil des bauwerksspezifischen Entlastungsvolumens am Gesamtentlastungsvolumen des berechneten Ansatzes und dem Anteil des bauwerksspezifischen Entlastungsvolumens am Gesamtentlastungsvolumen der Modellierung. Durch diesen Indikator wird gezeigt, ob das Verhältnis der Entlastungstätigkeit zwischen den verschiedenen RÜB durch die Ansätze realistisch abgebildet wird. Zusammen mit Indikator I1 zeigt dieser Wert, wie gut die Entlastungsmenge pro Bauwerk durch einen Ansatz im Vergleich zur Modellierung abgebildet wird.

¹ Eine ausführliche Beschreibung der Bewertungsindikatoren steht in der Langfassung des Abschlussberichts zum Projekt

Zur weiteren Überprüfung wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um den Einfluss unterschiedlicher Parameter bewerten und entsprechend berücksichtigen zu können (siehe Kapitel 6).

4 Beschreibung der entwickelten Ansätze zur Ermittlung punktueller Einleitungen aus Mischwassersystemen

Im Projekt wurden drei Ansätze vertieft untersucht, von denen zwei für eine weitere Nutzung in Frage kamen. Im Folgenden werden diese zwei Ansätze kurz vorgestellt.

Ansatz 1: „Direkteinzugsgebietsbilanz“ (A 128, Anhang 3)

Ansatz 1 für die Ermittlung punktueller Mischwassereinleitungen basiert auf dem vereinfachten Aufteilungsverfahren nach Anhang 3 des Arbeitsblatts A 128 der DWA (ATV 1992). Bei diesem Bemessungs- bzw. Nachweisverfahren wird aus den Abflusskennwerten des jeweiligen Teileinzugsgebietes und der zulässigen Jahresentlastungsrate e_0 das spezifische Beckenvolumen V_s ermittelt. Im Gegensatz dazu wird beim hier vorgestellten Berechnungsansatz, also in einem gegebenen Mischwassernetz bzw. seinen Einzelbauwerken, die Bilanzierung von Q_e bzw. der zu ermittelnden Entlastungsrate e_0 durch das bereits vorgegebenen V_s vorgenommen (Bild 4-1).

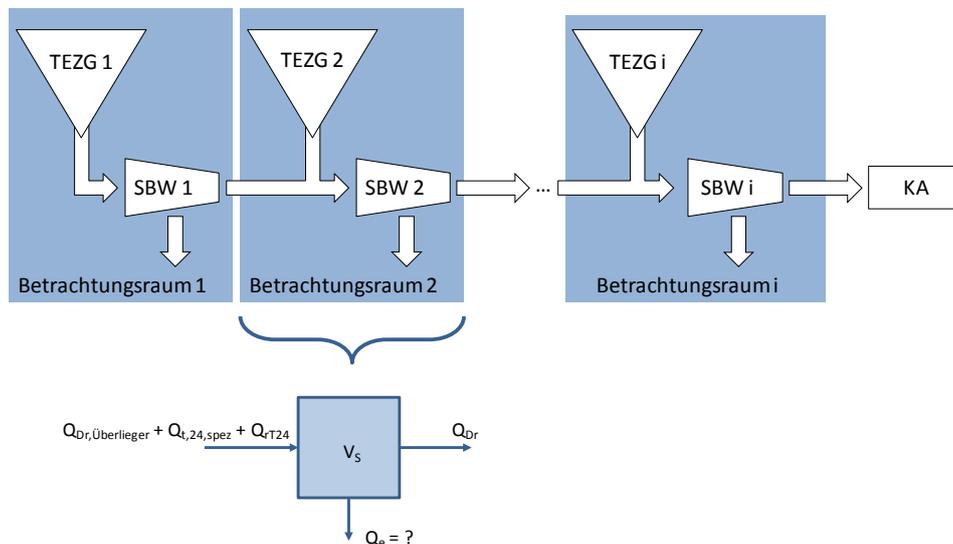


Bild 4-1: Betrachtungsräume in Ansatz 1 und Volumenbilanz

Zur Nutzung des Ansatzes werden folgende Berechnungen vorgenommen:

$$\text{Entlastungsrate des Sonderbauwerks: } e_0 = H1/(V_s+H2)-6 \quad \text{Gl.(4-1)}^2$$

² Die Definitionen der einzelnen Parameter folgen ATV (1992) und sind in der Langfassung des Abschlussberichts zum Projekt erläutert.

Entlastungsmenge des Sonderbauwerks: $Q_e = e_0 \cdot h_{N,a,eff} \cdot A_u$

Alle Eingabeparameter beziehen sich jeweils auf das Direktinzugsgebiet des betrachteten Beckens (vgl. Bild 4-1). Sofern A_u nicht bekannt ist, wird vorgeschlagen, einen Abflussbeiwert $\psi = 0,85$ zur Ermittlung der abflusswirksamen Fläche anzusetzen.

Ansatz 2: „Multizentralbeckenansatz“

In Ansatz 2 werden die Sonderbauwerke im Verbund mit jeweils allen überliegenden Teileinzugsgebieten betrachtet. Dazu wird der Zentralbeckenansatz auf das anfangsständige Bauwerk (vgl. Bild 4-2, Betrachtungsraum 1) mit dem direkt angeschlossenen Einzugsgebiet (TEZG 1) angewendet und die Entlastungsrate e_0 sowie das Entlastungsvolumen Q_e werden bestimmt. Anschließend wird der Zentralbeckenansatz im Betrachtungsraum 2 durchgeführt, um das summarische Entlastungsvolumen des zweiten und ersten SBW zu ermitteln. Das Entlastungsvolumen für das SBW 2 ergibt sich aus der Differenz zu dem Entlastungsvolumen aus dem ersten Betrachtungsraum. Das Verfahren wird fortlaufend bis zur Kläranlage durchgeführt. Der letzte Betrachtungsraum i entspricht letztendlich dem herkömmlichen Zentralbeckenansatz. Die Ermittlung von Q_e und e_0 des Sonderbauwerks i können folgendermaßen beschrieben werden:

Entlastungsmenge des Sonderbauwerks i : $Q_{e,SBWi} = Q_{e,i} - Q_{e,i-1}$

Gl.(4-2)²

Entlastungsrate e_{0i} des Sonderbauwerks i : $e_{0i} = H1/(V_{s,i}+H2)-6$

In Bild 4-2 ist das Vorgehen nochmal schematisch dargestellt. Vereinfacht ausgedrückt wird vom Betrachtungsraum i immer der Betrachtungsraum $i-1$ abgezogen.

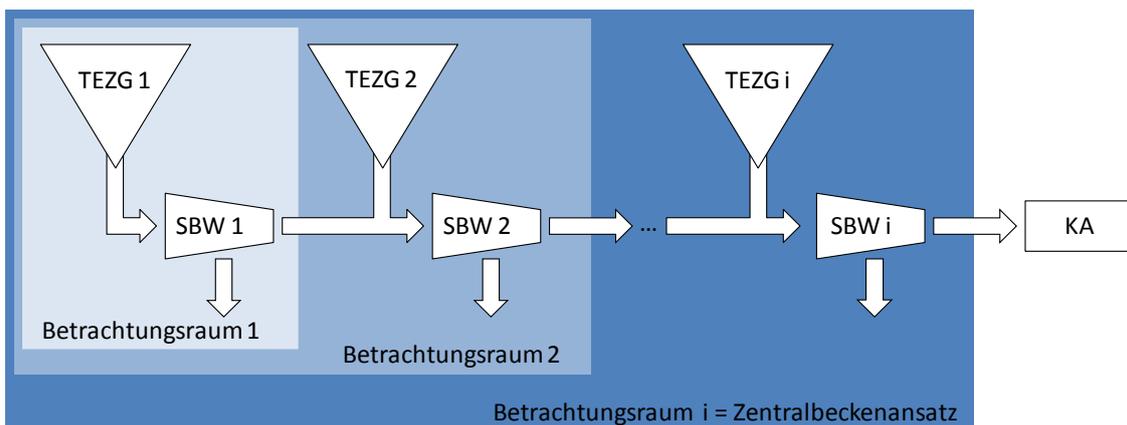


Bild 4-2: Schematische Darstellung der Betrachtungsräume in Ansatz 2

5 Ergebnisse der Ansätze

Die Ansätze wurden zunächst an einem mittelgroßen Einzugsgebiet (Untersuchungsgebiet 1, vgl. Kapitel 3) geprüft. Anschließend wurden die Ansätze bei den weiteren Untersuchungsgebieten angewendet und abschließend wurden im Zuge einer Sensitivitätsanalyse weitere Einflüsse untersucht (vgl. Kapitel 6). Für alle drei Untersuchungsgebiete wurde mit einer mitt-

leren Jahresniederschlagshöhe von 812 mm gerechnet. Die Ergebnisse der Prüfungen sind im Folgenden beispielhaft dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung der Ergebnisse findet sich in der Langfassung des Abschlussberichts zum Vorhaben.

Ergebnisse des Ansatzes „Direkteinzugsgebietsbilanz“ (Ansatz 1)

In Tabelle 5-1 sind beispielhaft die Ergebnisse von Ansatz 1 für das Untersuchungsgebiet 1 aufgeführt. Neben den Ergebnissen des Ansatzes sind die Ergebnisse der hydrologischen Modellierung mit dem Programm MOMENT und die Bewertungsindikatoren dargestellt.

Aus der Tabelle wird durch die Bewertungsindikatoren (rechte Spalten) schnell ersichtlich, dass die Ergebnisse der Direkteinzugsgebietsbilanz sehr gut bis gut die Ergebnisse der hydrologischen Modellierung für das Untersuchungsgebiet 1 widerspiegeln. Die Gesamtentlastungsmenge stimmt zu 95,9 % überein. Für die Bewertungsindikatoren I2 und I3 liegen die Abweichungen ebenfalls im einstelligen Prozentbereich.

Tabelle 5-1: Ergebnisse der Direkteinzugsgebietsbilanz (Ansatz 1) für das Untersuchungsgebiet 1

Bauwerk	Ergebnisse						Bewertungsindikatoren		
	MOMENT			Ansatz 1			I1	I2	I3
	e_0	Q_e	Anteil Q_e an $Q_{e,ges}$	e_0	Q_e	Anteil Q_e an $Q_{e,ges}$	$\frac{\sum Q_{e,Ansatz1}}{\sum Q_{e,Moment}}$	$\frac{e_{0,Ansatz1} - e_{0,Moment}}{e_{0,Moment}}$ (Betrag)	$\frac{\text{Anteil } Q_{e,Ansatz1} - \text{Anteil } Q_{e,Moment}}{\text{Anteil } Q_{e,Moment}}$ (Betrag)
	(%)	m ³	(%)	(%)	m ³	(%)	(%)	(%)	(%)
RÜB4	38,0	36.840	3,2	40,8	40.408	3,6		2,8	0,5
RÜB3	21,0	25.043	2,2	21,4	23.145	2,1		0,4	0,1
RÜB7	12,0	17.050	1,5	8,1	10.192	0,9		3,9	0,6
RÜB8	40,0	294.976	25,4	40,4	273.044	24,5		0,4	0,9
RÜB10	39,0	302.133	26,0	38,1	288.824	25,9		0,9	0,1
RÜB11	38,0	186.570	16,0	43,7	193.960	17,4		5,7	1,3
RÜB12	37,0	300.127	25,8	35,4	285.492	25,6		1,6	0,2
Summe		1.162.739			1.115.066		95,9		
Mittelwert								2,2	0,5

Die Genauigkeit der Ergebnisse für Untersuchungsgebiet 2 ist nicht so gut wie für Untersuchungsgebiet 1, jedoch können sie als gut bis befriedigend bezeichnet werden. Die Begründung für die etwas schlechtere Übereinstimmung der Ergebnisse des Ansatzes mit den Ergebnissen der hydrologischen Modellierung liegt in der Größe des betrachteten Einzugsgebiets. Untersuchungsgebiet 2 ist deutlich größer und umfasst mehr Mischwasserbehand-

lungsanlagen und längere Fließwege als Untersuchungsgebiet 1 und die Abweichungen zur hydrologischen Modellierung nehmen tendenziell in Richtung Kläranlage zu.

Für Untersuchungsgebiet 3, welches als eher klein zu bezeichnen ist, liegt insgesamt ein befriedigendes Ergebnis vor. Es gibt eine recht hohe Ungenauigkeit bzgl. der Entlastungsmenge, die in der relativ hohen Anzahl an RÜ und RRB bezogen auf die RÜB begründet ist.

Um das Ziel zu erreichen, mit einem relativ einfachen Berechnungsansatz eine bauwerkscharfe Abschätzung der Entlastungstätigkeit vorzunehmen, ist die erreichte Genauigkeit von Ansatz 1 insgesamt als gut bis befriedigend zu bezeichnen. Es wird daran erinnert, dass die Herangehensweise nicht die hydrologische Modellierung ersetzen soll, sondern lediglich Hinweise geben soll, welche Mischwasserbehandlungsanlagen ggf. vertieft zu betrachten sind, um die Entlastungstätigkeit zu verringern und Maßnahmen zu ergreifen.

Ergebnisse des „Multizentralbeckenansatzes“ (Ansatz 2)

Die Ergebnisse von Ansatz 2 sind ebenfalls beispielhaft für Untersuchungsgebiet 1 in Tabelle 5-2 aufgeführt. Auch hier sind neben den Ergebnissen des Ansatzes die Ergebnisse der hydrologischen Modellierung mit dem Programm MOMENT und die Bewertungsindikatoren dargestellt.

Tabelle 5-2: Ergebnisse des Multi-Zentralbeckenansatzes (Ansatz 2) für das Untersuchungsgebiet 1

Bauwerk	Ergebnisse						Bewertungsindikatoren		
	MOMENT			Ansatz 2			I1	I2	I3
	e_0	Q_e	Anteil Q_e an $Q_{e,ges}$	e_0	Q_e	Anteil Q_e an $Q_{e,ges}$	$\frac{\sum Q_{e,Ansatz2}}{\sum Q_{e,Moment}}$	$\frac{e_{0,Ansatz2}}{e_{0,Moment}}$ (Betrag)	$\frac{Q_{e,Ansatz2}}{Q_{e,Moment}}$ (Betrag)
(%)	m ³	(%)	(%)	m ³	(%)	(%)	(%)	(%)	
RÜB4	38,0	36.840	3,2	40,8	40.408	3,5		2,8	0,3
RÜB3	21,0	25.043	2,2	21,6	23.324	2,0		0,6	0,2
RÜB7	12,0	17.050	1,5	8,1	10.192	0,9		3,9	0,6
RÜB8	40,0	294.976	25,4	40,4	283.171	24,2		0,4	1,2
RÜB10	39,0	302.133	26,0	40,6	308.826	26,4		1,6	0,4
RÜB11	38,0	186.570	16,0	41,9	207.361	17,7		3,9	1,7
RÜB12	37,0	300.127	25,8	40,4	296.405	25,3			
Summe		1.162.739			1.169.688		100,6		
Mittelwert								2,2	0,7

Wie Tabelle 5-2 zu entnehmen ist, spiegeln die Ergebnisse des Ansatzes 2 ebenfalls die Ergebnisse der hydrologischen Modellierung gut wider. Die Gesamtentlastungsmenge beim Untersuchungsgebiet 1 weicht lediglich um 0,6 % ab und die Abweichungen der Bewertungsindikatoren I2 und I3 liegen auch hier im einstelligen Bereich, so dass ein gutes bis sehr gutes Ergebnis vorliegt.

Für Untersuchungsgebiet 2 stellen sich auch für Ansatz 2 die Ergebnisse aufgrund der Größe des Untersuchungsgebiets etwas schlechter dar. Lässt man aber die Ausreißer außen vor, sind die Ergebnisse als gut zu bezeichnen, wobei sie etwas schlechter sind als die Ergebnisse von Ansatz 1. Die rechnerischen Zusammenhänge sind analog zu Ansatz 1, die Auswirkungen betreffen jedoch mehr SBW. Dies folgt aus der Tatsache, dass Unplausibilitäten aus oberliegenden Gebieten im Berechnungsgang kumuliert und mitgeführt werden. Die Berechnungsgüte des Entlastungsverhaltens eines bestimmten Beckens ist somit immer auch von der Berechnungsgüte aller überliegenden Gebiete abhängig.

Für Untersuchungsgebiet 3 sind die Ergebnisse als sehr gut bis gut zu bezeichnen und sind somit etwas besser als die Ergebnisse von Ansatz 1.

Insgesamt können somit auch die Ergebnisse des Ansatzes 2 als gut bezeichnet werden. Für das kleinere Gebiet sind die Ergebnisse etwas besser als die von Ansatz 1, für das größere Gebiet etwas schlechter.

6 Tieferegehende Betrachtung und Weiterentwicklung der Ansätze

Die oben eingeführten Berechnungsansätze (Direkteinzugsgebietsbilanz (Ansatz 1) und Multizentralbeckenansatz (Ansatz 2)) wurden im Weiteren auf ihre Sensitivität gegenüber unterschiedlichen Parametern und weiterer Sonderbauwerke untersucht. Sofern bestimmte Eingangsparameter bzw. weitere Sonderbauwerke die Berechnungsergebnisse beeinflussen, wurden Korrekturfaktoren zur Abminderung bzw. Erhöhung der jeweils berechneten punktuellen Entlastungsmengen eingeführt.

Im Folgenden sind die Faktoren, ihre Auswirkungen auf die die Ergebnisse der Ansätze und Empfehlungen bzgl. ihrer Einbindung in die Ansätze kurz aufgeführt. Eine ausführlichere Beschreibung findet sich in der Langfassung des Berichts zum Projekt.

Einfluss von Regenrückhaltebecken (RRB)

Auswirkung auf die Ansätze

Das Arbeitsblatt A 128 der DWA (ATV 1992) geht davon aus, dass RRB mit Regenabflussspenden q_R von über 5 l/(s*ha) keinen wesentlichen Einfluss auf nachfolgende Entlastungen haben und das gesamte Direkteinzugsgebiet einschließlich der Gebiete oberhalb des RRB für die Bemessung maßgeblich sind. Die hier untersuchten Varianten bestätigen diese Annahme und zeigen, dass für die ausgewählten Untersuchungsgebiete nur RRB mit einem sehr kleinen Drosselabfluss (q_R kleiner 2 l/(s*ha)) und einem sehr kurzen Abstand zum Son-

derbauwerk einen Einfluss auf das Entlastungsverhalten und somit auf die Ergebnisse der Ansätze haben.

Empfehlung zur Einbindung in die Ansätze

Da sich die RRB nur bedingt auf die Ergebnisse auswirken und die Berechnungsansätze bewusst möglichst einfach gehalten werden sollen, werden RRB in den Ansätzen nicht gesondert betrachtet. Die Ergebnisausgaben sollten jedoch mit einem Hinweis auf ein vorgelagertes RRB versehen werden.

Einfluss von Regenüberläufen (RÜ)

Auswirkung auf die Ansätze

Um den Einfluss von RÜ auf die Ergebnisse der Ansätze zu ermitteln, wurde nach Zusammenhängen zwischen den Bauwerkskennwerten (A_U , Q_{Dr} und V) und den Entlastungsvolumina der Bauwerke in den jeweiligen Teileinzugsgebieten von RÜB gesucht. Es wurden keine Zusammenhänge gefunden, lineare Regressionen wiesen Bestimmtheitsmaße von $R^2 = 0,02$ bis $0,67$ auf.

Da die Entlastungsvolumina der Regenüberläufe von der Summe der Entlastungsvolumina im jeweiligen TEZG i.d.R. $< 10\%$ ausmachen, wurde auf eine differenziertere Untersuchung der Entlastungen aus RÜ und dem nachfolgenden RÜB (bzw. SK) im Rahmen dieser Untersuchungen in Rücksprache mit dem Auftraggeber verzichtet.

Empfehlung zur Einbindung in die Ansätze

Im Rahmen der hier verfolgten Entwicklungsansätze werden die Direkteinzugsgebiete von RÜ dem nachfolgenden SBW zugeordnet. Für die Ausgabe der Entlastungsraten in ELWAS-Web ist unbedingt anzugeben, wenn ein SBW im Verbund mit einem RÜ betrachtet wird.

Einfluss der Jahresniederschlagshöhe (h_{Na})

Auswirkung auf die Ansätze

Bei den Untersuchungen zum Einfluss der Jahresniederschlagshöhe wurde gezeigt, dass nicht die Jahresniederschlagssumme selbst für die Qualität der Berechnungsergebnisse maßgeblich ist, sondern vielmehr die Niederschlagsverteilung innerhalb der einzelnen Jahre. Ein Einfluss des Niederschlags auf die Ergebnisse der Ansätze ist folglich gegeben.

Empfehlung zur Einbindung in die Ansätze

Da mit den Ansätzen nur ein mittleres Verhalten der Mischwasserentlastungsanlagen widerspiegelt werden soll bzw. kann und sich im Mittel zwischen den vereinfachten Ansätzen und dem detaillierten Modell die Abweichungen in Grenzen halten, wurde darauf verzichtet, den Jahresniederschlag im Berechnungsverfahren weiter durch separate Korrekturverfahren zu berücksichtigen. Weitergehende Untersuchungen zu dem Einfluss jahresweiter Niederschläge bzw. ihren Verteilungen werden empfohlen.

Einfluss der Fläche

Auswirkung auf die Ansätze

In beiden Ansätzen wird die angeschlossene, undurchlässige Fläche A_U als Eingangsparameter berücksichtigt. In der hydrologischen Simulation werden jedoch die unversiegelte und versiegelte Fläche sowie die Neigungsgruppe berücksichtigt, um Einflüsse der Abflusskonzentration auf das Entlastungsverhalten abzubilden (BGS Wasser 2008). Zur Untersuchung des Einflusses der Fläche auf die Ergebnislage der Ansätze wurden in der hydrologischen Modellierung die versiegelte Fläche, in den Ansätzen die angeschlossene, undurchlässige Fläche A_U um 20 % reduziert. Es hat sich herausgestellt, dass die Variation der Fläche die Ergebnislage nicht wesentlich beeinflusst.

Empfehlung zur Einbindung in die Ansätze

Ein Korrekturfaktor zur Berücksichtigung von Flächen wird nicht empfohlen.

Einfluss des Drosselabflusses

Auswirkung auf die Ansätze

Zur Untersuchung des Einflusses der Drosselabflüsse auf die Ergebnislage der Ansätze wurde bei einigen SBW der Drosselabfluss verändert. Eine wesentliche Beeinflussung der Ergebnisse konnte nicht festgestellt werden.

Empfehlung zur Einbindung in die Ansätze

Ein Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des Drosselabflusses wird nicht empfohlen.

Einfluss von Fließzeit und Neigung

Auswirkung auf die Ansätze

Es konnte gezeigt werden, dass Veränderungen der Neigungsgruppe einen geringeren Einfluss auf das Entlastungsverhalten haben als veränderte Fließzeiten. Dabei ist zu beachten, dass die beiden Kenngrößen Neigungsgruppe und Fließzeit in der Realität nicht völlig voneinander unabhängig sind, da eine geringere Neigung im Kanalnetz die Fließzeit erhöht. Der Einfluss der Neigung wurde daher nicht weiter untersucht. Ein systematischer Einfluss der Fließzeit in Korrelation mit dem spezifischen Speichervolumen auf die Ergebnisse der Ansätze konnte festgestellt werden.

Empfehlung zur Einbindung in die Ansätze

Zur Berücksichtigung des Einflusses der Fließzeit wurde ein Korrekturfaktor entwickelt, der auch das spezifische Speichervolumen berücksichtigt:

$$\text{für } t_f \leq 10 \text{ min: } k_{tf} = 1$$

$$\text{Gl.(6-1)}^3$$

³ Die Herleitung des Korrekturfaktors ist in der Langfassung des Berichts zum Vorhaben detailliert beschrieben.

$$\text{für } t_f > 10 \text{ min: } k_{t_f}(V_s) = 1 - \frac{(1,7+0,115 \times (40-V_s)) \times (t_f-10 \text{ min})}{10 \text{ min} \times 100}$$

mit

V_s in m^3/ha

t_f in min

Weitere Untersuchungen zur Herleitung von Neigungsgruppen und Fließzeiten (t_f) aus Positions- und Oberflächeninformationen werden empfohlen, um ggf. vorhandene Datenlücken in den Landesdatenbanken zu schließen.

Tabelle 6-1 zeigt einen Überblick der untersuchten Faktoren und fasst die Auswirkungen und Empfehlungen bezüglich der Einbindung in die Ansätze zusammen.

Tabelle 6-1: Überblick der untersuchten Faktoren und Empfehlung für die Einbindung in die Ansätze

Faktor	Auswirkung	Empfehlung
Vorgelagertes RRB	Nur bedingt bei sehr kleinen Drosselabflüssen des RRB und kurzen Abständen zum Folge SBW.	Fläche im Verbund mit Folge-SBW. Ergebnisausgabe mit Hinweis auf vorgelagertes RRB versehen.
Vorgelagertes RÜ	Entlastungsvolumen verteilt sich auf RÜ und Folge-SBW. Einfache Abschätzung der Verteilung nicht möglich.	Rechnerisch im Verbund mit Folge-SBW. Ergebnis mit Hinweis auf vorgelagertes RÜ versehen.
Jahresniederschlagsmenge	Kein systematischer Einfluss auf Ergebnsgüte nachweisbar, da Niederschlagsverteilung ausschlaggebend.	Kein Korrekturfaktor.
Fläche	Kein systematischer Einfluss auf Ergebnsgüte nachweisbar.	Kein Korrekturfaktor.
Drossel	Kein systematischer Einfluss auf Ergebnsgüte nachweisbar.	Kein Korrekturfaktor.
Neigungsgruppe	Geringer systematischer Einfluss auf Entlastungsverhalten, jedoch indirekt über Fließzeit erfasst.	Kein Korrekturfaktor.
Fließzeit	Systematischer Einfluss auf Entlastungsverhalten in Abhängigkeit von V_s des SBW.	Korrekturfaktor s. Gleichung (6-1)

7 Diskussion der Ansätze und Empfehlungen zur Einbindung in ELKA

Die im Vorhaben entwickelten Ansätze kann das Land NRW dazu nutzen, Näherungswerte für e_0 und Q_e für SBW in Mischwassersystemen mit den in den Landesdatenbanken erfassten Daten zu ermitteln, sofern kein Wert aus einer Langzeitsimulation oder dem vereinfachten Nachweis vorliegt. Des Weiteren könnten die Ansätze dazu genutzt werden, die eingegebenen Werte in den Landesdatenbanken auf Plausibilität (Eingabefehler) zu prüfen.

Anwendungsgrenzen der Ansätze

Die Ansätze ersetzen grundsätzlich keine hydrologische oder hydrodynamische Simulation, sind aber zur schnellen und einfachen Erst-Beurteilung der IST-Lage geeignet. Bei auffälli-

gen Ergebniswerten für e_0 und Q_e sollte jedoch immer geprüft werden, ob der zugrunde liegende Datensatz plausibel ist oder Eingabefehler enthält.

Unvollständige Datensätze oder fehlerhaft eingegebene Daten haben teilweise erhebliche Auswirkungen auf die Ergebnisgüte der Ansätze. Deswegen wird empfohlen, einfache Plausibilitätskontrollen anzuwenden und entsprechend unplausible Datensätze von der Auswertung auszuschließen. Vorschläge zu Plausibilitätskontrollen sind z.B. in Teilbericht 1 des Projektes (Bolle et al., 2014) aufgeführt.

Die Ergebnisse beziehen sich grundsätzlich auf ein durchschnittliches Verhalten. Jahresdiskrete Angaben zu Entlastungsraten und -mengen können nicht gemacht werden, da Niederschlagsverteilungen in den Ansätzen nicht berücksichtigt werden.

Regenüberläufe und ihr Entlastungsverhalten sind mit den Ansätzen nicht gesondert darstellbar, können aber im Verbund mit dem Folgebauwerk betrachtet werden.

Empfehlung zur Nutzung der Ansätze

Bei einer tieferen Betrachtung der Berechnungshintergründe von Ansatz 1 und 2 ist zu beachten, dass die Ergebnisse von Ansatz 2 immer von der Berechnungsgüte aller oberliegenden Betrachtungsräume abhängen, fehlerhafte Berechnungsergebnisse eines Betrachtungsraums setzen sich in den Ergebnissen aller nachfolgenden Betrachtungsräume fort. Ergebnisse aus Ansatz 1 hängen hingegen nur von den Eingangsparametern im jeweiligen Direktinzugsgebiet und dem Drosselabfluss der direkten Überlieger ab. Aus diesem Grund wird, auf Grundlage der bisherigen Prüfungen, die Anwendung von Ansatz 1 in ELWAS empfohlen.

Einbindung der Ergebnisse in ELWAS

Zur Einbindung der Ergebnisse aus Ansatz 1 werden folgende wichtige Kriterien zur Darstellung empfohlen:

- Ist die Entlastungsrate eines Beckens aus Langzeitsimulationen oder dem vereinfachten Nachweis (ATV-DVWK 2001) bekannt, so ist, wie bisher, dieser Wert aufgrund seiner höheren Genauigkeit darzustellen.
- Die Ausgabe der nach Ansatz 1 berechneten Entlastungsrate darf nur erfolgen, wenn die Eingangsdaten vollständig vorliegen und alle Plausibilitätskriterien erfüllt sind.
- Die Entlastungsrate soll aufgrund des Abschätzungscharakters ohne Dezimalstellen angegeben werden.
- Soll die nach Ansatz 1 ermittelte Entlastungsrate ausgegeben werden, so ist direkt mit anzugeben, dass es sich bei dem Wert um einen Schätzwert handelt und ob e_0 auf einen Verbund mit RÜ und/oder RBB bezogen ist.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Im Vorhaben wurden Ansätze entwickelt, mit denen auf Grundlage der Daten aus den Landesdatenbanken bauwerksscharf das Entlastungsverhalten von Sonderbauwerken in Mischwassersystemen abgeschätzt werden kann. Das Land NRW hat damit ein Werkzeug, um z.B. Rückschlüsse auf mögliche Defizite und demzufolge notwendige Maßnahmen u. a. zur Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie zu ziehen. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Ansätze grundsätzlich keine hydrologische oder hydrodynamische Simulation ersetzen. Sie sind aber dazu geeignet, eine schnelle und einfache Erstbeurteilung der IST-Lage zu bekommen.

Zwei entwickelte Ansätze (Ansatz „Direkteinzugsbilanz“ und Ansatz „Multizentralbeckenansatz“) liefern gute Ergebnisse im Vergleich mit einer hydrologischen Modellierung. Die Ansätze sind auf plausible Daten aus den Datenbanken des Landes angewiesen, da sie ansonsten nicht belastbare Ergebnisse liefern. Beim „Multizentralbeckenansatz“ wirken sich Fehler bzw. unplausible Daten aus oberliegenden Einzugsgebieten auch auf nachfolgende Einzugsgebiete aus. Er ist somit weniger „resistent“ gegen unplausible Daten. Daher wird auf Grundlage der bisherigen Untersuchungsergebnisse empfohlen, den Ansatz „Direkteinzugsbilanz“ für die Auswertungen der Landesdatenbanken zu nutzen.

Es wurde weiterhin untersucht, inwieweit verschiedene Parameter (Gebietskenngrößen, Niederschlag) die Ergebnislage beider Ansätze beeinflussen können und ob die Ansätze bzgl. dieser Parameter einer Korrektur bedürfen. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde ein Korrekturfaktor für den Einfluss der Fließzeit im Kanalnetz entwickelt.

Darüber hinaus sei betont, dass die Ergebnislage der entwickelten Ansätze von der Güte und Vollständigkeit der Eingangsdaten in den Landesdatenbanken abhängt. Empfohlen wird eine entsprechend stetige Datenpflege seitens der zuständigen Behörden (Bezirksregierungen) in ELKA. Mit den hier entwickelten Ansätzen bzw. dem empfohlenen Ansatz liegt dem Land NRW ein Instrument vor, Mischwasserbehandlungsanlagen in einer ersten Abschätzung mit Hilfe seiner Landesdatenbanken zu beurteilen. Eine weitere vertiefte Prüfung der entwickelten Ansätze an weiteren Untersuchungsgebieten wird empfohlen, um eine größere statistische Absicherung der Ergebnisse der Ansätze zu gewährleisten.

9 Literatur

ATV (Abwassertechnische Vereinigung e. V.) (1992): Arbeitsblatt A 128 – Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, April 1992.

ATV – DVWK (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) (2001): Arbeitsblatt A 177 – Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Juni 2001.

ATV – DVWK (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.) (2003): Arbeitsblatt A 198 – Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, April 2003.

BGS Wasser (2008): MOMENT 8 Modellierung von Mischwasserentlastung – Dokumentation. Brandt Gerdes Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH, 2008, Darmstadt.

Bolle, F., Hüben S., Siekmann M., Weingärtner, D., Wienert, B., Haußmann, R., Tondera, K., Gerth, U. (2014): Teilbericht 1: „Entwicklung von Auswerteroutinen für die Datenbanken zu Niederschlagswassereinleitungen in NRW“ zum Forschungsvorhaben: „Entwicklung von Auswerteroutinen für die Datenbanken zu Niederschlagswassereinleitungen in NRW und Methoden zur Ermittlung punktueller Einleitungen aus Mischsystemen“ . FiW e.V. a.d. RWTH Aachen im Auftrag des MKUNLV NRW, (unveröffentlicht)

Pinnekamp, J., Haußmann R., Höhn, P., Wienert, B., Tiedemann, K., Keck, I., Köstlin, S. (2005): Niederschlagswassereinleitungen in NRW – Ermittlung der punktuellen Entlastungsvolumenströme aus Mischsystemen in Nordrhein-Westfalen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben AZ IV-9-042 251 im Auftrag des MUNLV NRW.