

Auswirkungen von alpinen urbanen Einzugsgebieten auf den Hochwasserschutz

Robert Sitzenfrei¹⁾, Manfred Kleidorfer¹⁾, Gerald Arming²⁾ und Wolfgang Rauch¹⁾

¹⁾ Universität Innsbruck, Arbeitsbereich Umwelttechnik, Technikerstrasse 13, 6020 Innsbruck,

²⁾ Ziviltechnikerbüro Arming, Fiecht Au 28, 6134 Vomp

Kurzfassung

Aus Wirtschaftlichkeits- und Risikoüberlegungen sowie gewässerökologischen Gesichtspunkten, werden in der Urbanhydrologie für die Dimensionierung von Anlagen (Kanäle sowie Speicherbauwerke) bauwerkspezifische Wiederkehrzeiten für die Errichtung zwischen 1 und 10 Jahre empfohlen während für wasserbauliche Überlegungen (z.B. Hochwasserschutz) diese im Bereich zwischen 20 und 100 Jahre liegen. Als Schnittstelle zwischen diesen unterschiedlichen Anlagentypen sind u.a. Regenrückhaltebecken zu sehen. Aus Sicht des Hochwasserschutzes sollte jede Abflussbeschleunigung sowie verringerter Rückhalt aufgrund von Befestigung von Flächen durch Bereitstellung entsprechender Retentionsvolumina kompensiert werden, da jeglicher (urbaner) Niederschlagsabfluss früher oder später in einen Vorfluter mündet. Es stellt sich nun aber die Frage, zu welchem Ausmaß der in der Kanalisation abgeführte urbane Niederschlagsabfluss zur Hochwasserbildung im Gewässer beiträgt bzw. in welchem Ausmaß Retentionsvolumen an dieser Schnittstelle überhaupt aktiviert werden kann. Ziel dieser Arbeit ist es zu untersuchen, wie Hochwasserschutz im Gewässer und Bemessung von Anlagenteilen in der Urbanhydrologie optimal aufeinander abgestimmt werden können. Basierend auf hydrodynamischen Modellrechnungen wird untersucht, in welchem Ausmaß eine Überlagerung von Abflussganglinien auftreten kann und welche Auslegungsgrößen für eine wirtschaftliche, gewässerökologische sowie auch im Sinne eines Hochwasserschutzes sinnvolle Lösung relevant sind.

1 Einleitung

Die computerbasierte Niederschlagsabfluss Modellierung stellt den gängigen Stand der Technik dar [1]. Sowohl für Flusseinzugsgebiete also auch für urbane Entwässerungssysteme findet eine Vielzahl von Berechnungsmodellen für unterschiedliche Fragestellungen Anwendung [2]. Eine wichtige Eingangsgröße für die Berechnungsmodelle stellt der Niederschlag dar, wobei die zeitliche Auflösung des Niederschlagsabflussmodells in Abhängigkeit von der Prozessdynamik zu wählen ist. Im Bereich der Urbanhydrologie (Kanalnetzrechnung) kann aufgrund der geringen Einzugsgebietsgröße (wenige ha) und der hohen Dynamik (schnell ablaufende Welle auf versiegelten Flächen) eine zeitliche Auflösung von wenigen Minuten notwendig sein, während für Hochwassersimulationen in natürlichen Flusseinzugsgebieten (km²) Stunden- oder sogar Tagesauflösungen ausreichend sein können. Je höher die Prozessdynamik ist, desto höher sollte daher auch die zeitliche Auflösung der Regendaten sein. Als Anhaltswert soll die zeitliche Auflösung der Regendaten kleiner als die Konzentrationszeit des untersuchten Gebietes gewählt werden.

Aus Wirtschaftlichkeits- und Risikoüberlegungen sowie gewässerökologischen Gesichtspunkten, werden in der Urbanhydrologie für die Dimensionierung von Anlagen (Kanäle sowie Speicherbauwerke) bauwerkspezifische Wiederkehrzeiten für die Errichtung zwischen 1 und 10 Jahre empfohlen [3] während für wasserbauliche Überlegungen (z.B. Hochwasserschutz) diese im Bereich zwischen 20 und 100 Jahre liegen. Als Schnittstelle zwischen diesen unterschiedlichen Anlagentypen sind u.a. Regenrückhaltebecken zu sehen. Diese fungieren als

Retentions- bzw. auch Sedimentationsraum für urbanen Niederschlagsabfluss bevor dieser in ein Gewässer eingeleitet wird [4]. Es stellt sich nun die Frage, zu welchem Ausmaß dieser urbane Niederschlagsabfluss zur Hochwasserbildung im Gewässer beiträgt, da die Regenrückhaltebecken dementsprechend auszubilden bzw. zu dimensionieren sind. Als auf der sicheren Seite liegend, kann für die Bemessung der Retentionsbecken dieselbe Wiederzeit wie für den Hochwasserschutz herangezogen werden. Jedoch ist zu bedenken, dass sich normalerweise die Prozessdynamik in diesen zwei Systemen unterschiedlich darstellt [4]. Des Weiteren sind maßgebende Niederschlagsereignisse für die beiden unterschiedlichen Systeme als ebenso divergierend einzuschätzen. Während üblicherweise für alpine Gewässer etwa Dauerregen und Schneeschmelze maßgebend sind, stellt sommerlicher Konvektivregen gewöhnlich den maßgebenden Fall in der Urbanhydrologie (d.h. für das Kanalnetz und dessen Anlagenteile) dar [5]. Aus wirtschaftlichen Überlegungen, stellt sich nun die Frage, wie solche Schnittstellen zwischen diesen beiden Systemen im speziellen bei alpinen Verhältnissen vernünftig konzipiert und nachgewiesen werden können.

Die Errichtung von Retentionsvolumina zur Kompensation einer Zunahme von befestigten Flächen ist von großer Bedeutung, da jeglicher (urbaner) Niederschlagsabfluss früher oder später in einen Vorfluter mündet. Dennoch ist es wichtig, dass das errichtete Retentionsvolumen auch tatsächlich genutzt werden kann. Ziel dieser Arbeit ist es zu untersuchen, wie Hochwasserschutz im Gewässer und Bemessung von Anlagenteile in der Urbanhydrologie optimal aufeinander abgestimmt werden können. Basierend auf einfachen Bilanzierungen und hydrodynamischen Langzeitmodellrechnungen [6] wird untersucht, unter welchen Umständen eine Überlagerung von Abflussganglinien auftreten kann und welche Auslegungsgrößen für eine wirtschaftliche, gewässerökologische sowie auch im Sinne eines Hochwasserschutzes sinnvolle Lösung relevant sind. Anhand einer alpinen Fallstudie, wird eine optimierte Vorgehensweise entwickelt und getestet.

2 Material und Methoden

2.1 Fallstudienbeschreibung

Derzeit wird die Schmutzwasser- und Oberflächenwasserentsorgung vom Ortsteil Neugötzens über ein Mischwassersystem abgeführt. Die Mischwässer werden teilweise in zwischen 1950 und 1960 von Privatpersonen errichteten Kanälen abgeführt. Dabei sind zum Teil zu kleine Rohrdimensionen zum Einsatz gekommen. Der Zustand dieses bestehenden Systems wurde bereits im Jahre 2000 erhoben und teilweise befinden sich die Kanalstränge in einem sehr schlechten Zustand (ISY-Zustandsklassen 4 und 5). Daher soll die gesamte Entwässerungsstruktur (zusammen mit der Trinkwasserversorgung) neu errichtet werden. Gleichzeitig wird auf eine Entwässerung im Trennverfahren umgestellt. Aufgrund von beengten Einbauverhältnissen, ist es jedoch nicht möglich noch intakte Mischwasserkanäle für die Abfuhr von Oberflächenwässern zu verwenden. Daher werden Schmutzwasser- sowie Regenwasserkanäle neu errichtet.

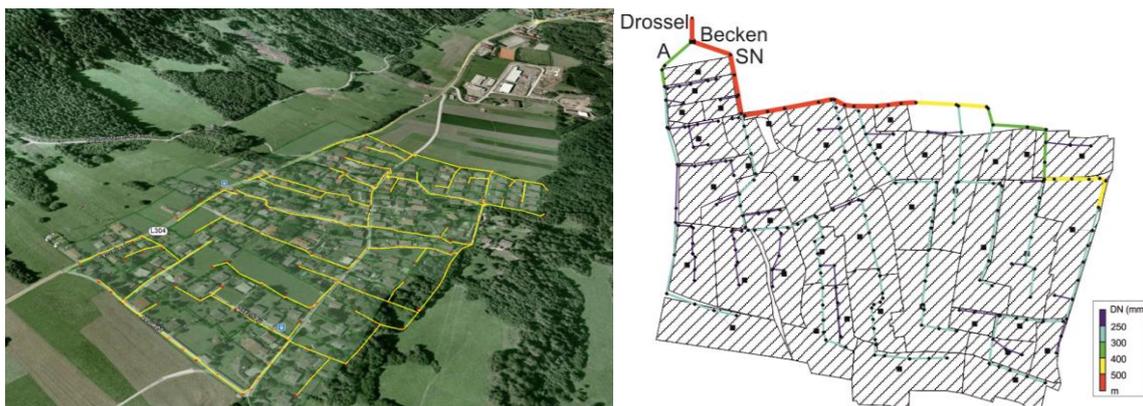


Abbildung 1: Übersicht alpines Entwässerungssystem (links); Hydrodynamischen Simulationsmodell (rechts)

Die neu zu errichtende Regenwasserkanalisation mündet in ein Retentionsbecken, mit einer gedrosselten Ausleitung in einen Vorfluter. In diesem Zusammenhang soll nun untersucht werden, wie der Hochwasserschutz im Vorfluter und die Bemessung dieses Retentionsbeckens optimal aufeinander abgestimmt werden können.

Die Bevölkerung im urbanen Einzugsgebiet (siehe Abbildung 1, links) umfasst derzeit ca. 520 Einwohner mit einer geschätzten zukünftigen Einwohneranzahl von ca. 670. Von den 21,1 ha Einzugsgebietsfläche, sind 11,4ha befestigt. Die Regenwasserkanäle wurden nach dem Fließzeitverfahren vormessen [3]. Das hydrodynamische Modell der Regenwasserkanalisation für die frei verfügbare Software SWMM5 [7] ist in Abbildung 1 dargestellt. Das detaillierte Modell besteht aus 235 Schächten, 236 Leitungen und 38 Einzugsgebieten.

2.2 Szenarien und Auswertungen

Für die dargestellte Fallstudie soll das erforderliche maximale Speichervolumen bestimmt werden. Dazu werden die verschiedenen Drosselmengen 250l/s, 150l/s und 100l/s untersucht. Als Regenszenarien werden folgende Untersuchungen mit ansteigender Rechenkomplexität definiert:

- (1) Blockregen und einfache Bilanzierung
- (2) Blockregen mit hydrodynamischer Simulation
- (3) 15 Jahre Regenkontinuum mit hydrodynamischer Simulation

Für die Blockregen werden basierend auf unterschiedlichen Bemessungsniederschlägen, (ehyd, Gitterpunkt 4843, J=1 bis 100, Dauer 15min – 360min) für unterschiedliche Dauerstufen D und Jährlichkeiten J die Regenspenden $r_{D,J}$ verwendet. Diese Blockregen werden für die einfache Bilanzierung (1) sowie auch für die hydrodynamische Simulation (2) verwendet (automatisierte Berechnung von 110 Regenszenarien für je 3 Drosselmengen). Zusätzlich werden Regenkontinuumssimulationen (15 Jahre) mit SWMM5 [7] und statistische Auswertungen durchgeführt.

Als Regenkontinuum wird eine gemessene Niederschlagsserie über den Zeitraum von 15 Jahre mit einer zeitlichen Auflösung von 5 Minuten der Station 11804 Innsbruck Universität über Zeitraum von 01.01.1987 bis 31.12.2005 verwendet. Die Regenmessung befindet sich in ca. 5km Entfernung des Untersuchungsgebiets. Die charakteristische Niederschlagsintensität über einen Zeitraum von 15 Minuten bei Jährlichkeit 1 ($r_{15,1}$) wurde mit 9 mm bzw. 99,4 l/(s·ha) ermittelt. In der Auswertung der hydrodynamischen Simulation wurden Überstau oder Überflutungen [8] nicht untersucht - lediglich Auswertungen des erforderlichen Retentionsvolumens.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die gängige Praxis für die Bemessung des erforderlichen Retentionsvolumens ohne genaueren Nachweis basiert auf Vorgabe eines spezifischen Retentionsvolumens von 300m³/ha. Für die zu untersuchende Fallstudie mit 11,3 ha befestigter Fläche, ergibt sich somit ein erforderliches Volumen von 3.390m³. Dieses Ergebnis wird nun den Ergebnissen verschiedener Berechnungsverfahren mit unterschiedlicher Komplexität gegenüber gestellt.

3.1 Einfache Volumensbilanzierung

In das zu untersuchende Regenwasserrückhaltebecken münden die zwei Kanalstränge A (DN400, I=2,9%) und SN (DN700 I=2,9%) ein. Nach Prantl-Colebrook kann die Kapazität bei Vollfüllung mit ca. 350l/s bzw. 1800l/s abgeschätzt werden (mit Fließgeschwindigkeiten $v_A=2,79$ m/s und $v_{SN}=4,68$ m/s siehe Tabelle 1). Unter der vereinfachten Annahme eines Druckabflusses mit einer zusätzlichen Druckhöhe H von maximal 1,5m ergibt sich ein zusätzlichen Geschwindigkeitsterm von $v = \sqrt{H/2g}$ (siehe Tabelle 1). Damit ergibt sich eine maximale Kapazität unter Druck von ca. 2.300 l/s (anhand der hydrodynamischen Simulation von 3.2 wurde in etwa dieselbe maximale Wassermenge ermittelt).

Tabelle 1: Berechnung maximale Kapazität bei Einstau H= 1,5m (Netzkapazität)

Strang	DN m	Q Voll l/s	F m ²	v m/s	Einstau H m	dv m/s	v* m/s	Q* l/s
A	0,4	350	0,13	2,79	1,5	0,28	3,06	385
SN	0,7	1800	0,38	4,68	1,5	0,28	4,95	1906
		2150						2291

Die maximale Fließzeit im System beträgt in etwa 5 - 10 Minuten. Zur Volumensbilanzierung wird ein Blockregen verwendet. In Tabelle 2 werden nun von der Netzkapazität (2.300l/s) die unterschiedlichen Drosselmengen (250, 150 und 100l/s) abgezogen, und diese Differenz für die verschiedenen Dauern aufsummiert. Die maximale Netzkapazität von 2.300 l/s entspricht einer Niederschlagsintensität von ca. 209 l/(s·ha). Für die Dauerstufen 15, 20, 30, 45 und 60 min ergeben sich für 209 l/(s·ha) die Jährlichkeiten 2,5; 3,9; 8,8; 28,1 und 92,9 Jahre. Damit bei einem 15 minütigen Regen die Netzkapazität erreicht wird, muss also eine Jährlichkeit von größer 2,5 Jahren auftreten, für einen 60 minütigen Regen eine Jährlichkeit größer 92,9 Jahren. Niederschlagsereignisse, die diese Werte überschreiten, erhöhen das erforderliche Speichervolumen nicht, da der abgeleitete Niederschlagsabfluss nicht in das Retentionsbecken abgeführt werden kann (es kommt stattdessen zu einer Überlastung des Kanals)

Tabelle 2: Ermittlung Jährlichkeiten in Abhängigkeit von der Dauerstufe, wann die Netzkapazität erreicht wird (maximal mögliche Volumina)

Dauer D min	Q _{max}	Q zu speichern			V erforderlich			r l/(s·ha)	J
		250l/s	150l/s	100l/s	250l/s	150l/s	100l/s		
15	2.300	2.050	2.150	2.200	1.845	1.935	1.980	209	2,5
20	2.300	2.050	2.150	2.200	2.460	2.580	2.640	209	3,9
30	2.300	2.050	2.150	2.200	3.690	3.870	3.960	209	8,8
45	2.300	2.050	2.150	2.200	5.535	5.805	5.940	209	28,1
60	2.300	2.050	2.150	2.200	7.380	7.740	7.920	209	92,9

In Tabelle 3 werden für eine Jährlichkeit von 5 Jahren ($r_{D,5}$) für unterschiedliche Regendauern die erforderlichen Speichervolumina ermittelt. Ab einer Regendauer von 30 Minuten ist die Netzkapazität von 209 l/(s·ha) größer als die Regenspende ($r_{D,5}$). Daher ist hier die Differenz zwischen $r_{D,5}$ und $Q_{Drossel}$ für die jeweiligen Zeitdauern (D) im Becken zu speichern. Für die Fälle geringerer Niederschlagsdauern (15 und 20 Minuten) kann der gefallene Niederschlag nicht vollständig zum Becken abgeleitet werden und es ist die Differenz zwischen der Netzkapazität und des Drosselablaufes zu speichern. Für die verschiedenen Dauerstufen wird das maximale Volumen für die unterschiedlichen Drosselmengen (250, 150, 100l/s) ermittelt.

In einem nächsten Schritt wird der vereinfachter Nachweis nach [6] geführt. Für eine Drosselmenge von 100l/s ergibt sich ein maximales Volumen von 4.847m³. Die maßgebenden Dauerstufen (grau hinterlegt) ergeben sich für die unterschiedlichen Drosselmengen zu 60min, 120min und 180min.

Tabelle 3: Vereinfachte Ermittlung der erforderlichen maximalen Volumina

Dauer D min	$r_{D,5}$ l/(s·ha)	Q _{r,max}	Q _{max}	Q zu speichern maximal l/s			V erforderlich m ³		
				250	150	100	250	150	100
15	274	3.101	2.300	2.050	2.150	2.200	1.989	2.137	2.208
20	231	2.608	2.300	2.050	2.150	2.200	2.652	2.850	2.944
30	178	2.009	2.300	1.759	1.859	1.909	3.313	3.593	3.727
45	134	1.511	2.300	1.261	1.361	1.411	3.563	3.945	4.132
60	108	1.221	2.300	971	1.071	1.121	3.659	4.140	4.378
90	79	896	2.300	646	746	796	3.649	4.323	4.661
120	63	709	2.300	459	559	609	3.462	4.325	4.760
180	45	514	2.300	264	364	414	2.981	4.218	4.847
240	36	409	2.300	159	259	309	2.394	4.002	4.825

3.2 Blockregenszenarien und hydrodynamischen Simulation

In Abbildung 2 sind die erforderlichen Speichervolumina für Blockregen mit unterschiedlichen Dauerstufen (15min – 360min) und unterschiedlichen Jährlichkeiten (1 - 100Jahre) dargestellt. Dabei wird die Analyse für die 3 unterschiedlichen Drosselmengen durchgeführt. Die unteren drei Diagramme in Abbildung 2 zeigen Detailanalysen für Jährlichkeiten 1 bis 5 Jahre.

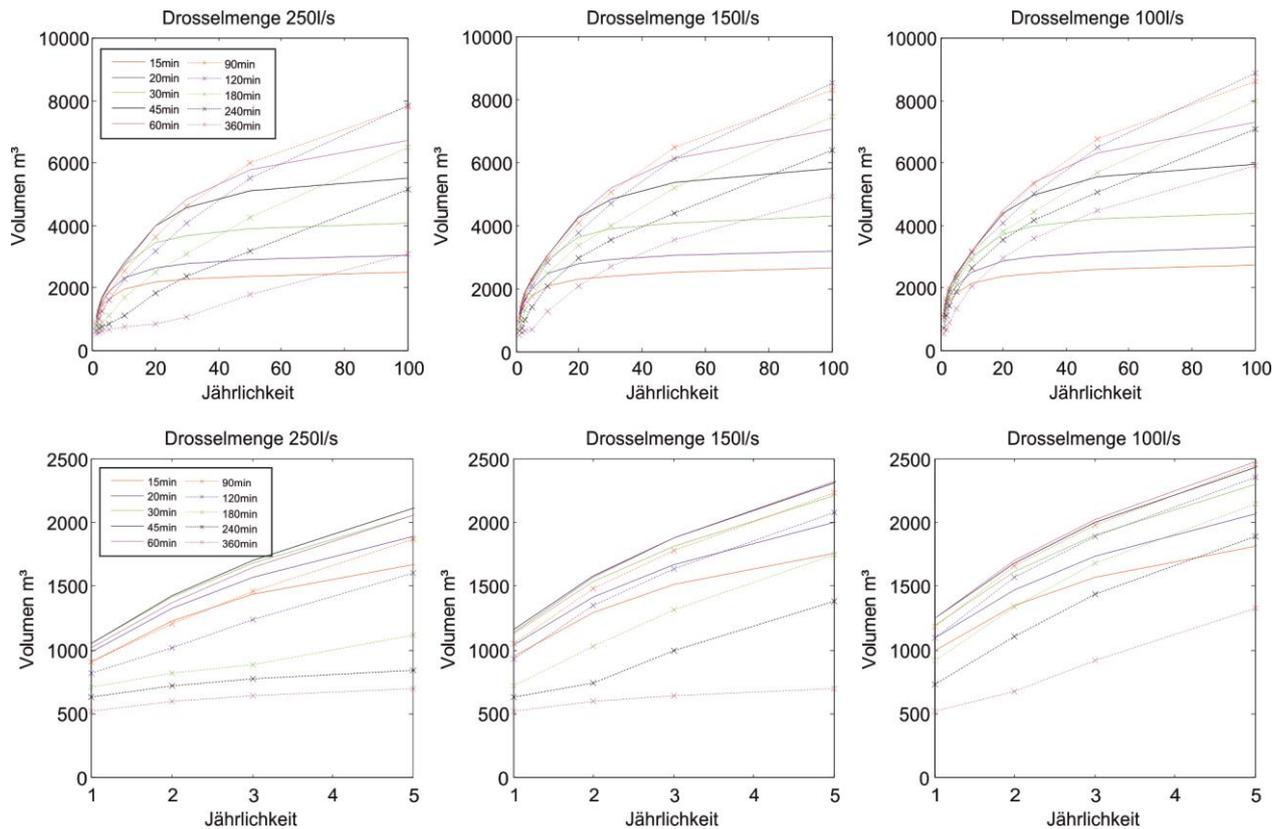


Abbildung 2: Erforderliches Speichervolumen für die Drosselmengen (250l/s, 150l/s, 100l/s) für unterschiedlicher Dauerstufen (15 min – 360 min) in Abhängigkeit der Jährlichkeit (oben 1 bis 100 Jahre, unten 1 bis 5 Jahre)

Aus den oberen 3 Diagrammen in Abbildung 2 wird ersichtlich, dass sich insbesondere für geringere Regendauern das erforderliche Volumen einem Grenzwert nähert. z.B. für eine Regendauer von 15min wird bei allen Drosselmengen ein maximales Volumen von in etwa 2.500m³ benötigt. Dieser Wert bleibt dabei für Jährlichkeiten über 10 Jahren annähernd konstant. Dies bedeutet, dass ab einem Regen von ca. $r_{15,10}$ die maximale Abflusskapazität des Entwässerungssystems erreicht wird. Durch eine weitere Steigerung der Jährlichkeiten und somit der Niederschlagsintensitäten, wird kein zusätzlicher Abfluss mehr im Kanalsystem erzeugt, sondern der darüber hinausgehende Regenabfluss gelangt nicht mehr ins System sondern wird oberflächlich abtransportiert. Dieses hydraulische Verhalten ist analog zu den in Tabelle 2 bzw. Tabelle 3 dargestellten maximalen Netzkapazität. Für größere Dauerstufen und kleineren Drosselmengen (150l/s und 100l/s) wurden mit einer Jährlichkeit von bis zu 100 Jahren, diese Netzkapazität noch nicht erreicht.

In Abbildung 3 sind die erforderlichen Speichervolumina in Abhängigkeit von der Dauerstufe dargestellt. Damit kann die maßgebende Dauerstufe für unterschiedliche Jährlichkeiten und Drosselmengen ermittelt werden. Während bei einer Jährlichkeit von 100 Jahren eine Dauerstufe von 120 min maßgebend ist, ist für eine Jährlichkeit von 5 in Abhängigkeit von der Drosselmenge eine Dauerstufe zwischen 45 und 60 min maßgebend (siehe auch Tabelle 4). Die Unterschiede zum vereinfachten Verfahren nach Abschnitt 3.1 (Erreichen der Netzkapazität bereits bei Jährlichkeit 5 und Dauerstufe 20 Minuten) ergibt sich aus dem detaillierteren Berechnungsverfahren der hydrodynamischen Simulation. Bei dieser können Speichereffekte im System berücksichtigt werden. Ebenso werden die Prozesse der Niederschlagabflussbildung sowie der Abflusskonzentration besser abgebildet.

In Tabelle 4 sind die maximalen Volumina für eine Jährlichkeit von 5 Jahren für unterschiedliche Dauerstufen ausgewertet. Für die unterschiedlichen Drosselmengen ergeben sich 4.016m³, 4.566m³ bzw. 4.858m³ erforderliches Speichervolumina. Der Vergleich mit Tabelle 3 zeigt, dass die bestimmten Retentionsvolumina in einer ähnlichen Größenordnung liegen, die Unterschiede nehmen mit höherem Drosselabfluss zu, liegen aber unter 10%.

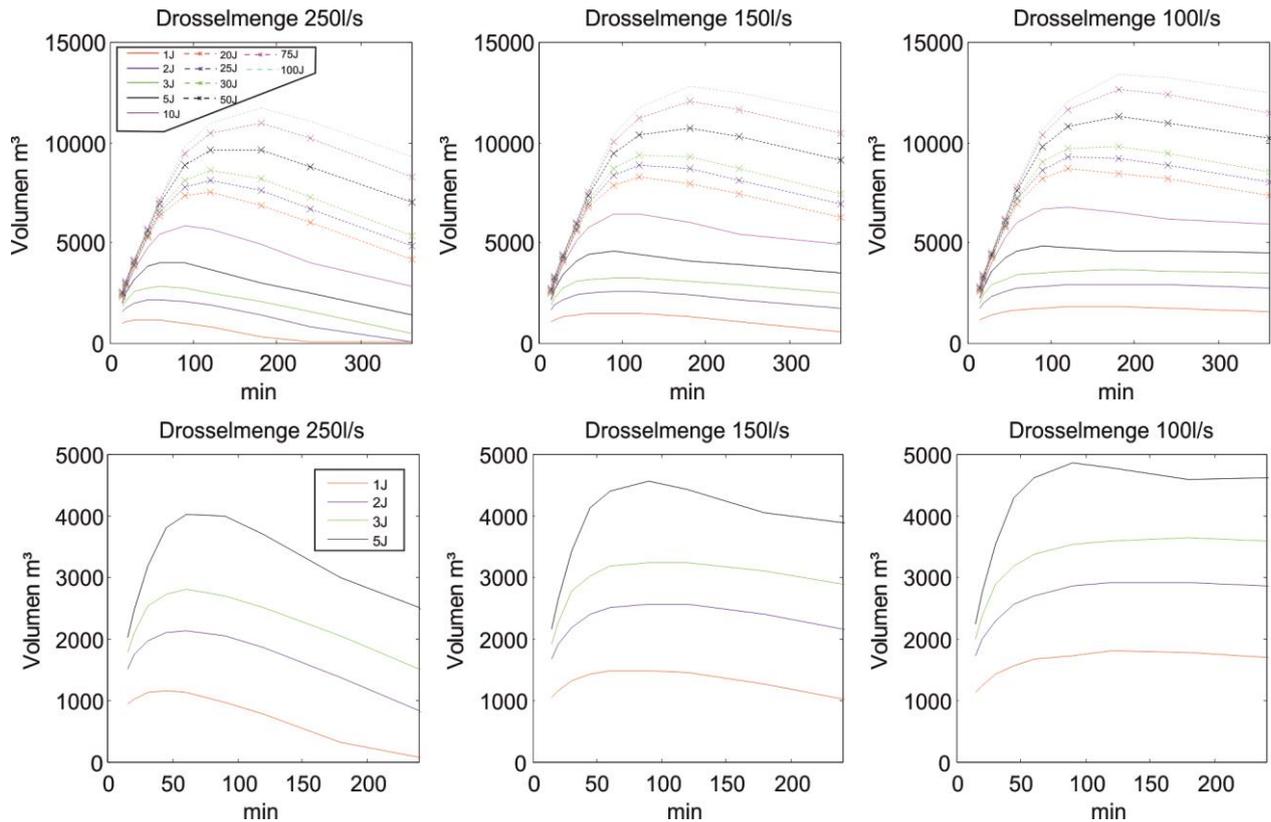


Abbildung 3: Erforderliches Speichervolumen für die Drosselmengen (250l/s, 150l/s, 100l/s) und unterschiedlichen Jährlichkeiten (oben 1 -100 Jahre, unten 1 – 5 Jahre) in Abhängigkeit von der Dauerstufe (oben 15 min – 360 min, untern 15 min – 90 min)

Tabelle 4: Erforderliches Speichervolumen für Blockregenauswertungen bei Jährlichkeit 5 Jahre

	erforderliches Volumen m ³		
	250 l/s	150 l/s	100 l/s
15 min	2.016	2.166	2.250
20 min	2.475	2.653	2.751
30 min	3.187	3.420	3.545
45 min	3.809	4.124	4.292
60 min	4.016	4.412	4.621
90 min	4.005	4.566	4.858
120 min	3.694	4.420	4.794
180 min	2.994	4.051	4.593
240 min	2.506	3.900	4.613
360 min	1.399	3.472	4.530

3.3 Hydrodynamischen Simulation mit 15 Jahren Regenkontinuum

In einem letzten Schritt wird eine hydrodynamische Simulation mit einem 15jährigen Regenkontinuum durchgeführt. Dadurch kann nun eine statistische Auswertung der Simulationsergebnisse erfolgen. In Abbildung 4 sind die Ereignisse im Beobachtungszeitraum als kumulative Verteilungsfunktion dargestellt. Für die verschiedenen Drosselmengen (250l/s, 150l/s und 100l/s) und unterschiedliche Volumina kann somit die Auftretenswahrscheinlichkeit bestimmt werden. Aufgrund der hohen Variation der Ergebnisse über den Beobachtungszeitraum, sind die Ergebnisse in drei unterschiedlichen Skalierungen dargestellt.

In Abbildung 4 links sind alle auftretenden Regenereignisse dargestellt. Den größten Teil der Zeit kommt es unabhängig vom Drosselvolumen zu sehr geringen genutzten Retentionsvolumina (Drosselabfluss wird nicht erreicht). In Abbildung 4 Mitte, sind Ereignisse mit geringeren Auftretenswahrscheinlichkeiten dargestellt. Für eine Drosselmenge von 100l/s wird im Durchschnitt 7 mal pro Jahr ein Retentionsvolumen von 500m³ oder mehr benötigt während bei einer Drosselmenge von 250l/s ähnliche Retentionsvolumen nur etwa 2 mal pro Jahr benötigt wird. In Abbildung 4 rechts sind die größten Ereignisse dargestellt. Ereignisse die statistisch alle 3 Jahre auftreten benötigen ein Retentionsvolumen von 1.540m³, 1.810m³ bzw. 2.074m³ für die Drosselmengen 250l/s, 150l/s und 100l/s.

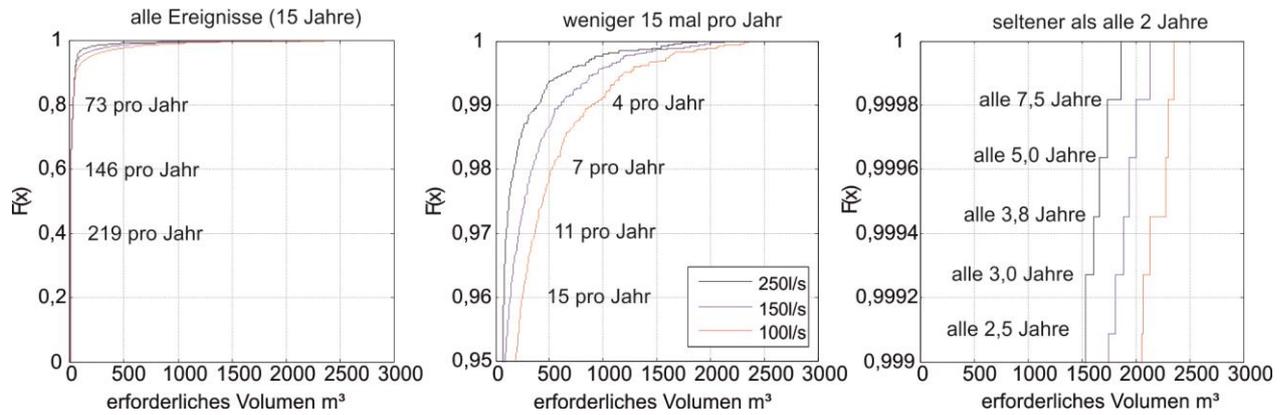


Abbildung 4: Erforderliches Speichervolumen für die Drosselmengen (250l/s, 150l/s, 100l/s) für Langzeitserie 15Jahre

In Tabelle 5 sind die 10 größten Ereignisse (Jährlichkeiten $\geq 1,5$ Jahre) samt Datum des Ereignisses aufgelistet. Die Jährlichkeiten wurden durch Sortieren und anschließendem Zuweisen eines Ranges ermittelt. Das größte Ereignis mit dem Rang $k=1$, hat eine Jährlichkeit 15 (Regensserie $T=15$ Jahre). Das drittgrößte Ereignis ($k=3$) hat eine Jährlichkeit von 3 (T/k).

Es handelt sich dabei ausschließlich um Ereignisse zwischen Mai und September. Nur bei einer Drosselmenge von 100l/s tritt ein Ereignis im Dezember auf. Für eine Jährlichkeit von 5 Jahren, werden Retentionsvolumina von 1.665m³, 1.944m³ und 2.277m³ für Drosselmengen von 250l/s, 150l/s und 100l/s berechnet.

Tabelle 5: Erforderliches Speichervolumen für Regenkontinuumssimulation

Jährlichkeit	Drossel 250l/s		Drossel 150l/s		Drossel 100l/s	
	Datum	m ³	Datum	m ³	Datum	m ³
15,0	10.06.1996	1.871	10.06.1996	2.131	22.12.1991	2.354
7,5	08.07.1991	1.740	29.08.1999	2.000	29.08.1999	2.306
5,0	29.08.1999	1.665	08.07.1991	1.944	10.06.1996	2.277
3,8	02.08.1994	1.608	02.08.1994	1.893	11.07.1993	2.134
3,0	21.07.2003	1.540	21.07.2003	1.810	08.07.1991	2.074
2,5	22.07.1992	1.539	22.07.1992	1.751	02.08.1994	2.055
2,1	18.07.1998	1.461	18.07.1998	1.592	21.07.2003	1.962
1,9	28.06.2003	1.325	28.06.2003	1.491	22.07.1992	1.876
1,7	29.05.1995	1.153	29.05.1995	1.454	23.08.2005	1.851
1,5	24.07.2003	1.150	27.07.2003	1.404	18.07.1998	1.666

Nach [6] ist für die Auswertung solcher Sonderfälle darauf zu achten, ob es sich um eine homogene statistische Verteilung handelt. Beispielsweise könnten im Beobachtungszeitraum auch mehrere Ereignisse mit wesentlich höheren Jährlichkeiten aufgetreten sein. Eine homogene Verteilung kann in einer logarithmischen Darstellung der Retentionsvolumina in Abhängigkeit von den Jährlichkeiten überprüft werden. Die in Abbildung 5 dargestellte Verteilung der Ereignisse zeigt keine Ausreißer (annähernd lineare Verteilung). Für einen weiteren Vergleich der Ergebnisse mit den unterschiedlichen Berechnungsverfahren, werden die Ereignisse bzw. die daraus bestimmten Retentionsvolumina mit Jährlichkeit 5 betrachtet.

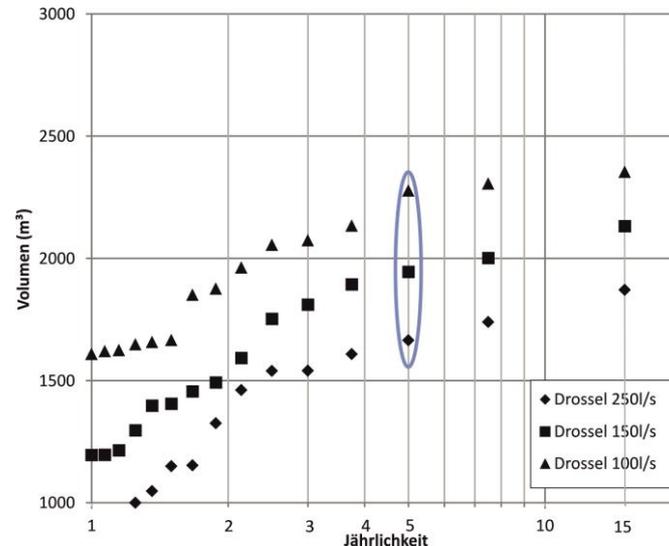


Abbildung 5: Auswertung Sonderfälle (250l/s, 150l/s, 100l/s) für Langzeitserie 15Jahre

3.4 Vergleiche und Diskussion der Ergebnisse

Für die Fallstudie ergibt sich ohne genaueren Nachweis ein erforderliches Retentionsvolumen von 3.390m³ (derzeitige gängige Praxis für spezifisches Retentionsvolumen von 300m³/ha). Dieses berechnete Retentionsvolumen ist unabhängig von der Drosselmenge und der Jährlichkeit. Dieses Ergebnis wird nun den Ergebnissen verschiedener Berechnungsverfahren mit unterschiedlichen Komplexitäten mit einer Jährlichkeit von 5 gegenüber gestellt (Tabelle 6). Bei allen komplexeren Verfahren hat die Wahl der Drosselmenge einen beträchtlichen Einfluss auf das Retentionsvolumen. Während das vereinfachte Verfahren (Abschnitt 3.1) vergleichbare Ergebnisse zur hydrodynamischen Simulation mit Blockregenereignissen (Abschnitt 3.2) liefert, errechnet sich mit der Langzeitsimulation (Abschnitt 3.3) für alle Drosselmengen ein um ca. Faktor 2 geringeres Volumen. Neben den erforderlichen Retentionsvolumina, ist auch die Dauerstufe bzw. die Länge des realen Regenereignisses welches das maximale Retentionsvolumen aktiviert von Interesse. Die maßgebenden Regendauern liegen zwischen 60min und 180min. Da im Entwässerungssystem Fließzeiten von unter 15min auftreten, kommt es hier näherungsweise zu keiner weiteren Verzögerung der Abflussspitze aus dem Retentionsbecken. Die Abflussspitzen im Vorfluter treten auf Grund der Einzugsgebietsgröße jedoch mehrere Stunden später auf bzw. sind andere Regendauern maßgebend.

Tabelle 6: Erforderliches Speichervolumen bei Jährlichkeit 5 Jahre

	250 l/s		150 l/s		100 l/s	
	V (m ³)	D (min)	V (m ³)	D (min)	V (m ³)	D (min)
Vereinfachtes Verfahren	3.659	60	4.325	120	4.847	180
Blockregen (ehyd) hydrodynamisch	4.016	60	4.566	90	4.858	90
Regenkontinuum hydrodynamisch	1.665	120	1.944	120	2.277	120

Geht man davon aus, dass die Langzeitsimulation mit einem Regenkontinuum die realistischsten Ergebnisse liefert, dann wird durch alle vereinfachten Verfahren das Retentionsvolumen massiv überschätzt. Diese würde zu unnötigen Baukosten für ein Becken führen, welches nur bei sehr großen Jährlichkeiten (>15 Jahre) gefüllt wird. Die Investition in detaillierte Planungsleistungen ist bei Betrachtung des Einsparpotentials in der Baumasse also auf jeden Fall gerechtfertigt. Für die Hochwasserabflüsse im Vorfluter ist jedoch zu beachten, dass bei einer Auslegung des Retentionsbeckens auf ein 5jähriges Ereignis bei größeren Jährlichkeiten eine Notentlastung zusätzlich zum Drosselablauf stattfindet.

4 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, wie alpiner Hochwasserschutz im Gewässer und Bemessung von Anlagenteile in der Urbanhydrologie optimal aufeinander abgestimmt werden können. Während die Vorgaben

für den Hochwasserschutz sowie auch für Anlagenteile aus der Urbanhydrologie klar definiert sind, tritt an den Schnittstellen zwischen den beiden Systemen die Fragestellung einer geeigneten Jährlichkeit bzw. Berechnungsmethodik auf.

Basierend auf einfachen Bilanzierungen und hydrodynamischen Langzeitmodellrechnungen wurde untersucht, unter welchen Bedingungen ein maximales Retentionsvolumen auftritt. Für diese Fragestellung wurde der Begriff der maximalen Netzkapazität definiert. Da Dimensionierungsrichtlinien für eine Regenwasserkanalisation dieser Art Jährlichkeiten von 1-2 Jahren vorsehen, hat das Entwässerungsnetz nur eine begrenzte Abflusskapazität. Die Auslastung des nachfolgenden Retentionsbeckens ist also maßgebend durch diese Netzkapazität beeinflusst. Eine Auslegung des Retentionsbeckens auf zu große Jährlichkeiten, bringt keine Verbesserung da es nicht aktiviert werden kann.

Für den Hochwasserschutz ist die Schaffung von Retentionsvolumen von großer Bedeutung da jede Befestigung von Flächen eine ungünstige Auswirkung auf das Abflussgeschehen hat. Dennoch ist es wichtig, dass das errichtete Retentionsvolumen auch tatsächlich genutzt werden kann.

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass an der Schnittstelle zwischen Regenwasserkanalisation und Vorfluter in Form eines Retentionsbeckens das Volumen nur bis zu einem gewissen Ausmaß aktiviert werden kann. Geht man davon aus, dass die Langzeitsimulation mit einem Regenkontinuum die realistischsten Ergebnisse liefert, dann wird durch vereinfachte Berechnungsverfahren das Retentionsvolumen massiv überschätzt. Diese würde zu unnötige Baukosten für ein Becken führen. Des Weiteren sind die maßgebenden Regendauern für das Retentionsvolumen zwischen 60min und 180min. Da im Entwässerungssystem Fließzeiten von unter 15min auftreten, kommt es hier näherungsweise zu keiner weiteren Verzögerung der Abflussspitze aus dem Retentionsbecken. Die Abflussspitzen im Vorfluter treten auf Grund dessen Einzugsgebietsgröße jedoch mehrere Stunden später auf bzw. sind andere Regendauern maßgebend.

5 Literatur

- [1] W. Rauch, M. Kleidorfer, und S. Fach, "Vom Bleistift zum Prozessor: Wandel der Modelle in der Siedlungsentwässerung (From the pencil to the processor: Change in the modelling of urban sewerage systems)," *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, vol. 62, pp. 43-50, 2010.
- [2] S. Coutu, D. Del Giudice, L. Rossi, und D. A. Barry, "Parsimonious hydrological modeling of urban sewer and river catchments," *Journal of Hydrology*, vol. 464, pp. 477-484, Sep 25 2012.
- [3] *Richtlinie für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen* 2009.
- [4] J. Sartor, "Die gleichzeitige Auftretswahrscheinlichkeit hoher Abflüsse in Kanalisationsnetzen und Fließgewässern," *Wasser und Boden*, vol. 8, pp. 24-28, 1998.
- [5] *Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung*, 2004.
- [6] Arbeitsblatt DWA-A117, "Bemessung von Regenrückhalteräumen," *Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef*, 2006.
- [7] G. Burger, R. Sitzenfrei, M. Kleidorfer, und W. Rauch, "Parallel flow routing in SWMM 5," *Environmental Modelling & Software*, vol. 53, pp. 27-34, 2014.
- [8] R. Sitzenfrei, M. Möderl, E. Fritsch, und W. Rauch, "Schwachstellenanalyse bei Mischwasseranlagen für eine sichere Bewirtschaftung," *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, vol. 64, pp. 293-299, 2012/04/01 2012.