

Was taugen die gebräuchlichen Berechnungsansätze zur Gefährdungsanalyse in urbanen Gebieten?

Lothar Fuchs, Nane Schmidt

Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover

Kurzfassung

Starkniederschläge in urbanen Gebieten gehen oftmals mit enormen Sachschäden und dem Verlust von Menschenleben einher. Um bereits im Vorfeld überflutunggefährdete Bereiche zu ermitteln und entsprechende Vorsorgemaßnahmen ableiten zu können, werden vermehrt Gefährdungsanalysen durchgeführt. Im Folgenden werden drei verschiedene Berechnungsansätze für hydraulische Gefährdungsanalysen in Gebieten mit flacher und steiler Topographie untersucht:

- (1) Berechnung des Kanalnetzes unter Berücksichtigung der Oberflächenüberflutung mit HYSTEM-EXTRAN 2D (HE 2D) und der Annahme, dass sämtliches Regenwasser von den angeschlossenen Flächen direkt in den Kanal gelangt,
- (2) wie Ansatz 1, allerdings gelangt das Regenwasser nur von den Dachflächen direkt in den Kanal, bei den anderen Flächen findet die Abflussbildung im 2D-Oberflächenmodell statt,
- (3) Berechnung des Oberflächenabflusses ohne Berücksichtigung des Kanalnetzes mit HE 2D. Hierfür wird der Niederschlag um einen Anteil reduziert, welcher der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes entspricht.

Die Ansätze 1 und 2 verhalten sich, unabhängig von der Topographie des Untersuchungsgebietes, im Straßenbereich ähnlich. In Ansatz 1 befindet sich der gesamte Effektivniederschlag im Kanalnetz, im Gegensatz dazu verbleibt im Ansatz 2 Oberflächenwasser in Geländesenken abseits der Straßen. Folglich wird dem Kanalnetz in Ansatz 1 zu viel Oberflächenwasser zugeführt. Beim Vergleich von Ansatz 2 und 3 stellen sich vor allem in den Bereichen auf den Straßen andere Verhältnisse ein, da der Einfluss des Kanalnetzes fehlt. Folglich birgt Ansatz 3 die Gefahr, dass die real kritischen Bereiche auf den Straßen nicht erkannt werden. Durch den Vergleich der verschiedenen Berechnungsansätze wird gezeigt, dass für eine aussagekräftige und befriedigende hydraulische Gefährdungsanalyse die Kopplung von Kanalnetzmodell

und Oberflächenabflussmodell unverzichtbar ist und die traditionelle Berechnungsweise des direkten Anschlusses der Flächen zu falschen Aussagen führt.

1 Einleitung

Hydrodynamische Kanalnetzrechnung dient seit mehr als 40 Jahren zum Nachweis der Leistungsfähigkeit städtischer Kanalnetze. Anfänglich war der Einsatz dieser Modelle nur auf Großrechnern möglich, aber mit dem Aufkommen der PC's ("Mikrocomputer in der Stadtentwässerung") in den achtziger Jahren fanden diese Modelle Eingang in die Ingenieurpraxis. Die Abkehr von den reinen Bemessungsansätzen – Nachweis des Vollfüllungsabflusses – war dann konsequent und der Überstaunachweis – Wasserspiegellage in Höhe der Geländeoberkante – fand Eingang in die entsprechenden ATV/DWA Arbeitsblätter. Um den gewohnten Entwässerungskomfort zu halten, war es erforderlich die Häufigkeiten für den Überstaunachweis anzupassen. Auch wenn die hydrodynamischen Modelle auf dem Saint Venant'schen Differentialgleichungssystem beruhen, welches für den Freispiegelabfluss seine Gültigkeit hat, wurden diese auch für den Druckabfluss in städtischen Entwässerungssystem eingesetzt. Ermöglicht wurde dies durch trickreiche Lösungsansätze und der Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Wasserständen im Druckabflussbereich zeigte, dass dieser Ansatz in vielen Fällen zulässig ist.

So weitgehend exakt der Abfluss im Kanalnetz nachgebildet werden kann - abgesehen von den immer vorgenommenen Vereinfachungen oder Annahmen hinsichtlich Rauheit, Ablagerungen, lokalen Verlusten, etc. - umso ungenauer lassen sich die Vorgänge auf der Oberflächen beschreiben. Gängige Praxis ist es, die an das Kanalnetz angeschlossenen Flächen haltungsweise zusammenzufassen und hierfür pauschale Parameter für Benetzungs- und Muldenverluste sowie für die Infiltrationskapazität anzusetzen. Mehr und mehr werden jedoch die Flächen feiner differenziert betrachtet und auch die Parameter entsprechend differenziert angesetzt. Der somit ermittelte Abfluss wird dann transformiert mittels Einheitsganglinienverfahren, Speicherkaskade oder ähnlichen Ansätzen dem Kanalnetz zugeführt.

Hier stellt sich nunmehr die Frage, ob diese Vorgehensweise bzw. Modellierung auch zulässig ist, wenn wir nunmehr für Gefährdungsanalysen die Kanalnetzmodelle mit Modell- oder Naturregen mit Wiederkehrzeiten von 30 oder 50 Jahren belasten oder ob für diese Wiederkehrzeiten das Kanalnetzmodell überhaupt noch benötigt wird und nicht die Nachbildung des reinen Oberflächenabflusses ausreichend ist.

Im Folgenden werden drei unterschiedliche Berechnungsansätze (BA für eine hydraulische Gefährdungsanalyse sowohl für ein flaches als auch für ein steiles Gebiet verglichen:

BA 1: Direkter Anschluss der Flächen an das Kanalnetz (traditionelle Berechnungsweise) und Berechnung der Überflutung auf der Oberfläche ausgehend vom Überstau an den Schächten;

BA 2: Direkter Anschluss lediglich der Dachflächen an das Kanalnetz, bei allen anderen Flächen findet die Abflussbildung und -konzentration auf der Oberfläche in den Berechnungszellen des 2D Oberflächenmodells statt;

BA3: Berechnung nur des Oberflächenabflusses ohne Berücksichtigung des Kanalnetzes mit dem 2D Oberflächenmodell

2 Beschreibung der verwendeten Simulationsmodelle und der Berechnungsansätze

2.1 Simulationsmodell HYSTEM-EXTRAN (HE)

Das Softwarepaket HE besteht aus zwei Programmkomponenten. HYSTEM dient zur hydrologischen Berechnung des Oberflächenabflusses und das Transportmodell EXTRAN der hydrodynamischen eindimensionalen Berechnung des Abflusstransportes im Kanalnetz. Die beiden Komponenten sind implizit miteinander gekoppelt. HE berechnet die hydraulischen Grundgrößen Durchfluss und Wasserstand und den Schmutzfrachttransport von der Oberfläche sowie im Kanalnetz. In diesem Ansatz sind die Flächen direkt an das Kanalnetz angebunden, der Oberflächenabfluss wird somit direkt dem Kanalnetz zugeführt.

2.2 Simulationsmodell HYSTEM-EXTRAN 2D (HE2D)

HYSTEM-EXTRAN 2D (HE 2D) ist eine Erweiterung des Softwarepaketes HYSTEM-EXTRAN und dient zur hydraulischen zweidimensionalen Simulation des Abflusses auf der Oberfläche. Optional kann auch die Berechnung der Abflussbildung innerhalb des 2D-Modells erfolgen. HE 2D verwendet den Diffusionswellenansatz, eine Vereinfachung der Flachwassergleichung, optional auch die vollständigen Flachwassergleichungen, zur Berechnung von Wasserständen und Fließgeschwindigkeiten (HYSTEM-EXTRAN 2D Modellbeschreibung, 2014)

Während bei HYSTEM-EXTRAN in Überlastungsphasen das Wasser durch Überstau

aus dem System austritt und bei freier Kapazität am gleichen Schacht zurückgeführt werden kann, sind bei HE 2D das Kanalnetz- und Oberflächenmodell bidirektional gekoppelt. Zwischen dem Oberflächenabflussmodell und dem Kanalnetzmodell erfolgt ein Volumenaustausch an Knotenpunkten, Schächten oder Straßeneinläufen. Die Knotenpunkte verfügen über virtuelle Austauschspeicher, welche temporär Wasservolumina vorhalten können. Die Interaktion zwischen Oberflächenabfluss- und Kanalnetzmodell findet zwischen zwei aufeinander folgenden Zeitschritten über die Knotenpunkte statt. Überstauvolumen wird über die virtuellen Austauschspeicher dem Oberflächenabflussmodell zugeführt und den entsprechenden Zellen des Oberflächenabflussmodells zugeordnet. Der Zustrom in das Kanalnetz wird durch eine maximale Aufnahmefähigkeit der Straßeneinläufe begrenzt.

2.3 Berechnungsansätze

Berechnungsansatz 1 (BA1)

Im BA 1 erfolgt die Simulation des Niederschlag-Abfluss-Prozesses und der Oberflächenüberflutung mit HYSTEM-EXTRAN 2D unter der Annahme, dass sämtliches Regenwasser von den angeschlossenen Flächen direkt in den Kanal gelangt. Die Abflussbildung und -konzentration erfolgt für die unterschiedlichen Oberflächencharakteristika nach den gängigen Verfahren. Sofern der von der Oberfläche kommende Abfluss nicht vom Kanalnetz aufgenommen werden kann, wird das überschüssige Abflussvolumen als Überstauvolumen ausgewiesen und auf der Oberfläche zwischengespeichert. Durch die Koppelung des Kanalnetzmodells mit dem 2-dimensionalen Oberflächenmodell kann die Ausbreitung des am Schacht anstehenden Überstauvolumens auf der Oberfläche berechnet werden.

Berechnungsansatz 2 (BA2)

Hier erfolgt die Berechnung des Kanalnetzes unter Berücksichtigung der Oberflächenüberflutung mit HYSTEM-EXTRAN 2D unter der Annahme, dass sämtliches Regenwasser von den angeschlossenen Flächen nicht direkt in den Kanal gelangt, sondern differenziert berücksichtigt wird. Der Abfluss von den Dachflächen ist direkt an das Kanalnetz angeschlossen und wird unter Berücksichtigung der Abflusskonzentration durch den Ansatz einer Speicherkaskade direkt dem Kanalnetz zugeführt. Sämtliche anderen Flächen sind nicht direkt an das Kanalnetz angeschlossen, sondern die Abflussbildung erfolgt in den einzelnen Berechnungszellen des Oberflächenmodells und die Abflusskonzentration mit dem 2-dimensionalen Ansatz.

Berechnungsansatz 3 (BA3)

Im BA 3 wird die Abflussbildung und der Abfluss auf der Oberfläche für alle Flächenarten wie im BA 2 berechnet. Sämtlicher Abfluss findet nur auf der Oberfläche statt und wird durch den 2-dimensionalen Ansatz berechnet. Das Kanalnetz wird in diesem Ansatz nicht direkt berücksichtigt. Damit dieser Ansatz zum Vergleich genutzt werden kann, wird die Niederschlagshöhe entsprechend der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes reduziert. Ziel dieses Ansatzes ist es zu prüfen, ob sich auch ohne die Betrachtung des Kanalnetzes ähnliche Ergebnisse auf der Oberfläche einstellen und ob dieser Ansatz den verbreiteten GIS-Ansätzen überlegen ist.

3 Betrachtete Einzugsgebiete und Niederschlagsbelastung

Zum Vergleich der Berechnungsansätze wurden zwei unterschiedliche Einzugsgebiete gewählt. Ein Gebiet mit flacher und eins mit steiler Topographie, da anzunehmen ist, dass sich das Abflussgeschehen abhängig von der Geländeneigung unterscheidet.

Das flache Untersuchungsgebiet weist ein durchschnittliches Gefälle von weniger als 2 % auf. Die gesamte Einzugsgebietsfläche beträgt 128 ha wovon 46 ha befestigt sind. Die gesamte Kanalnetzlänge beträgt ca. 12,3 km.

Das steile Untersuchungsgebiet weist ein durchschnittliches Gefälle von ca. 10% auf. Die gesamte Einzugsgebietsfläche beträgt ca. 86 ha, wovon ca. 21 ha befestigt sind. Die gesamte Kanalnetzlänge beträgt ca. 10 km.

Als Niederschlagsbelastung wurde ein Modellregen mit einer Häufigkeit von 0,02 bzw. Jährlichkeit von 50 Jahren angesetzt. Die entsprechenden Niederschlagshöhen betragen 47 mm bzw. 43 mm in 60 min. Für den BA 3 wurden die einzelnen Werte der Niederschlagsintervall im flachen Gebiet um 20 % und im steilen Gebiet um 55 % reduziert. Bei der Berechnung wird von einer gleichmäßigen Überregnung des gesamten Gebietes ausgegangen.

4 Auswertung der Berechnungsergebnisse

4.1 Volumina

Das für die Berechnungen zur Verfügung stehende Volumen setzt sich aus dem Oberflächenzufluss, dem effektiven Regen, dem Anfangsvolumen im System und dem Trockenwetterzufluss zusammen. Von dem gesamten Volumen werden im Fol-

genden die Anteile an Abfluss, Austritt aus dem Kanalnetz, Eintritt in das Kanalnetz, Restvolumen im System, Abfluss vom 2D-Oberflächenmodell und Oberflächenzufluss ausgewertet. Die prozentuale Verteilung der Volumina ist der nachstehenden Tabelle 2 zu entnehmen.

Tab. 1: Volumenbilanz zum Vergleich der Berechnungsergebnisse

	Berechnungsansatz 1		Berechnungsansatz 2		Berechnungsansatz 3	
	Flaches Gebiet	Steiles Gebiet	Flaches Gebiet	Steiles Gebiet	Flaches Gebiet	Steiles Gebiet
Anteil 2D Oberflächenzufluss	0,00%	0,00%	61,46%	74,27%	100,00%	100,00%
Anteil Oberflächenzufluss	98,60%	98,57%	37,14%	23,90%	0,00%	0,00%
Anteil Überstau	52,73%	8,14%	12,74%	1,55%	0,00%	0,00%
Anteil Eintritt	20,04%	6,10%	24,64%	51,49%	0,00%	0,00%
Restvolumen auf Oberfläche	31,09%	5,34%	45,17%	12,45%	90,32%	37,49%
Abfluss	74,18%	95,86%	58,64%	87,95%	9,68%	62,51%
Abflüsse über Modellrand	2,31%	1,52%	5,07%	12,23%	9,68%	62,51%
Abflüsse über Auslässe	71,88%	94,34%	53,57%	75,73%	0,00%	0,00%

Das Austreten von Wasser aus dem Kanalnetz sowie das Eintreten von Oberflächenwasser in das Kanalnetz, sind nur in den Berechnungsansätzen 1 und 2 möglich. Während in BA 1 im flachen Gebiet etwa die Hälfte des gesamten Volumens aus dem Kanalnetz durch Überstau austritt, sind es in BA 2 nur noch 13 %. Das bedeutet, dass mit herkömmlichen Modellen das Überstauvolumen erheblich überschätzt wird.

Das Restvolumen setzt sich aus dem verbleibenden Volumen im Kanalnetz und dem auf der Oberfläche zusammen. Der Abfluss unterteilt sich in den Abfluss über den Modellrand des Oberflächenmodells und den Abfluss über Auslässe im Kanalnetz. Erwartungsgemäß bleibt bei den Ansätzen mit flächenhafter Abflussbildung deutlich mehr Volumen auf der Oberfläche stehen bzw. läuft sehr langsam dem Kanalnetz zu. Straßen besitzen ein gewisses Retentionspotenzial und somit wird in BA 1 das Überstauvolumen bis zu einem entsprechenden Wasserstand durch Bordsteinkanten im Straßenbereich gehalten. Da dem Kanalnetz in BA 1 der gesamte abflussbildende Niederschlag direkt zugeführt wird, stellt sich schneller ein Überlastungszustand ein, wodurch viel Wasser aus dem Kanalnetz in Form von Überstau austritt. Im flachen Gebiet tritt in BA 1 etwa die Hälfte des Gesamtzuflusses in Form von Überstau auf die Oberfläche und kann aufgrund des Überlastungszustands nur einen geringen

Anteil wieder aufnehmen. In dem BA 2 werden im Gegensatz zu dem BA 1 Gelände-senken abseits der Straßen direkt gefüllt und es verbleibt tendenziell deutlich mehr Abflussvolumen im Gebiet. In BA 1 gelangt das Niederschlagswasser im Allgemeinen nur auf die Straßenflächen und wird bei freier Kapazität wieder vom Kanalnetz aufgenommen. Im BA 2 hingegen ist das Kanalnetz im steilen Gebiet sogar in der Lage annähernd den kompletten Niederschlagsabfluss aufzunehmen. In BA 3 kann der Oberflächenabfluss der sich im Straßenbereich sammelt nur über die Straße abgeführt werden, da das Kanalnetz nicht berücksichtigt wird. Im flachen Gebiet verbleibt daher mit 90 % verglichen mit BA 2 das doppelte Volumen im Gebiet.

4.2 Wasserstände

Im Folgenden wird in erster Linie die Verteilung des Oberflächenwassers in den Straßenbereichen betrachtet, da anzunehmen ist, dass sich hier Unterschiede in den verschiedenen Berechnungsansätzen einstellen.

In Abbildung 2 ist der Anteil der Straßenflächen mit einem maximalen Wasserstand von $0,05 < h < 0,10$ m und $h > 0,10$ m für die einzelnen Berechnungsansätzen dargestellt. Die Grenze von 10 cm wurde gewählt, um vor allem in steilen Gebieten und damit einhergehenden höheren Fließgeschwindigkeiten die mögliche Sturzgefahr abschätzen zu können.

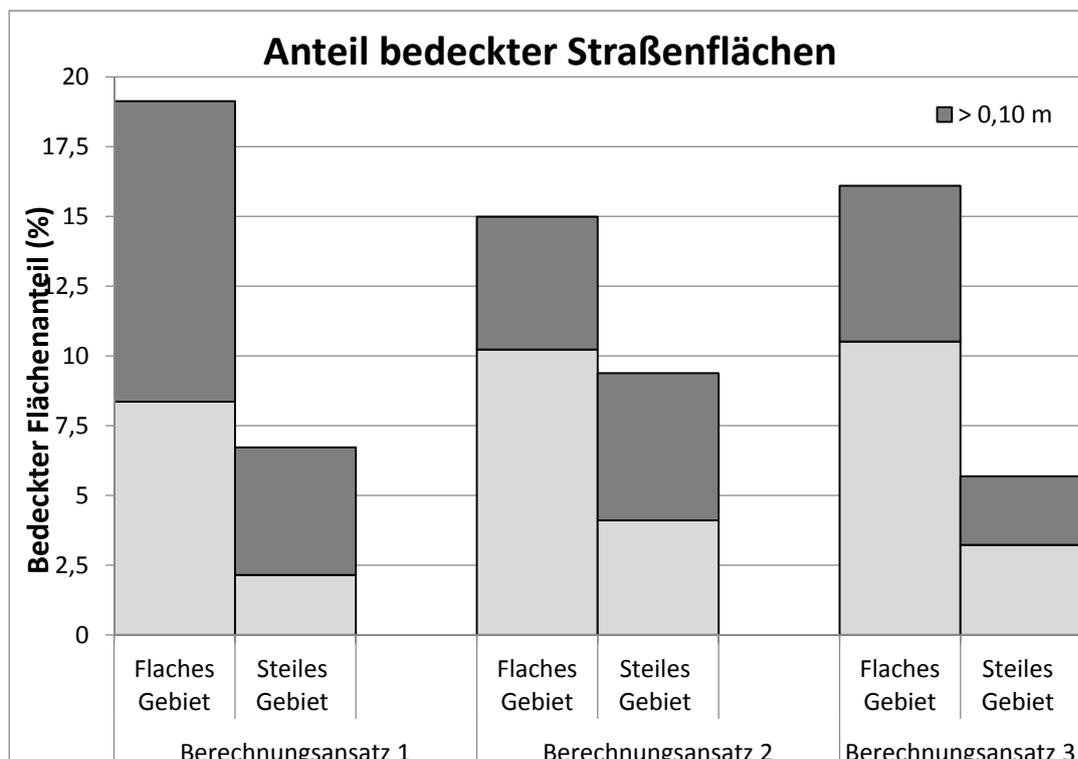


Abb. 2: Anteil der bedeckten Straßenflächen für $0,05 < h < 0,10$ m und $h > 0,1$ m

Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, dass bei allen Ansätzen der Anteil der mit Wasser bedeckten Straßenflächen im flachen Gebiet in der gleichen Größenordnung liegt. Im steilen Gebiet sind die Unterschiede größer. Deutliche Unterschiede ergeben sich für Wasserstände größer 10 cm. Erwartungsgemäß ist der Anteil im BA 1 am größten.

Aus der Abbildung 3 ist der Anteil der mit Wasser bedeckten Flächen abseits der Straßen für Wasserstände von $0,05 < h < 0,10$ m und $h > 0,10$ m ersichtlich.

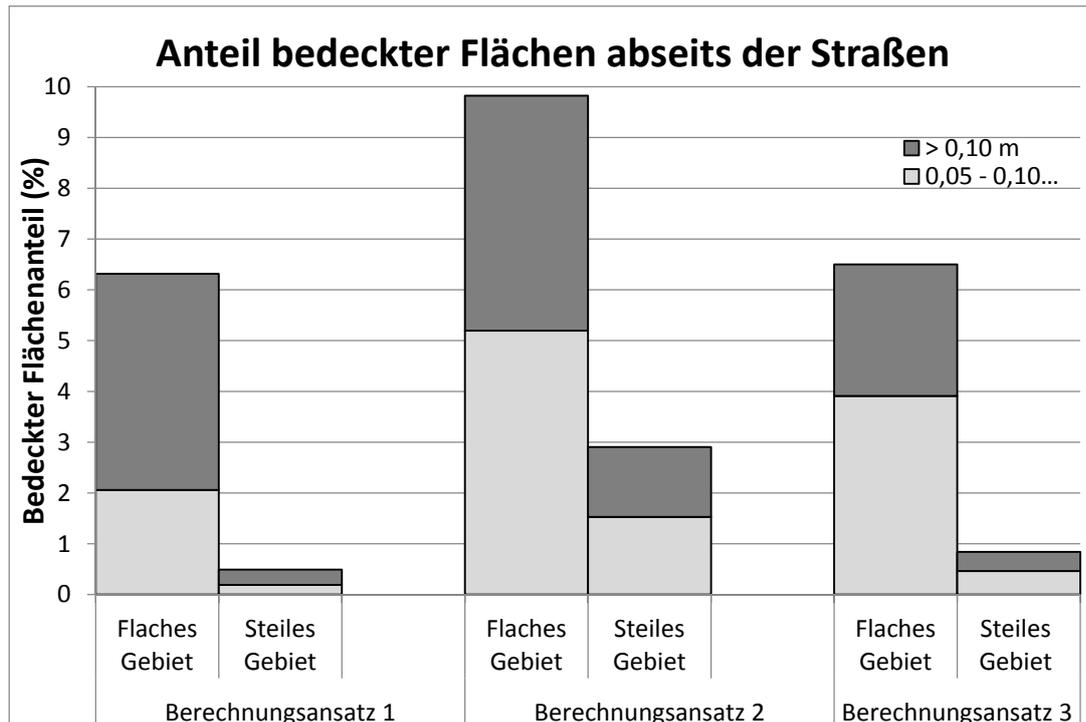


Abb. 3: Anteil der bedeckten Flächen abseits der Straßen für $0,05 < h < 0,10$ m und $h > 0,1$ m

Erwartungsgemäß stellen sich hier im BA 1 die geringsten Anteile ein. Im flachen Gebiet ist in BA 2 mit knapp 10 % der größte Anteil der Flächen abseits der Straßen mit einem Wasserstand von $h > 0,05$ m bedeckt, in BA 1 und 3 sind dies maximal 6,5 % der Flächen.

Für die Betrachtung von urbanen Starkniederschlägen sind insbesondere Maximalwerte interessant, da diese in der Regel mit einem hohen Schadenspotential einhergehen. Da in den Bereichen abseits der Straßen hohe Wasserstände zu erwarten sind, wurden diese für Wasserstände $h > 0,5$ m separat ausgewertet und deren Verteilung in Abbildung 4 dargestellt.

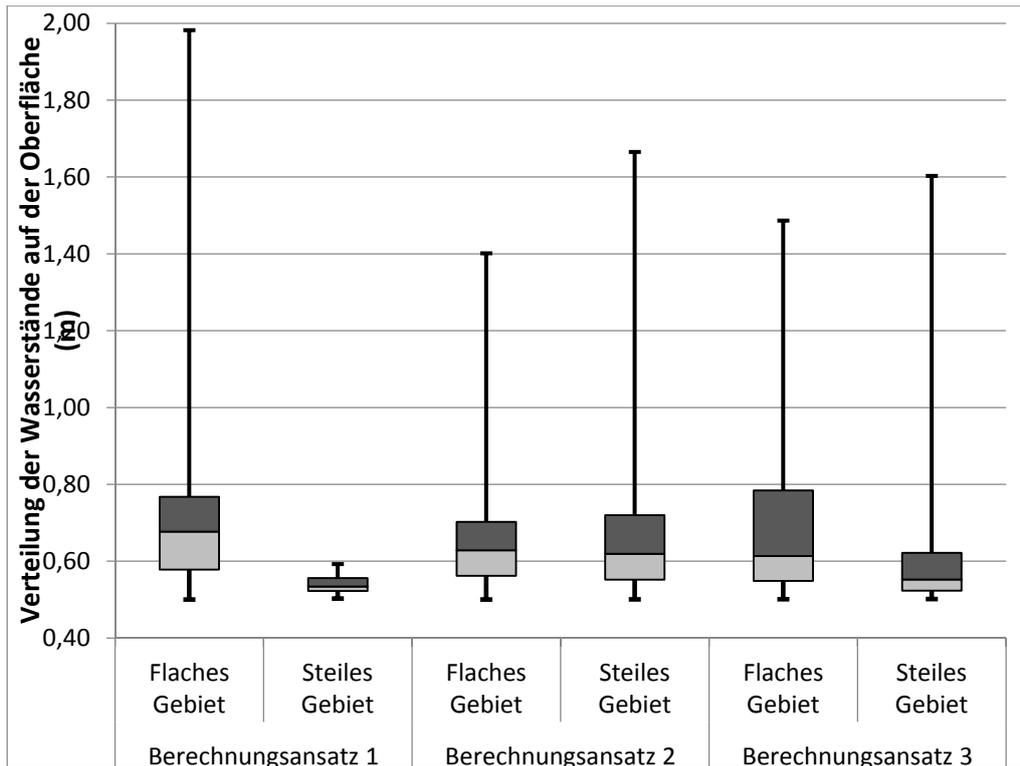


Abb. 4: Boxplot mit der Verteilung der Wasserstände abseits der Straßenflächen für $h > 0,5 \text{ m}$

Es ist erkennbar, dass außerhalb der Straßenflächen signifikant hohe Wasserstände auftreten. Erwartungsgemäß zeigen sich im BA 1 die größten Maximalwerte im flachen Gebiet.

Zusammenfassung Auswertung Wasserstände

Die Verteilung der Wasserstände im Straßenbereich variiert zwischen den Berechnungsansätzen. Bei den Berechnungsansätzen 2 und 3 handelt es sich um flächendeckenden Abfluss, weshalb die Verteilung der Wasserstände $0,05 < h < 0,10 \text{ m}$ und $h > 0,10 \text{ m}$ relativ ausgeglichen bzw. der Anteil der kleineren Wasserstände etwas höher ist. Der Oberflächenabfluss findet flächenhaft auf dem 2D-Oberflächenmodell statt und fließt dem Kanalnetz über Schächte und Straßeneinläufe zu. Ist das Kanalnetz ausgelastet, kann es kein Wasser von der Oberfläche aufnehmen und folglich steigen die Wasserstände im Straßenbereich. In BA 1 wird der gesamte Oberflächenabfluss direkt dem Kanalnetz zugeführt, tritt punktuell an den Schächten durch Überstau auf die Oberfläche und verteilt sich lokal. Wegen des lokal konzentrierten Austritts werden sowohl im flachen wie auch im steilen Gebiet in BA 1 die flächendeckend größten Wasserstände für $h > 0,10 \text{ m}$ erreicht. Auch variieren die Wasserstände in BA 1 in einem größeren Bereich.

Abseits der Straßen ist der Anteil der mit Wasser bedeckten Flächen für beide Untersuchungsgebiete in BA 2 am größten. Der Niederschlagsabfluss in BA 1 gelangt nur durch Überstau der Schächte auf die Straßenoberfläche, wird durch die Bordsteinkanten im Straßenbereich gehalten und kann nur bei großen Wasserständen naheliegende Geländesenken seitlich der Straßenbereiche erreichen. Im Vergleich zu den Berechnungsansätzen 2 und 3 ist der Anteil der Wasserstände $0,05 < h < 0,10$ m in BA 1 deutlich höher. Bei der Betrachtung der Verteilung aller Wasserstände $h > 0,50$ m ist festzustellen, dass in BA 3 des flachen Gebietes die mittleren 50 % der Daten deutlich mehr variieren und sich auch ein größerer Maximalwert einstellt als bei BA 2. Im steilen Gebiet ergeben sich für die Berechnungsansätze 2 und 3 flächenmäßig größere Wasserstände und auch deutlich größere Maximalwerte als für BA 1. Es ist zu vermuten, dass das durch Überstau auf die Oberfläche austretenden Wasser im steilen Gebiet nur begrenzt Bereiche abseits der Straßen füllt, stattdessen auf Grund des Straßengefälles aus dem überstauten Bereich wegfließt und in den folgenden Schächten bei freier Kapazität wieder in das Kanalnetz eintritt.

In der Abbildung 5 sind die Berechnungsergebnisse der verschiedenen Ansätze für das flache Gebiet farblich dargestellt. Deutlich werden die signifikanten Unterschiede zwischen dem BA 1 und 2 bzw. 3.

Auch im steilen Gebiet (Abbildung 6) sind Unterschiede erkennbar, auch wenn diese nicht so signifikant sind wie im flachen Gebiet. Sowohl im flachen wie auch im steilen Gebiet liefert der BA 1 unzureichende Ergebnisse. Inwiefern der BA 3 geeignet ist, die Überflutungsvorgänge mit ausreichender Genauigkeit darzustellen, bleibt zweifelhaft.

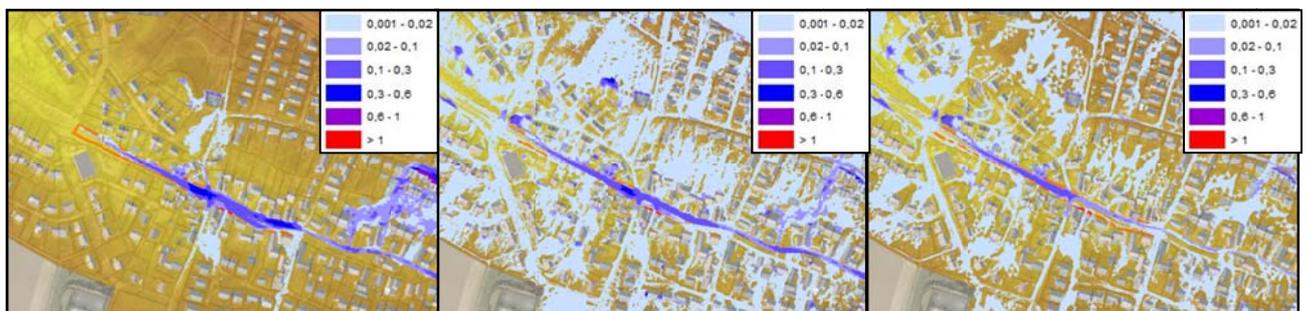


Abb. 5: Darstellung der Wasserstände im flachen Gebiet für die drei Berechnungsansätze (links BA 1, mittig BA 2, rechts BA 3)

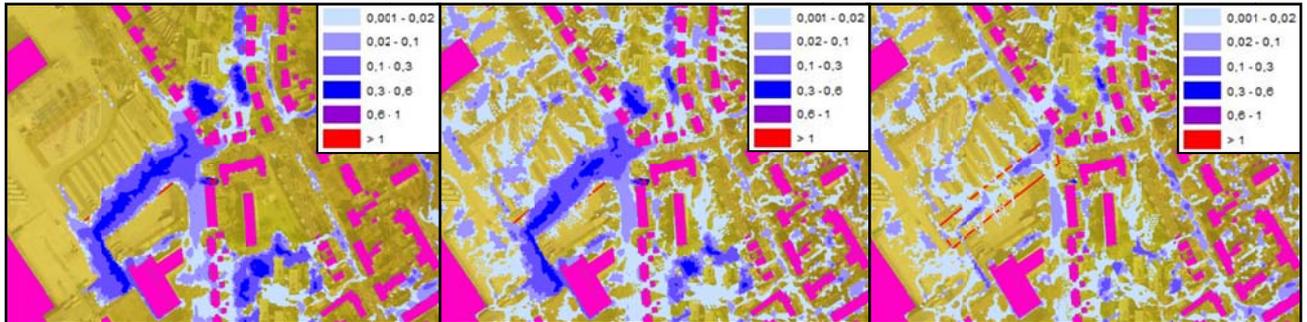


Abb. 6: Darstellung der Wasserstände im steilen Gebiet für die drei Berechnungsansätze (links BA 1, mittig BA 2, rechts BA 3)

5 Zusammenfassung

Der Vergleich der Berechnungsansätze zeigt insgesamt recht deutliche Unterschiede. Der Berechnungsansatz 1 führt zu signifikant größerem Überstau und demzufolge deutlich höheren Wasserständen auf der Straße. Die flächenhafte Berechnung der Abflussbildung und des Oberflächenabflusses mit einem zweidimensionalen Ansatz ist dringend erforderlich, um die Abflussvorgänge bei Überflutungen sachgerecht nachzubilden. Hier zeigen sich auch die Grenzen der "traditionellen" Kanalnetzbe-rechnung, bei der die Oberflächenabflüsse direkt dem Kanalnetz zugeführt werden. Hierdurch werden erheblich höhere Überstauungen ausgewiesen, weil der Oberflächenabfluss nicht sachgerecht berechnet wurde. Es ist zu erwarten, dass zukünftig der Oberflächenabfluss grundsätzlich mit zweidimensionalen Ansätzen differenziert berechnet wird.

Der Berechnungsansatz 2 differenziert zwischen dem Abfluss von den Dachflächen und den sonstigen Flächen. Er scheint dem wirklichen Verhalten am nächsten zu kommen, auch wenn hier gewisse Effekte wie z.B. Leistungsfähigkeit von Dachrin-nen, Fallrohren und Hausanschlussleitungen noch nicht berücksichtigt wurden. Aus den Tabellen und Abbildungen ist ersichtlich, dass der flächenhafte Wasserstand bzw. Abfluss auch außerhalb der Straßenflächen für eine sachgerechte Beurteilung der Gefährdung erforderlich ist.

Der Berechnungsansatz 3 zeigt gegenüber dem Ansatz 2 ein ähnliches Fließverhal-ten, aber durch die Vernachlässigung des Kanalnetzes werden mögliche Überlas-tungsschwerpunkte ggfs. nicht erkannt. Im flachen Gebiet überwiegt eine Füllung von Geländesenken während im steilen Gebiet die Abflüsse überwiegend dem Straßen-verlauf folgen. Auch ist die Abschätzung der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes und

der daraus resultierenden Verringerung der Niederschlagsbelastung als sehr kritisch anzusehen.

Literatur

- DIN (2008) DIN-EN 752 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, April 2008.
- DWA- A 118 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, März 2006.
- DWA (2008): Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen, Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.5, KA-Abwasser, Abfall (55), Heft 9, September 2008
- DWA (2013a): Methoden der Überflutungsberechnung. Arbeitsbericht DWA-AG ES-2.6, KA – Abwasser, Abfall (60), Heft 06, Juni 2013
- DWA (2013b): Starkregen und urbane Sturzfluten - Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge, DWA-Themen HW 4.2 – T1/2013, August 2013
- DWD (2005): „Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland – KOSTRA-DWD-2000“, Ausgabe 2005, Deutscher Wetterdienst, Offenbach/Main und itwh GmbH Hannover.
- Fuchs, L. (1987): Hydrologische Leistungsfähigkeit städtischer Kanalnetze, Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft der Universität Hannover, Heft 63.
- Fuchs, L. (2013): Gefährdungsanalyse zur Überflutungsvorsorge kommunaler Entwässerungssysteme, in: Sanierung und Anpassung von Entwässerungssystemen – Alternde Infrastruktur und Klimawandel, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien, ISBN 978-3-902810-66-3, 2013.
- Gómez, M.; F. Macchione, B. Russo: Hazard criteria related to urban flooding produced by heavy storm events, 2010.
- Helmrich, S.(2014): Analyse verschiedener Verfahren für die Abflussbildung als Grundlage für die 2-dimensionale Strömungsberechnung gekoppelter Kanalnetz- und Oberflächenberechnungen, Diplomarbeit TU Dresden, 2014.
- ITWH GmbH (2014): HYSTEM-EXTRAN 7 Modellbeschreibung, 2014.
- Schmitt, T.G.; M. Thomas, N. Ettrich (2004): Analysis and modelling of flooding in urban drainage systems, Journal of Hydrology, 229:300 – 311, 2004.
- Schmidt, N.(2014): Vergleich von Berechnungsansätzen für den Überflutungsfall von Kanalisationen, Bachelorarbeit, FH Münster, 2014.

Anschrift der Verfasser:

Dr.-Ing. Lothar Fuchs, Nane Schmidt B.A.
Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH
Engelbosteler Damm 22
30167 Hannover
l.fuchs@itwh.de