

Neuartige Berechnungsansätze zur Überflutungsprüfung im urbanen Raum

Sebastian Czickus, Daniel Schäfer (Wuppertal),
Maike Wietbüscher (Münster) und Wulf Riedel (Solingen)

Zusammenfassung

Die derzeit landesweit wahrgenommene Zunahme der Häufigkeiten von intensiven Niederschlägen im urbanen Raum stellt die Akteure der Siedlungsentwässerung vor neue Herausforderungen. Gleichzeitig wächst in den Kommunen das Wissen um den Umgang mit solchen Ereignissen, weil unter anderem Computermodelle die Realität immer besser wiedergeben. Um mit solchen Modellen Aussagen zum Abflussverhalten von Niederschlagswasser in der Stadt zu treffen, ist es wichtig, die Abflussbildung auf der Geländeoberfläche möglichst realitätsnah abzubilden. Oft aber basieren die Modellansätze auf der Annahme, dass sich das anfallende Niederschlagswasser zunächst vollständig im Kanalnetz befindet, bevor es auf die Oberfläche überstaut. In der Realität gelangt es jedoch zunächst auf die Geländeoberfläche, bevor ein Teil in die Kanalisation fließt. Um diesen Effekt auch in Computermodellen zu berücksichtigen, ist untersucht worden, wie sich die flächige Beregnung von bi-direktional gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodellen insbesondere für die Überflutungsprüfung auf die Rechenergebnisse auswirken.

Schlagwörter: Überflutung, Starkregen, Siedlungsentwässerung, Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodell, Abflussverhalten, Geländeoberfläche

DOI: 10.3243/kwe2015.03.001

Abstract

Novel Calculation Approaches to Flooding Assessment in the Urban Area

The current countrywide perceived increase in the frequency of heavy precipitation in the urban area is presenting the stakeholders of residential drainage systems with new challenges. At the same time, knowledge about handling such events is growing in the local authorities because, inter alia, computer models are reproducing reality better and better. In order to make predictions on runoff behaviour of the precipitation water in the city, it is important to portray the runoff formation on the terrain surface as far as possible realistically. However, often the model approaches are based on the assumption that, initially, the accumulated precipitation water is located fully in the sewer network before it floods over the surface. In reality, however, it ends up initially on the surface before a part flows into the sewer. In order to take this effect into account also in the computer models, it has been investigated how the planar surface irrigation of bi-directionally coupled sewer network-surface-runoff models effect the computer results for the flooding assessment.

Key words: flooding, heavy rainfall, residential drainage system, sewer network surface-runoff model, runoff behaviour, terrain surface

Einleitung

Starkregen haben in den vergangenen Jahren besonders in Großstädten vermehrt zu Schäden geführt. Laut DWD können Ereignisse, die derzeit statistisch einmal pro Jahr auftreten, Mitte des Jahrhunderts bereits zwischen 1,35 und 2,9 Mal auftreten [1]. Weitere Untersuchungen des DWD [2] oder der Sachstandsbericht „Climate Change 2013“ des Weltklimarates IPCC [3] prognostizieren ebenfalls eine Zunahme von Starkregenereignissen für Mitteleuropa. Dadurch wächst die Verantwortung nicht nur für Stadtentwässerung und Kommunen, sondern auch für Ingenieurbüros und Softwarehersteller. Sie sind gefordert, sich den komplexen Herausforderungen zu stellen. Untersuchungen (z. B. REGKLAM [4] oder KLIWA [5]) zeigen, wie sich das Klima und somit auch das Regengeschehen auf regionaler Ebene verändern. Kleinräumige Untersuchun-

gen (z. B. KLAS [6] oder RISA [7]) verdeutlichen, wie sich Städte an die zukünftigen Anforderungen anpassen können. Zahlreiche Anpassungsstrategien, wie etwa die vom Umweltbundesamt ausgezeichnete Strategie der Stadt Wuppertal [8] und Überlegungen einiger weiterer Städte zeigen auf, wie man zukünftig mit dem Thema Starkregen umgehen kann. Leitfäden, wie etwa der „Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge“ [9] zeigen ergänzend allgemeine Lösungsansätze und Werkzeuge zur Anpassung an Starkregen im urbanen Raum, die für Strategien auf kommunaler Ebene genutzt werden können.

Im Folgenden soll beleuchtet werden, welche Möglichkeiten heute bestehen, die Auswirkungen von Starkregen auf der Oberfläche und im Kanalnetz mit Hilfe von computerbasierten Simulationsmodellen zu berechnen. Besonders wird am Bei-

spiel des Hydraulikmodells ++SYSTEMS/GeoCPM (tandler.com [10]) der Einfluss flächiger Beregnung von bi-direktional gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodellen auf die Berechnungsergebnisse verdeutlicht.

Bemessungsgrundlagen der Siedlungsentwässerung

Die Kanalnetze in Deutschland werden nach den Vorgaben aus DIN EN 752 [11] sowie DWA-A 118 [12] bemessen. Die Regelwerke sehen vor, dass bestehende oder geplante Entwässerungsnetze je nach Lage im Stadtgebiet ein zwei- bis fünfjähriges Regenereignis überstausfrei abführen sollen. Als Maß für den Überflutungsschutz von Entwässerungssystemen wird nach DIN EN 752 die Überflutungshäufigkeit empfohlen. Sie entspricht der Eintrittshäufigkeit von Überflutungen, bei denen „Schmutzwasser und/oder Niederschlagswasser aus einem Entwässerungssystem entweicht oder nicht in dieses eindringen kann und entweder auf der Oberfläche verbleibt oder in Gebäude eindringt“ (DIN EN 752; 2008).

Bislang wird für den Nachweis mit Hydraulikmodellen häufig näherungsweise angenommen, dass der aus Niederschlag resultierende Abfluss auf Haltungsflächen generiert und direkt in das Kanalnetz eingespeist wird. Diese Einspeisung erfolgt über Anschlussleitungen aus der Straßenentwässerung und der Grundstücksentwässerung. Die Richtlinie zur Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung (RAS-EW [13]) sieht vor, dass die Straßenentwässerung über Straßeneinläufe und Rohrleitungen für eine Regenhäufigkeit $n = 1/a$ bemessen wird. Lediglich für Straßentiefpunkte wird die Entwässerung auf ein fünfjähriges Niederschlagsereignis ausgelegt. Die Dachentwässerungsanlagen werden nach DIN 1986-100 [14] zwar auf ein fünfminütiges fünfjähriges Regenereignis ausgelegt, bei der hydraulischen Bemessung der Grundleitungen ist der Dachflächenanteil jedoch wie der Anteil der abflusswirksamen Flächen außerhalb des Gebäude mindestens mit dem zweijährlichen Berechnungsregen mit der für das Grundstück gewählten Dauerstufe zu dimensionieren. Bei selteneren Regenereignissen findet eine planmäßige Überlastung also bereits schon in den Anschlussleitungen statt und der Starkregenabfluss kommt dementsprechend erst gar nicht im Kanal an. Im Falle jahreszeitlich bedingter Verlegung durch Laub oder mangelnder Reinigung können sich die Abflusskapazitäten in der Praxis noch weiter reduzieren. Der Überstau und Abfluss über die Oberfläche tritt in diesen Bereichen dann noch erheblich früher ein.

Stand der Modelltechnik

Klassische hydrodynamische Kanalnetzmodelle (z.B. DYNA) berücksichtigen Kanalhaltungen, Schächte sowie Sonderbauwerke im Kanalnetz (vgl. [15, 16]). Eine Interaktion zwischen Kanalnetz und Oberfläche findet nicht statt (Abbildung 1A). Hier findet die Abflussbildung rein auf den Haltungsflächen statt und beschickt direkt das Kanalnetz. Kommt es rechnerisch zu einem Überstau, verbleibt das austretende Wasser in einem virtuellen Speicher über dem jeweiligen Überstauschacht und wird dem Kanalnetz an derselben Stelle wieder zugeführt, sobald wieder Kapazitäten zur Verfügung stehen. Um keine unrealistischen Druckhöhen aufzubauen, kann dem virtuellen Speicher eine entsprechend große Grundfläche zugewiesen werden, es gibt jedoch keinen Abfluss über die Geländeoberfläche. Für Nachweise der Überstausfreiheit eignen sich die Modelle

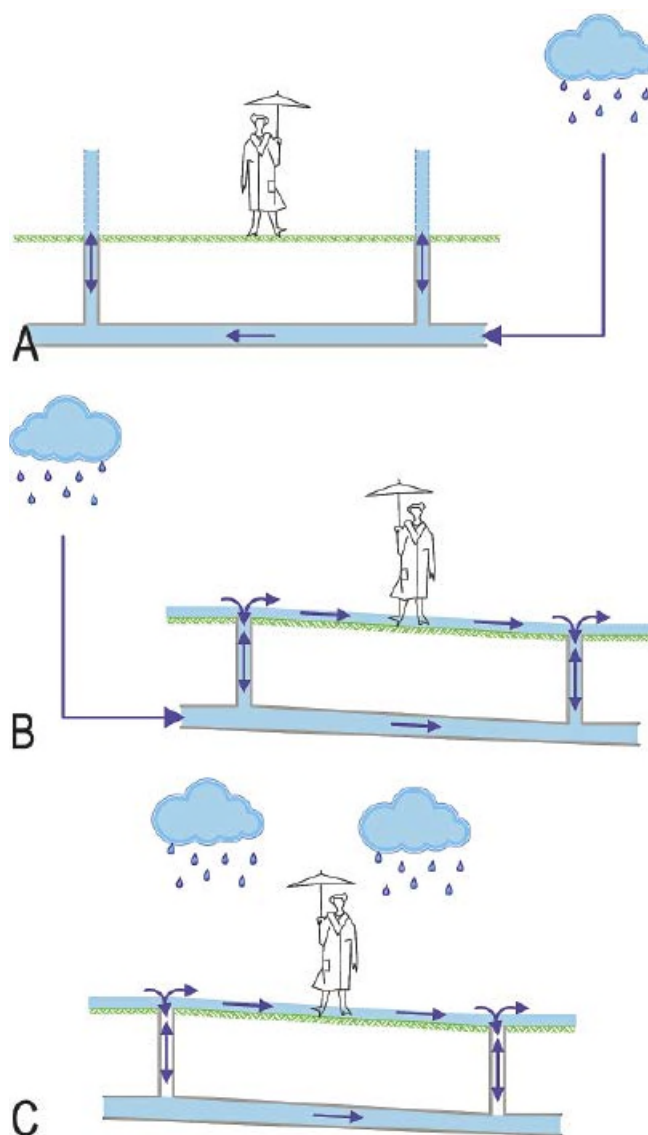


Abb. 1: Darstellung der Modellvarianten A) DYNA, B) DYNA → GeoCPM, C) GeoCPM → DYNA

nach wie vor gut. Stehen Fließweg- und Senkenpläne des Stadtgebietes zur Verfügung, kann im Falle eines Überstaus abgeschätzt werden, welchen Weg das Wasser auf der Geländeoberfläche nimmt und wo es sich sammelt.

Für die Überflutungsprüfung nach DIN EN 752 haben sich in den vergangenen Jahren die bi-direktional gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodelle (DYNA → GeoCPM) etabliert. Wasser, das aus dem Kanalnetz austritt, kann auf der Oberfläche abfließen, die durch ein Dreiecksnetz abgebildet wird (Abbildung 1B). Basis der Oberflächenberechnung sind bei den meisten Simulationsprogrammen die 2D-Flachwassergleichungen oder der Ansatz der kinematischen Welle. Der Eintritt an Schächten oder Straßeneinläufen erfolgt mit Ansätzen, die meist auf die Wehrformel nach Poleni zurückgehen. Im Vergleich zu den hydrodynamischen Kanalnetzmodellen ohne Berücksichtigung der Oberfläche, bilden diese Modellansätze die Wirklichkeit besser ab. Allerdings wurde auch hier lange die Annahme getroffen, dass sich Niederschlagswasser zunächst vollständig im Kanalnetz befindet, bevor es infolge einer hydraulischen Überlastung über den Austauschpunkt Schacht auf die Oberfläche gelangt. Bei Betrachtung der Bemessungsgrund-

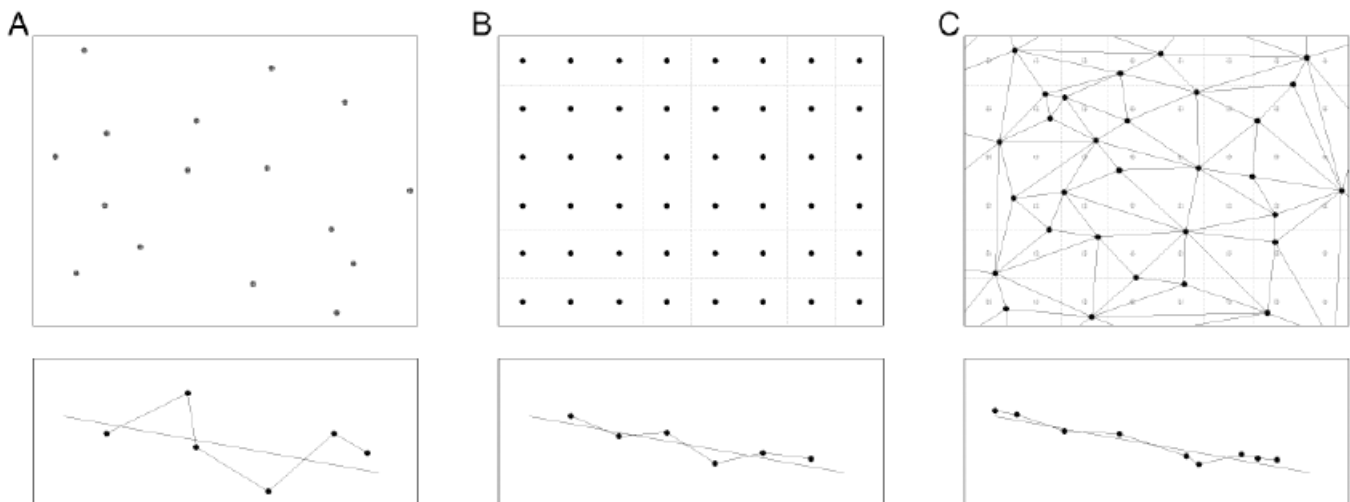


Abb. 2: A) Laserscan-Rohdaten mit 1–4 Pkt./m² und maximaler Höhenungenauigkeit ± 20 cm, B) Glättung durch Rasterinterpolation, C) Trianguliertes Dreiecksnetz

lagen für die Straßen-, Dach- und Grundstücksentwässerung erscheint es wahrscheinlich, dass vor allem bei selteneren Ereignissen mehr Wasser auf der Oberfläche verbleibt.

Um diesen Effekt zu berücksichtigen, bietet die Programmumgebung ++SYSTEMS/GeoCPM seit ca. einem Jahr die Möglichkeit bi-direktional gekoppelte Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodelle (GeoCPM → DYNA) mit flächiger Berechnung des Geländemodells durchzuführen (Abbildung 1C). Dies beschreibt den entscheidenden Unterschied in der Belastung des Kanalnetzes, da ab hier der Oberflächenabfluss rein über die Regeneinläufe (Dachentwässerung und Straßeneinläufe) dem Kanalnetz zugeführt werden kann. Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Dachentwässerung kann entsprechend ihrer Bemessungsgrundlagen (DIN 1986-100) wie oben beschrieben berücksichtigt werden. Die Kapazität der

Straßeneinläufe wird mit einer abgewandelten Poleni-Formel (vgl. [10]) über Formverluste und die Überfalllänge gesteuert. Erste Orientierungswerte über das Aufnahmevermögen der Straßeneinläufe, abhängig von Quer- und Längsneigungen zeigen Untersuchungen der Bergischen Universität Wuppertal (BUW) sowie der Technischen Betriebe Solingen (TBS) in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Reinhard Beck (vgl. [17, 18]). Das Oberflächenmodell in GeoCPM kann zudem mit Rauheitsbeiwerten nach Strickler und der Endversickerung belegt werden. Die Endversickerung ist die konstante Versickerungsrate, die sich abhängig vom Boden nach einer gewissen Zeit einstellt (vgl. [19]). Diese können mit Hilfe von Bodenkarten und Informationen über die Flächennutzung in das Modell eingebracht werden.

Fallbeispiel Solingen

Um die Unterschiede zwischen den obengenannten Berechnungsvarianten zu untersuchen, wurden für das Einzugsgebiet des Krausener Bachtals in Solingen drei Kanalnetzmodelle unterschiedlichen Detailgrades aufgebaut. Das Einzugsgebiet befindet sich im Nord-Westen der Stadt Solingen und hat eine Größe von $A_{E,O} = 254$ ha, bzw. $A_{E,k} = 127$ ha. Die versiegelte Fläche beträgt $A_u = 59$ ha. Es handelt es sich dabei um ein Mittelgebirgstal, das stellenweise Geländeneigungen von über zehn Prozent aufweist.

Zunächst wurde in der Programmumgebung ++SYSTEMS ein hydrodynamisches Kanalnetzmodell ohne Berücksichtigung eines Geländemodells aufgestellt. Die Haltungsflächen wurden mit einem Modellregen ($T_n = 20$ a, $D = 60$ min, Niederschlagsverteilung Euler Typ II nach KOSTRA-DWD 2000) belastet. Da die Kanalisation nicht für ein derartiges Ereignis ausgelegt ist, verlässt das Niederschlagswasser die Kanalisation an 279 Überstauschächten, die über das ganze kanalisierte Einzugsgebiet verteilt sind. Diese konnten vom Kanalnetzbetrieb nicht bestätigt werden. Die Verteilung der Überstauschächte im Gebiet alleine lässt kaum Rückschlüsse auf Überflutungsgefahren zu.

Um den Abfluss des austretenden Volumens auf der Oberfläche zu berücksichtigen, wurde in einer zweiten Variante mit dem Programmpaket ++SYSTEMS/GeoCPM ein bi-direktional

Anzeige

Unser Expertentipp



Seminar Starkregen und Überflutungsvorsorge in Zusammenarbeit mit BWK
16. KW 2015
in Fulda
360,00 € / 290,00 €**

Merkblatt DWA-M 551 Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet?“
Dezember 2010,
36 Seiten, DIN A4
ISBN 978-3-941897-63-2
38,00 € / 30,40 €**

*) für fördernde DWA-Mitglieder
**) für DWA-Mitglieder

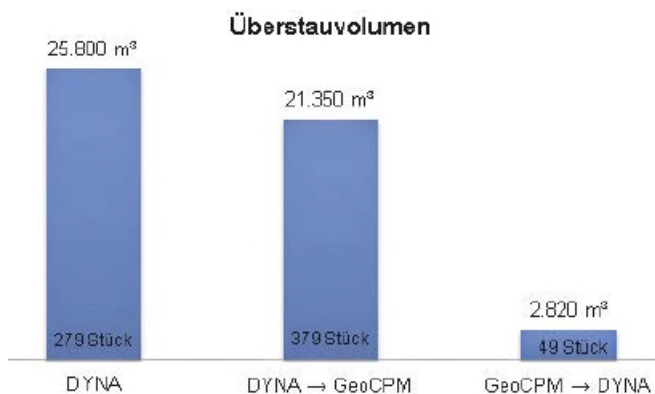


Abb. 3: Ergebnis des Überstauvolumens, gesamtes Überstauvolumen und Anzahl der überstauenden Schächte

gekoppeltes Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodell aufgestellt. Dafür wurde mittels einer modifizierten Version der Software TRIANGLE (vgl. [20]) aus den Laserscandaten mit einer Auflösung von 1–4 Pkt./m² [21] über den Zwischenschritt eines hochaufgelösten Rasters mit 25 cm Punktabstand ein Dreiecksnetz trianguliert (Abbildung 2). Durchlässe und Unterführungen, die bei der Erhebung der Laserscandaten nicht erfasst werden, müssen zum Teil in Handarbeit in die Geländemodelle eingebracht werden. Als Ergebnis dieser Datenbereinigung entstehen Geländemodelle, die für alle weiteren Untersuchungen zum Thema Oberflächenabfluss optimiert sind.

Leitende Strukturen, wie Bordsteinkanten und nicht durchströmbare Gebäudeteile können als Bruchkanten in das Rechnetz eingebracht werden. Die unterschiedlichen Oberflächenrauheiten (Literaturwerte nach [22]) wurden zunächst über die Flächennutzung ins Modell eingepflegt und im Einzelfall durch Ortsbegehungen plausibilisiert. So konnte gewährleistet werden, dass auf einer Grünfläche ein langsamerer Abfluss entstand, als auf Straßenflächen.

Das Oberflächenmodell wurde mit dem hydrodynamischen Kanalnetzmodell verknüpft. Wie auch in der reinen DYNA-Berechnung erfolgte die Belastung des Modells über Haltungsflächen und nicht über das Oberflächenmodell. Niederschlagswasser, das über die Schächte austritt, kann auf dem Oberflächenmodell abfließen und fließt möglicherweise an anderer Stelle wieder dem Kanalnetz zu oder verbleibt in Geländesenken. Für die Berechnung wurde derselbe Bemessungsniederschlag wie in der hydrodynamischen Variante angesetzt. Die Ergebnisse dieser Berechnungsvariante zeigen im Vergleich zur reinen Kanalnetzberechnung eine Reduzierung des Überstauvolumens von insgesamt $V_{\bar{v}} = 25\,800\text{ m}^3$ auf $V_{\bar{v}} = 21\,350\text{ m}^3$ (Abbildung 3), was auf die Berücksichtigung von Austrittsverlusten bei gekoppelter Berechnung mit dem Modul GeoCPM zurückzuführen ist.

Da der Niederschlag über die Haltungsflächen jedoch erst dem Kanalnetz zugeführt wird und anschließend über Schächte auf die Oberfläche gelangt, werden rechnerisch noch einige nicht plausible Überstauschächte ermittelt. Diese widersprechen den Beobachtungen des Kanalnetzbetriebes auch bei starken Ereignissen, wie etwa im Juni 2013.

In einer dritten Variante wurde daher die Geländeoberfläche des bi-direktional gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodells flächig beregnet. Das Wasser gelangt also nicht über fiktive Haltungsflächen zunächst in das Kanalnetz, sondern trifft auf das Geländemodell und fließt über Schächte

KW Korrespondenz Wasserwirtschaft

Organ der DWA

Herausgeber und Verlag:

GFA
Theodor-Heuss-Allee 17, D-53773 Hennef
Postfach 11 65, D-53758 Hennef
Telefon +49 2242 872-0, Telefax +49 2242 872-151
Internet: www.gfa-kw.de

Redaktionsbeirat:

1. Bauass. Dipl.-Ing. Otto Schaaf, DWA-Präsident
2. Ltd. BD Dipl.-Ing. Arndt Bock, DWA-HA „Gewässer und Boden“
3. Prof. Dr.-Ing. Harro Bode, DWA-Vorstand
4. Prof. Dr.-Ing. Norbert Dichtl, DWA-HA „Kreislaufwirtschaft, Energie und Klärschlamm“
5. Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Dittich, DWA-HA „Wasserbau und Wasserkraft“
6. Ltd. BD Dipl.-Ing. Werner Kristeller, DWA-HA „Kommunale Abwasserbehandlung“
7. Bauass. Dipl.-Ing. Johannes Lohaus, DWA-Bundesgeschäftsführer
8. Prof. Dr.-Ing. Hubertus Milke, DWA-Vorstand
9. Dr.-Ing. Uwe Müller, DWA-HA „Hydrologie und Wasserbewirtschaftung“
10. Prof. Dr.-Ing. Heribert Nacken, Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften in der DWA
11. Prof. Dr.-Ing. Johannes Pinnekamp, DWA-HA „Entwässerungssysteme“
12. Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Rosenwinkel, DWA-HA „Industrieabwässer und anlagenbezogener Gewässerschutz“
13. Dr. Frank Andreas Schendel, DWA-HA „Recht“
14. StadtDir Dipl.-Ing. Robert Schmidt, DWA-HA „Bildung und Internationale Zusammenarbeit“
15. Dr. Jochen Stemplewski, DWA-HA „Wirtschaft“
16. Rolf Usadel, GFA-Geschäftsführer

Redaktion:

Dipl.-Volksw. Stefan Bröker (v. i. S. d. P.), Tel. +49 2242 872-105,
E-Mail: broeker@dwa.de
Dr. Frank Bringewski (ChR), Tel. +49 2242 872-190,
E-Mail: bringewski@dwa.de

Anzeigen:

Christian Lange, Tel. +49 2242 872-129, E-Mail: anzeigen@dwa.de
Monika Kramer, Tel. +49 2242 872-130

Sekretariat:

Annette Wollny, Tel. +49 2242 872-138
E-Mail: wollny@dwa.de

Erscheinungsweise: monatlich
dreimal jährlich Beilage *gewässer-info*

Anzeigenpreise: Zurzeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 3 vom 1. Oktober 2014

Satz, Druck, Bindung: Bonner Universitäts-Buchdruckerei, Justus-von-Liebig-Straße 6, D-53121 Bonn

Bezugspreis: Der Verkaufspreis ist durch den DWA-Mitgliedsbeitrag abgegolten. DWA-Mitglieder, die Mehr Exemplare der *KW* erwerben möchten oder die sich für die Zeitschrift *KA – Korrespondenz Abwasser, Abfall* als kostenlose Mitgliederzeitschrift entschieden haben, können die *KW* zusätzlich für 59,00 Euro zzgl. Versandkosten bestellen.

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Von einzelnen Beiträgen oder Teilen von ihnen dürfen nur einzelne Vervielfältigungsstücke für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch hergestellt werden. Die Weitergabe von Vervielfältigungen, gleichgültig zu welchem Zweck sie hergestellt werden, ist eine Urheberrechtsverletzung. – Der Inhalt dieses Heftes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung. Insbesondere unterliegen die Angaben in Industrie- und Produktberichten nicht der Verantwortung der Redaktion.

Richtlinien zur Abfassung von Manuskripten können beim Redaktionssekretariat angefordert werden.

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier mit 100% Recyclingfasern.

© GFA
D-53773 Hennef

ISSN 1865-9926

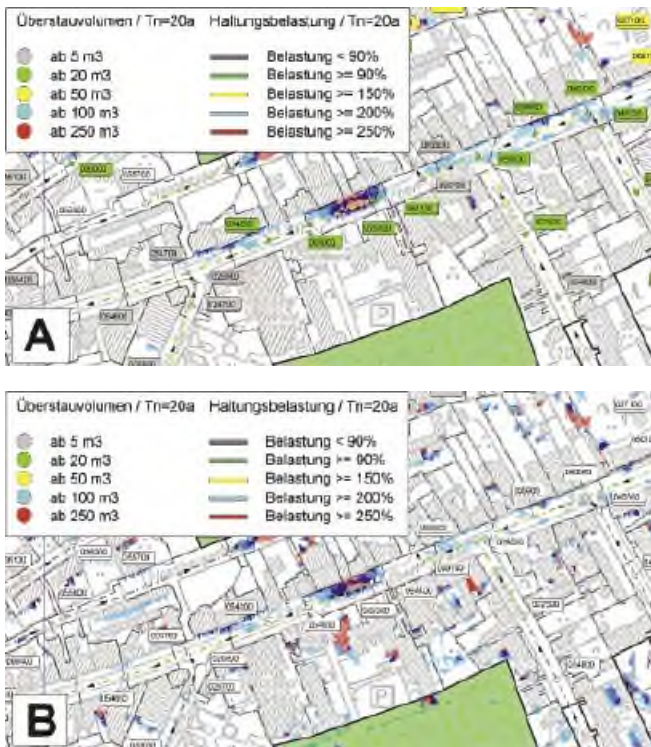


Abb. 4: A) Lageplanausschnitt DYNA → GeoCPM, B) Lageplanausschnitt GeoCPM → DYNA

oder Straßeneinläufe in die Kanalisation oder verbleibt auf der Oberfläche. Die Berechnung der Oberfläche erfolgte mit demselben Modellregen, der in den vorherigen Varianten über die Haltungsflächen in das Kanalnetz eingespeist wurde. Als Ergebnis dieser Berechnungsvariante bleibt ein gesamtes Überstauvolumen von $V_{ij} = 2820 \text{ m}^3$ übrig (Abbildung 3), das sich vornehmlich nur noch in den Geländetiefpunkten befindet. Von den Berechnungsvarianten, die dem Kanalnetzbetrieb vorgestellt wurden, zeigte sich bei dieser Variante die größte Übereinstimmung mit den Erfahrungen aus der Vergangenheit. Rund 80 % des Niederschlagswassers verbleiben in dieser Modellvariante auf der Oberfläche.

Die Verteilung zwischen der Auslastung des Netzes und dem Oberflächenabfluss wird vor allem in den Lageplänen deutlich. Die Abbildung 4 zeigt den Unterschied zwischen den bi-direktionalen Berechnungsvarianten DYNA → GeoCPM und GeoCPM → DYNA. Im Ausschnitt ist ein Überflutungsschwerpunkt im untersuchten Einzugsgebiet dargestellt. In der Berechnungsvariante DYNA → GeoCPM werden Überflutungsschwerpunkte ermittelt, die meist mit einer rechnerischen Überlastung der Kanalisation einhergehen (Abbildung 4A). Die Berechnungsvariante GeoCPM → DYNA verdeutlicht, dass diese Überflutungsschwerpunkte auch ohne Auslastung der Kanalisation auftreten können (Abbildung 4B).

Der Einfluss der Straßeneinläufe in bi-direktional gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodellen sollte künftig weiter untersucht werden. Erste orientierende physikalische Laborversuche sowie Feldversuche der Bergischen Universität Wuppertal (BUW), der Technischen Betriebe Solingen und des Ingenieurbüros Beck (vgl. [17, 18]) haben gezeigt, dass das Aufnahmevermögen von Straßeneinläufen mit zunehmendem Längsgefälle deutlich abnimmt. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der BUW, sollen vertiefte Erkenntnisse zum Auf-

nahmevermögen der Einläufe erworben werden. Um einen ersten Eindruck vom Einfluss der Straßeneinläufe auf die Modelltechnik zu erhalten, wurden diese über Ihre Koordinaten in das Oberflächenmodell eingepflegt und mit dem Kanalnetzmodell verknüpft.

Ausblick und Fazit

In hydrodynamischen Kanalnetzmodellen oder bi-direktional gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodellen wird häufig angenommen, dass der Abfluss auf Haltungsflächen generiert und in das Kanalnetz eingespeist wird, bevor es zum Überstau auf die Oberfläche kommt. Am Beispiel des Krauserner Bachtals in Solingen wurden verschiedene Modellansätze zur Kanalnetzberechnung bzw. bi-direktional gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Abflusssimulation gegenübergestellt. Die Überflutungsprüfung wurde gemäß DIN EN 752 mit einem Modellregen der Wiederkehrzeit $T_n = 20 \text{ a}$ ($D = 60 \text{ min}$, Niederschlagsverteilung Euler Typ II nach KOSTRA-DWD 2000) durchgeführt. Die hydrodynamische Kanalnetzberechnung mit dem Programm DYNA ergab die größten Überstauvolumina. In einer zweiten Variante wurde in der Programmumgebung Kanal++/GeoCPM zusätzlich die Geländeoberfläche in Form eines triangulierten Dreiecksnetzes berücksichtigt. Dieses bi-direktional gekoppelte Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodell mit der Abflussbildung auf den Haltungsflächen und direkter Einspeisung der Abflussganglinien in das Kanalnetz ergab eine geringere Menge an Überstauvolumen. Gleichzeitig zeigten die Berechnungsergebnisse, wie sich das überstauende Wasser auf der Oberfläche verhält und wo es sich in Geländetiefpunkten sammelt. Ein qualitativer Abgleich der Ergebnisse mit den Erfahrungen des Kanalnetzbetriebes zeigte jedoch, dass außerhalb der bekannten Überflutungsbereiche noch Überstauschächte ermittelt wurden, die nicht plausibel schienen. Auch bei selteneren Ereignissen, wie etwa im Juni 2013 kam es dort zu keiner Überlastung des Kanalnetzes. Entsprechend den realen Vorgängen des Niederschlages und der Abflussbildung auf der Oberfläche wurde mit der Programmumgebung ++SYSTEMS/GeoCPM daraufhin ein dritter Modellansatz untersucht, bei dem das Geländemodell flächig berechnet wurde. Über Schächte bzw. Straßeneinläufe kann das Niederschlagswasser realitätsnah von der Oberfläche in das Kanalnetz gelangen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Anzahl der Überstauschächte deutlich reduziert. Zudem reduzierte sich das gesamte Überstauvolumen auf rund zehn Prozent, was sich den Beobachtungen des Kanalnetzbetriebes annähert. Gleichzeitig wurden durch den Oberflächenabfluss Überflutungsschwerpunkte deutlich, die durch klassische Modellansätze nicht identifiziert wurden.

Für den Kanalnetzbetreiber bietet dieser neue Modellansatz den Vorteil, realistischere Abschätzungen zur Auslastung der Kanalhaltungen treffen zu können. Die Notwendigkeit zur Vergrößerung von Kanalquerschnitten beschränkt sich auf die wesentlichen Überflutungsschwerpunkte. Eventuell sind zusätzliche oder größere Einläufe eine sinnvolle Sanierungsmöglichkeit. Gleichzeitig wird der Oberflächenabfluss realitätsnäher ermittelt, da nicht nur die Haltungsflächen zu einem Abfluss führen, sondern auch Außengebiete und Grünflächen. Die Tatsache, dass Niederschlagswasser topografisch bedingt nicht zum Straßeneinlauf gelangt und auf der Oberfläche verbleibt wird realitätsnäher abgebildet. Um die Methode weiter zu un-

tersuchen bedarf es Messkampagnen im Kanal über längere Zeiträume. Gleichzeitig geben Untersuchungen über das Aufnahmevermögen von Straßeneinläufen, wie sie derzeit an der Bergischen Universität in Wuppertal laufen, weitere Aufschlüsse über die Interaktion zwischen Kanalnetz und Oberfläche. In folgenden Untersuchungen sollten diese Erkenntnisse auch in bi-direktional gekoppelten Kanalnetz-Oberflächen-Abflussmodellen Berücksichtigung finden. Methodisch bedingt kann schon jetzt davon ausgegangen werden, dass die Abflussvorgänge durch die flächige Beregnung der Modelle realitätsnäher abgebildet werden können.

Quellen

[1] Becker, Paul (2014): *Das Projekt Starkregen DWD/GDV*. Präsentation auf der Naturgefahrenkonferenz Berlin, 03. Juni 2014, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

[2] DWD (2012): *Klimastatusbericht 2011*. Bericht, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

[3] IPCC (2013): *Fifth Assessment report: Climate Change 2013*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.

[4] Bernhofer, C. (Hg) (2009): *Das Klima in der Modellregion Dresden*. Forschungsbericht, RHOMBOS-Verlag, Berlin

[5] KLIWA, Arbeitskreis (2012): *Klimawandel im Süden Deutschlands – Ausmaß, Auswirkungen, Anpassung – Folgen in der Wasserwirtschaft*. Forschungsbericht, Klimawandel in der Wasserwirtschaft

[6] Koch, M. & Behnken, K. (2013): *KLAS KLimaAnpassungsStrategie Extreme Regenereignisse*. Zwischenbericht, Umweltbetrieb Bremen

[7] RISA (2013): *Regenwasser Handbuch – Regenwassermanagement an Hamburger Schulen*. Bericht, Arbeitskeis RISA – RegenInfrastrukturAnpassung, Hamburg

[8] UBA (2012): *Umweltbundesamt verleiht „Blauen Kompass“ für vorausschauende Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel*. Pressemitteilung, Umweltbundesamt, Bonn/Dessau

[9] BWK (2013): *Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge*. Leitfaden, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Sindelfingen

[10] tandler.com GmbH (2014): *++Systems. Handbuch*, tandler.com GmbH, Buch am Erlbach

[11] DIN EN 752 (2008): *Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden*. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[12] DWA-A 118 (2006): *Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssysteme*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef.

[13] FGSV (2005): *Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (RAS-Ew)*. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln.

[14] DIN 1986-100 (2002): *Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056*. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

[15] Tandler, R. (2008): *DYNA – Version 4; Komplexes Parallelschrittverfahren – Verfahrensbeschreibung*. Tandler.com GmbH, Buch am Erlbach.

[16] Pecher Software / Tandler.com (2008): *DYNA – Version 4; Komplexes Parallelschrittverfahren – Verfahrensbeschreibung*. Tandler.com GmbH, Buch am Erlbach.

[17] Peterseim, S. & Schlenkhoff, A. (2014): *Straßeneinläufe – physikalische und numerische Modellierung*. 37. Dresdener Wasserbaukolloquium, Dresden

[18] Schlenkhoff, A. & Oertel, M. (2011): *Abflusswege auf Straßen. Feldversuch zur Ermittlung des Schluckvermögens von Straßeneinläufen*. Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal

[19] Maniak, U. (2010), *Hydrologie und Wasserwirtschaft – Eine Einführung für Ingenieure*, 6. Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg

[20] Shewchuk, J.R., & Nahasapeemaitoon, A. (2005): *Theoretically Guaranteed Delaunay Mesh Generation – In Practice*. Presentation, Fourteenth International Meshing Roundtable, San Diego.

[21] GeoBasis NRW (2014): *Digitale Geländemodelle. Bezirksregierung Köln*, http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/hoehenmodelle/gelaendemodelle/index.html

[22] LUBW (2002): *Hydraulik naturnaher Fließgewässer Teil 2 – Neue Berechnungsverfahren für naturnahe Gewässerstrukturen*. Leitfaden, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.

[23] Rost, F. (2009): *Untersuchung zur Modellierung von Überflutungsbereichen am Beispiel eines Teilgebietes der Stadt Wuppertal*. Diplomarbeit, Ruhr Universität Bochum, Bochum.

Autoren

Dipl.-Ing. Sebastian Czickus
 M.Sc. Daniel Schäfer
 Ingenieurbüro Reinhard Beck GmbH & Co. KG
 Kocherstraße 27
 42369 Wuppertal

E-Mail: czickus@ibbeck.de

B. Eng. Maike Wietbüscher
 FH Münster
 Stegerwaldstraße 39
 48565 Steinfurt

E-Mail: wietbuescher@ibbeck.de

Dipl.-Ing. Wulf Riedel
 Technische Betriebe Solingen
 Dültgenstaler Straße 61
 42719 Solingen

E-Mail: w.riedel@solingen.de



Beilagenhinweis

Bitte beachten Sie die Beilage in der März-Ausgabe der KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft

DWA, 53773 Hennef
 GIS Tagung