

Gekoppelte hydrodynamische 1D-2D-Analyse urbaner Sturzfluten und möglicher Maßnahmen mittels Regenspendenspektren

Sebastian Schlauß und Matthias Grottker

Fachhochschule Lübeck, Labor für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik

Kurzfassung:

Urbane Sturzfluten verursachen jährlich erhebliche Schäden an Infrastruktur, Hab und Gut und Leben. Die assoziierten Starkregenereignisse treten im Zuge des Klimawandels höchstwahrscheinlich in Zukunft häufiger auf. Gekoppelte 1D-Kanalnetz- und 2D-Oberflächenmodelle ermöglichen eine sehr detaillierte Analyse von Sturzfluten in urbanen Gebieten. Im Zuge der Modellaufstellung erfolgt die Einzugsgebietsanalyse über die Anzahl der überstauten Schächte je nach Dauerstufe. Zur Darstellung der Überflutungshöhen aus der 1D-Kanalnetz- und 2D-Oberflächenmodellierung wird das 100-jährliche Regenereignis herangezogen, welches wertvolle Hinweise für Planer, Stadtverwaltung und Bevölkerung für den Extremfall gibt. Sie sind Eingangsgrößen für Risikokarten und können in der Stadtverwaltung weiter verwendet werden. Zusätzlich wird der Kopplungsansatz überprüft indem die gekoppelten Wasserstandsverläufe an Kontrollpunkten mit der alleinigen 2D-Oberflächensimulation verglichen werden. Die Maßnahmenanalysen zeigen die Wasserstandsänderungen an der Oberfläche im Vergleich zum Istzustand und lassen eine Bewertung der Maßnahmen zu. An einzelnen Kontrollpunkten können diese Wasserstandsverläufe ebenso dargestellt werden und werden nochmals im gekoppelten und ungekoppelten Zustand verglichen.

Keywords: urbane Sturzfluten, gekoppelte 1D-2D Modellierung, Kanalnetz, Oberflächenabfluss, Starkregen, Maßnahmen

1 Einleitung

Die versicherten Schäden aus extremen Wetterlagen nehmen nach Munich RE seit den achtziger Jahren deutlich zu (Munich RE, 2015). Nach

den Berichten des IPCC zum Klimawandel und dessen Folgen und anderen wissenschaftlichen Untersuchungen zum Temperaturanstieg lassen sich Aussagen treffen, die zukünftige Wetterextreme wahrscheinlicher machen.

Starkregenereignisse sind als lokale bis regionale Niederschlagszellen mit hohen Intensitäten definiert und treten oft als Folge konvektiver Wetterlagen auf. Laut Maniak (2010) kommt es zu einem Aufstieg von Luftmassen, der zu Niederschlägen mit einer hohen Niederschlagsintensität führt. Nach Hatzfeld (2008) treten diese meist im Sommer auf. Ab einer bestimmten Höhe während des konvektiven Aufstiegs unterschreitet die Temperatur der Luftmassen den Taupunkt und es kommt zur Kondensation (Hatzfeld, 2008). Diese Regenzellen haben üblicherweise nur eine geringe räumliche Ausdehnung (lokal bis regional) und nur eine kurze Auftretensdauer (vgl. Maniak, 2010). Eine Auswertung der Ereignisdatenbank von URBAS nach Oertel (2012) kommt zu dem gleichen Ergebnis und bestätigt, dass Starkregen vornehmlich im Sommer auftreten (ca. 72 % der Ereignisse zwischen März und September).

2 Modell

2.1 Einzugsgebiet

Als Modellgebiet wird der Stadtteil St. Lorenz Süd untersucht, welcher südwestlich der Lübecker Altstadt gelegen, eine Fläche von ca. 2,5 km² umfasst. Er wird im Westen und Norden durch ein Bahngelände und im Osten und Südosten wird der Stadtteil durch den Stadtgraben bzw. die Kanal-Trave abgegrenzt.

Datengrundlage sind Laser-Scan-Daten, die das Berechnungsgitter für die 2D-Oberflächenberechnung darstellen (5,1 Mio. Zellen bei 1x1 m Auflösung). Hinzu kommen Kanalnetzdaten, Flächennutzungsdaten und ALKIS-Daten. Orthophotos wurden zur Bestimmung der einzelnen Flächentypen zusätzlich herangezogen.

2.2 Modellerstellung

Die Kopplung im Modell, welches im Zuge des Projektes Rain Ahead aufgestellt wurde und hier Anwendung findet, erfolgt über die Schächte und Straßeneinläufe im Einzugsgebiet. Die Knoten ermöglichen den bidirektionalen Wasseraustausch aus dem Kanalnetz an die Oberfläche und andersherum. Die Implementierung der Kopplung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Das 1D-Kanalnetzmodell wird durch die Dachflächen als EZG's belastet, auf die ein Regenspendenspektrum aus einem Gutachten des DWD aus 1973 gegeben werden ($r_{(15,1)} = 106^1$ [l/(s ha)]. Dies geschieht durch eine Niederschlags-Abfluss-Simulation nach dem Zeit-Flächen-Verfahren in MOUSE. Sie sind direkt an das Kanalnetz angeschlossen. Das Wasser kann bei Überlastung des Netzes an die Oberfläche gelangen, die jeweils mit dem gleichen Blockregen beaufschlagt wird. Die Gebäude sind ausgestanzt und so definiert, dass die Zellen nicht mit in die Berechnung eingehen. Nach Babister (2012) können den Gebäuden auch Werte geringerer Rauheiten vergeben werden, was die Fließzeit zum Kanalnetz verringern würde. Das würde aber keine direkte Zuordnung der Dachflächen an das Kanalnetz voraussetzen, da das Wasser nur über die Oberfläche und damit durch die Knoten ins Kanalnetz gelangen würde. Das 2D-Berechnungsgitter basiert auf den Laser-Scan-Daten des Landesvermessungsamtes Schleswig-Holstein, die in einer Auflösung von 1 m vorliegen. Zur Berechnung des Gitters werden die tiefengemittelten Flachwassergleichungen angewendet. Gelöst wird das Gitter nach der Finiten-Differenzen-Methode.

Nach Henonin (2013) sind gekoppelte Modelle immer noch die Ausnahme, bieten aber den höchsten Detaillierungsgrad in der Überflutungsanalyse und sind somit heute der Stand der Forschung. Sie sind flächendeckend für ganze Stadtgebiete sehr rechenintensiv Schmitt (2015) und bedürfen

¹ In Absprache mit den Entsorgungsbetrieben Lübeck (EBL), die diesen Wert für die Dimensionierung der entwässerungstechnischen Einrichtungen heranziehen. Der Wert liegt über dem aus KOSTRA für Lübeck von 98,6 [l/(s·ha)]

viel Aufwand im Pre-processing. In DWA-T1 (2013) wird die hier angewendete Methode als die detaillierteste genannt und setzt Detailwissen voraus.

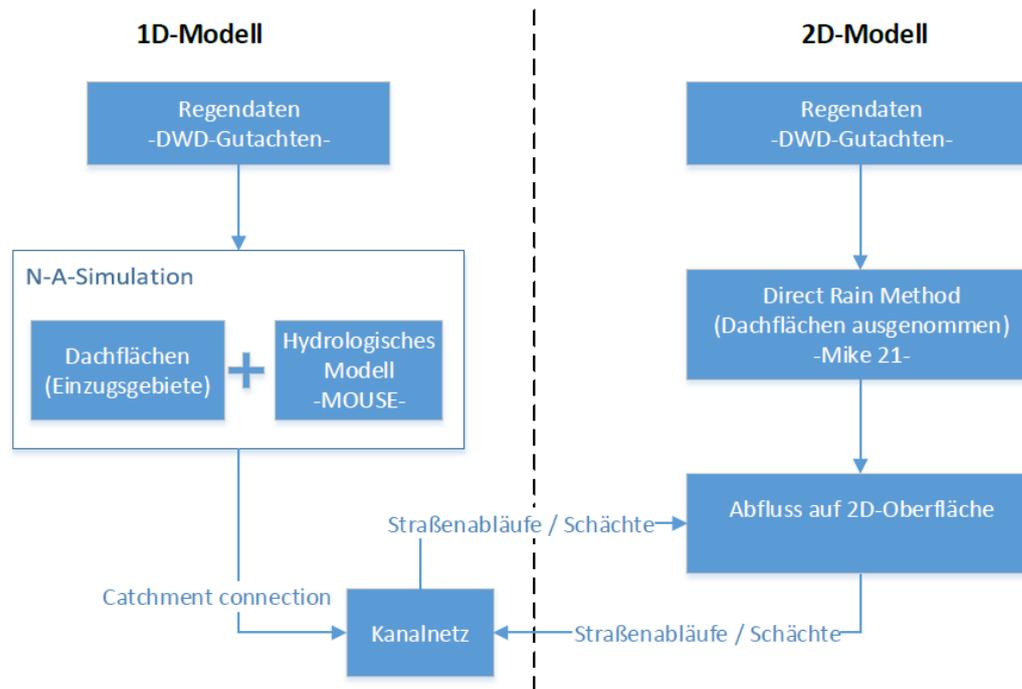


Abbildung 1: Aufbau der Modellkopplung 1D-2D (nach Kühnel, 2015)

3 Simulationsergebnisse

Im Folgenden werden die Simulationsergebnisse kurz dargestellt. Verglichen werden die unterschiedlichen Dauerstufen und unterschiedlichen Jährlichkeiten.

Tabelle 1: Ermittlung der kritischen Fließzeit im Kanalnetz 5 jährliches Regenereignis (Nur Dachflächen als EZG's an Kanalnetz)

Dauerstufe [min]	5	10	15	20	30	45	60
Regenintensität [mm/h]	113,3	80,4	63,7	53,5	41,1	31,1	25,4
Anzahl überst. Schächte	36	55	42	31	26	22	21

Aus dem jeweiligen Maximum der überstauten Schächte lässt sich die kritische Fließzeit für das Einzugsgebiet ermitteln. Zudem werden unterschiedliche Modellkonfigurationen verglichen.

Tabelle 2: Überprüfung mit Modellansatz, indem alle Einzugsgebiete an das Kanalnetz angeschlossen sind (5-jährliches Regenereignis)

Dauerstufe [min]	5	10	15	20	30	45	60
Regenintensität [mm/h]	113,3	80,4	63,7	53,5	41,1	31,1	25,4
Anzahl überst. Schächte	16	17	17	17	17	17	16

Es wird deutlich, dass im Falle der gekoppelten Simulation, die kritische Fließzeit auf 15 min. ansteigt, wohingegen die alleinige Betrachtung des Kanalnetzes 10 min. als kritisch ergibt.

Tabelle 3: Gekoppeltes Modell: Dachflächen als EZG's und Beregnung 2D Oberfläche (10 jährliches Regenereignis)

Dauerstufe [min]	5	10	15	20	30	45	60
Regenintensität [mm/h]	136,1	95,7	75,6	63,2	48,4	36,6	29,7
Anzahl überst. Schächte	-	247	415	391	373	329	99

4 Maßnahmenanalysen

Die maximalen Wasserstände hU vor und nach den implementierten Maßnahmen, wie in Tabelle 4 dargestellt, stellen die Situation der maximalen Wasserstände vor und nach der Maßnahme mit der gekoppelten Simulation dar.

Tabelle 4: Auszug der im Modell umgesetzten Maßnahmen und deren Effekt auf hU (E: Erhöhung, S: Schwelle, SP: Speicherbecken, ST: Straßenablauf, H: Haltung, M: Mulde, N: Notwasserweg, A: Absenkung, G: Graben, SC: Schacht)

Nr.	Implementierte Maßnahme	hU vorher [m]	hU nachher [m]	Maßnahmenkategorisierung	Bewertung der Maßnahme
1	Gehweg und Parkflächen um 0,15 m erhöht,	0,60	0,10	D, OB, Ü	gut
2	Speicherbecken von 730 m ³ angelegt	0,64	0,32	D, KA, ST, R, Ü	gut
3	Grünfläche um 0,5 m abgesenkt und Gehweg als Notwasserweg	0,56	0,35	D, R, KA	gut
4	Parkbuchten abgesenkt und als Zwischenspeicher	0,26	0,60	D, Ü, S	gut
5	Gehwegserhöhung und Absenken Grünfläche als Mulde	0,40	0,15	D, R, KA, Ü	gut
6	Notwasserweg am Gebäude auf die Grünfläche	0,38	0,28	D, OB, KA, Ü, R	mittel
7	Grünfläche vor der Schule als Mulde	0,40	0,20	D, OB, R	gut
8	Notwasserweg vom Gebäude weg in Grünfläche,	1,30	0,84	D, ST, R, KA	gut

In Abbildung 2 ist Punkt 2 aus Tabelle 4 vor und nach der Maßnahme dargestellt. Deutlich zu erkennen ist die Reduktion der Überflutungshöhe auf der Straße.

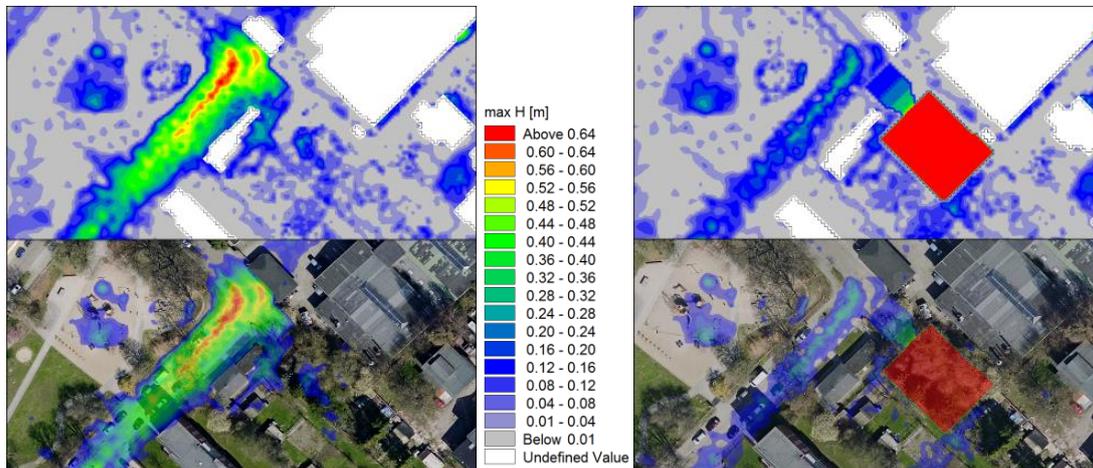


Abbildung 2: Maximale Überflutungshöhen am Punkt 2 (Tab.4) vor (links) und nach (rechts) der Maßnahmenumsetzung beim 100 jährlichen Regenereignis (nach Luers, 2015)

In Abbildung 3 sind die Vergleiche der Wasserstandentwicklungen über den Simulationszeitraum dargestellt. Es wird der gekoppelte Ansatz mit und ohne Maßnahmen mit der alleinigen 2D-Oberflächensimulation verglichen. Es wird deutlich, dass die alleinige 2D-Berechnung die Situation deutlich unterschätzt. Das gilt für Punkt 8 mehr als für Punkt 2. Werden alle Punkte analysiert, ist dieser Sachverhalt bei allen Punkten zu beobachten, wobei das Maximum der Überflutungshöhe hU an zwei Punkten übereinstimmt.

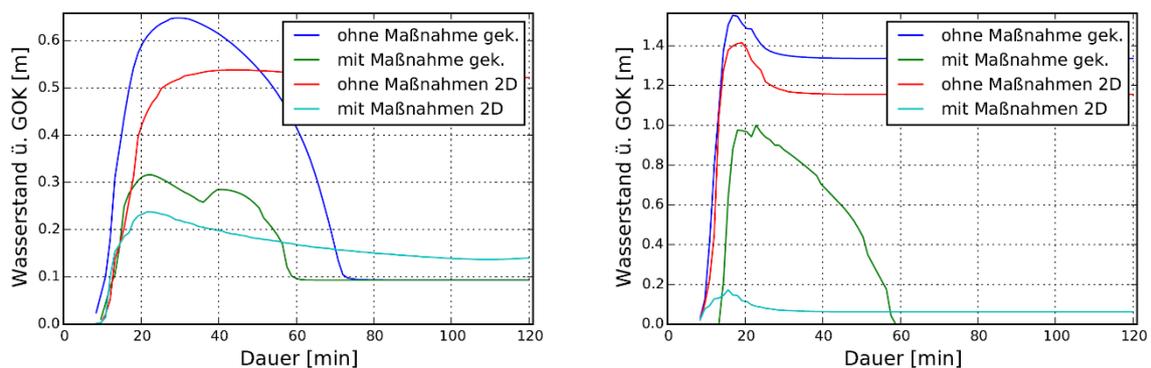


Abbildung 3: Vergleich der Wasserstandentwicklung am Punkt 2 (links) und Punkt 8 (rechts) mit und ohne Maßnahme gekoppelt und 2D beim 100 jährlichen Regenereignis

5 Fazit und Ausblick

Die im Projekt mit dem Modell abgebildeten Maßnahmen stellen eine Auswahl möglicher Maßnahmenalternativen dar. In der langfristigen Planung und der Steigerung der Robustheit des Stadtraumes in Bezug auf Überflutungen durch Starkregenereignisse und den daraus resultierenden Sturzfluten, kommt dem Bereich der Stadtplanung eine Schlüsselrolle zu. Wobei die fachbereichsübergreifende Zusammenarbeit aller Fachbereiche die Grundvoraussetzung für eine umfassende Planung ist. Die in den B-Plänen bzw. in wasserwirtschaftlichen Begleitplänen gemachten Angaben und Anforderungen müssen dabei eingehalten werden und dürfen nicht wirtschaftlichen Interessen untergeordnet werden.

Die gekoppelte hydronumerische Simulation urbaner Sturzfluten eignet sich sowohl zur Abbildung des Ist-Zustandes als auch zur Bewertung von Maßnahmenalternativen.

Die konventionelle Herangehensweise in der Planung der Entwässerungssituation nach DIN 752 (2008) und DIN 1986-100 (2008) sehen zwar eine Gebäudenotentwässerung vor, nicht aber Grundstücks- oder Stadtteilnotentwässerung. So sind die Fallrohre üblicherweise auf das 5-jährliche Regenereignis ausgelegt und deren Notentwässerung auf das 100-jährliche. Allerdings wird danach keine solche Notentwässerung vorgesehen, die das Wasser auf Grundstücks- und Stadtteilebene schadlos ableiten, zwischenspeichern oder umleiten würde.

Die Autoren danken den Projektpartnern und den Projektbeteiligten im Projekt Rain Ahead für die gute Zusammenarbeit. Dem BMUB für die Projektförderung und dem PTJ.

6 Literatur

Babister M. und Barton C. (2012). Australian Rainfall & Runoff Revision Projects Project 15: Two Dimensional Modelling in Urban and Rural Floodplains. Techn. Ber. Engineers Australia - Water Engineering.

DIN EN 752 (2008). Entwässerungssysteme ausserhalb von Gebäuden. Berlin: Beuth-Verlag GmbH

- DIN-1986-100 (2008). Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil ausserhalb von Gebäuden Teil 100: Bestimmung in Verbindung mit DIN-EN-752 und DIN-EN-12056. Berlin: Beuth-Verlag GmbH.
- DWA-M 153 (2007). DWA-M 153 Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. Hrsg. von Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Hennef: Fraunhofer IRB Verlag.
- DWA-T1 (2013). DWA-Themen Starkregen und urbane Sturzfluten-Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. Hrsg. von Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Hennef: Fraunhofer IRB Verlag.
- Hatzfeld F., Castro D., Einfalt T., Frerichs S., Friedeheim K., Kubik A., Mittelstädt R., Müller M., Seltmann J. und Wagner A. (2008). Vorhersage und Management von urbanen Sturzflutereignissen (URBAS) - Abschlussbericht des vom BMBF geförderten Vorhabens. Techn. Ber. hydrotec, Aachen.
- Henonin J., Russo B., Mark O. und Gourbesville P. (2013). Real-time urban flood forecasting and model - a state of the art. In: Journal of Hydroinformatics 15.3 pp. 717 - 736.
- IPCC (2014). Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. Techn. Ber. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Johnson P. (2013). Comparison of direct rainfall and lumped-conceptual rainfall runoff routing methods in tropical North Queensland – a case study of Low Drain, Mount Low, Townsville. Diss. University of Southern Queensland Faculty of Health, Engineering & Sciences.
- Kühnel J. (2015). Entwicklung eines hydrodynamischen 2D-Oberflächenmodells mit Kopplung an ein 1D-Kanalnetzmodell für das Einzugsgebiet Lübeck St. Lorenz Süd. Masterarbeit. Labor für Siwawi, Fachhochschule Lübeck.
- Luers S. (2015). Maßnahmenentwicklung und deren modelltechnische Überprüfung mit Hilfe eines gekoppelten 1D-2D Kanalnetz-Oberflächenmodells für den Stadtteil St. Lorenz Süd. Bachelorarbeit. Labor für Siwawi, Fachhochschule Lübeck.
- Maniak U. (2010). Hydrologie und Wasserwirtschaft. Berlin und Heidelberg: Springer.
- MunichRE (2015). NatCatSERVICE - Schadensereignisse Weltweit 1980-2014. Techn. Ber. Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Geo Risks Research, NatCatSERVICE - Stand Januar 2015.
- Oertel M. (2012). Starkregenereignisse und resultierende Sturzflutereignisse - Habilitationsvortrag. LuFG Wasserbau, Bergische Universität Wuppertal.

Schmitt T.G. (2015). Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge- Werkstattbericht zum Merkblatt DWA-M 119. In: KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2015 (62) Nr.2.

Korrespondenz an:

Sebastian Schlauß
Mönkhofer Weg 239, 23562 Lübeck
Tel.: +49 451/3005144
Email: sebastian.schlauss@fh-luebeck.de