

Ganzheitliche Untersuchung zur Überflutungssicherheit in Worms mit Hilfe von einem vollständig gekoppelten Oberflächen-Kanalnetzmodell

BGS Wasser GmbH & BGS IT&E GmbH

Aron Roland, Thomas Huxhorn, Ralf Rausch, Thomas Kraus und Stefan Wallisch

Zusammenfassung: Die gekoppelte Kanalnetzmodellierung stellt den Stand der Technik in der urbanen Wasserwirtschaft dar. Die Möglichkeit der diskreten Berechnung der Abflusskonzentration, basierend auf hochauflösenden topographischen Modellen, ist ein großer Vorteil bei der Sanierungsplanung. Insbesondere bei Starkregenereignissen kann auf diese Weise eine nachhaltige Sanierungsplanung durchgeführt werden. Die Entwässerung wird optimiert durch Aktivierung und Sanierung von Entwässerungsgräben die sehr gut im Modell abgebildet werden können. Der hochgradig parallelisierte Modellansatz machen es möglich große zusammenhängende Gebiete in einen Stück zu simulieren, so dass Fehlerquellen infolge nur partiell abgebildeter Kanalnetzmodelle und/oder vereinfachte bzw. unvollständige Randbedingungen im Oberflächenmodell kein Problem sind.

Ausgangspunkt

Das Stadtgebiet von Worms wurde historisch des Öfteren von Starkregen betroffen. In den letzten Jahren kann davon ausgegangen werden, dass Starkregenereignisse mithin um 20% zugenommen haben (DWD, 2014). Somit wurde im Rahmen eines Pilotprojektes bzgl. der Sturzflutmodellierung für die Stadt Worms ein neues numerisches Model entwickelt, dass im Wesentlichen aus zwei Komponenten besteht.

- Das Kanalnetzmodell INKA (Instationäres Kanalnetzmodell)
 - INKA löst die instationäre Konti- und Bernoulligleichung basierend auf iterativen Methoden. Das Verfahren ist sehr effizient und kann in kürzester Zeit sehr große Kanalnetze wie z.B. Worms, Wiesbaden und Frankfurt an einen Stück lösen.
 - INKA rechnet alle möglichen Kanalbauwerke ohne Konvergenz- und Stabilitätsprobleme
 - INKA kann mit großen Zeitschritten die Gleichungen lösen und hat aufgrund der Formulierung keine Stabilitätsbedingungen, wie dies bei den Lösung der Saint-Venant Gleichungen der Fall ist.
- Das Strömungsmodell UnRunOff (Unstructured Run-Off Model), welches die Flachwassergleichungen in 2D löst.
 - Das Model hat verschiedene numerische Ansätze zur Verfügung mit unterschiedlichen Diskretisierungen und Fehlerordnungen in Zeit und Raum.
 - Die Verfahren sind:
 - Positiv (keine negativen Wassertiefen).
 - Volumen- und Impulserhaltend.
 - können mit sehr geringen Wassertiefen umgehen und sind somit besonders für Regenereignisse geeignet.
 - robust und können auf beliebigen Dreiecksnetzen eingesetzt werden.
 - hochgradig parallelisiert. Einerseits mit Hilfe der Domänendekomposition (MPI) und weiterhin durch „shared memory“ Parallelisierung mittels OpenMP. Es können beliebig viele Prozessorkerne verwendet werden und es wurden Gitternetz mit mehr als 20Mio. Elementen bereits erfolgreich simuliert.
 - Im Rahmen der ZIM Forschungsförderung wird das Verfahren nunmehr mit impliziter Zeitintegration formuliert, welche nochmal ein deutlichen Geschwindigkeitsvorteil liefern wird.
 - Die Berechnungszeit für ein Starkregenszenario für das „Wormser Model“ dauert auf 144 CPU's ca. 24 Stunden, was für Planungsrelevante Fragen ausreichend ist. Es wird an weitere Verbesserung der Effizienz gearbeitet.

Das „Wormser Model“

Das numerische Modell der Stadt Worms besteht in der aktuellen Version aus rund 14Mio. Elementen, die im Bereich der Entwässerungsgräben eine Kantenlänge von bis zu 10cm haben, welche notwendig sind, um die Strömung auf dieser Größenskala abbilden zu können.

Dies führt natürlich zu sehr kleinen Zeitschritten in den Flachwassergleichungen, was auch letztendlich die Entwicklung eines impliziten Verfahrens unbedingt notwendig macht. Die Kopplung des Kanalnetzmodells erfolgt über diskret im Gitternetz abgebildete Schächte (s. rosa Rechtecke). Die Einläufe werden entweder integral auf die Straßenfläche bezogen, oder diskret im Modell abgebildet.

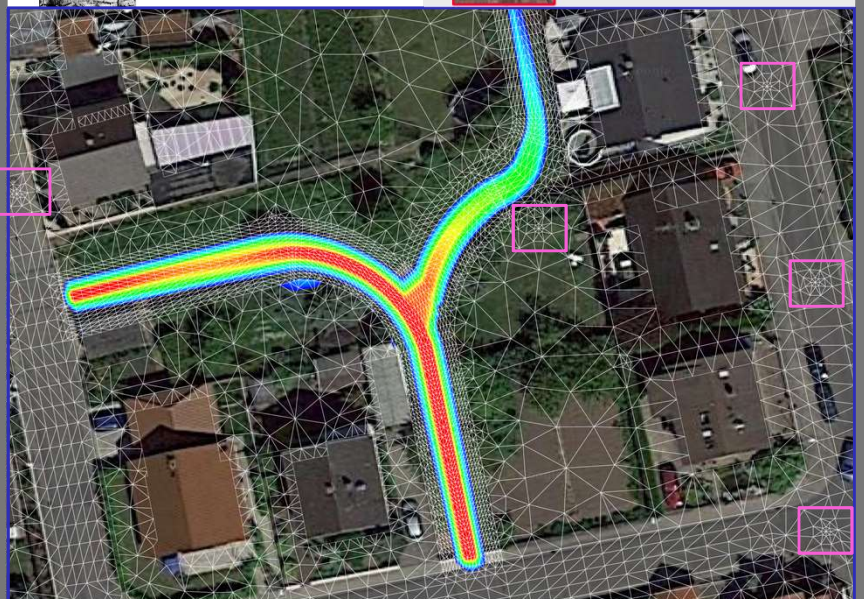
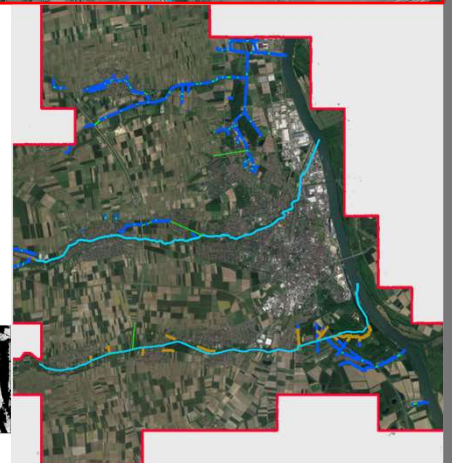
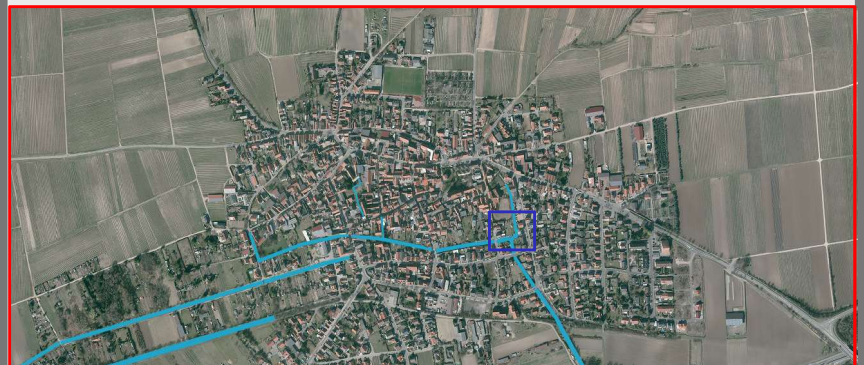
Es sind insgesamt mehr als ca. 14000 Schächte, 12000 Mauern, 50km Entwässerungsgräben, 150km Kanäle und mehr als 100 hydraulische Strukturen (Brücken, Dücker, Verrohrungen usw.) vorhanden.

Die Ergebnisse der Modellierung wurden in der Zwischenzeit über das Geoportal der Stadt Worms der Bevölkerung zur Verfügung gestellt. Weiterhin wurden für die betroffene Bevölkerung Ortsbeiratssitzungen mit den Entwässerungsbetrieben (EBWO) organisiert, wo die Problematik der Bevölkerung näher gebracht wurde.

Dies ist eine essenzielle Komponente eines solchen Vorhabens. Bei diesen Sitzungen konnten die Ergebnisse weiter validiert und vor allem aufgrund den Erfahrungen der Ansässigen die Sanierungsvarianten verbessert werden.

Ergebnisse

Die u.a. Darstellungen zeigen einen kleinen Ausschnitt des „Wormser Modells“ für den Ortsteil Abenheim der besonders stark durch Sturzfluten betroffen ist. Die blauen Linien zeigen die Entwässerungsgräben. Im mittleren Bild links ist das Gesamtmodell mit 14Mio. Elementen zu sehen. Die Darstellung in der Mitte links zeigt die Verteilung der Entwässerungsgräben (dunkelblau), der Fließgewässer Pfrimm und Eisbach (hellblau), die hydraulischen Strukturen wie z.B. Brücken, Dücker, Verrohrungen usw. Die unterste Darstellung zeigt die Gitternetzstruktur im blauen Bereich der ersten Grafik sowie einen Zeitpunkt der Simulation.



BGS IT&E
Information Technology & Engineering



BGS Wasser
Brandt Gerdes Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH