



## Urbane Sturzfluten in der Generalentwässerungsplanung

Bei der Generalentwässerungsplanung (GEP) wird ein bestehendes oder geplantes Abwassersystem analysiert. Aus einem GEP wird ersichtlich, wo Sanierungsbedarf besteht und wie sich Siedlungserweiterungen auf das bestehende Kanalnetz auswirken. Nach DIN EN 752 und DWA-A 118 ist der Netzkomfort und die Überflutungshäufigkeit für den Bestand und für Neuplanungen nachzuweisen.

In der Regel liegt die nachzuweisende Überstauhäufigkeit für den Bestand bei einmal in zwei Jahren bis einmal in fünf Jahren. Für die Sanierung sind Nachweise für Niederschlagsereignisse zu führen, die zwischen einmal in drei Jahren und einmal in zehn Jahren auftreten.

Überflutungen, also Schäden an umliegender Bebauung, sollen je nach Lage in der Stadt höchstens einmal in zehn Jahren (Außengebiete) bis hin zu einmal in 50 Jahren (unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen) auftreten.

Durch eine Häufung von noch selteneren Starkregen (einmal in 100 und mehr Jahren) in den letzten Jahren, wird von der DWA empfohlen, neben den Anforderungen der DIN EN 752, auch die Auswirkungen solcher seltenerer Ereignisse im GEP zu betrachten. Die Qualität der Werkzeuge, die hierfür im Rahmen des GEP genutzt werden können, hat sich zudem in den letzten Jahren stark verbessert.



Im Folgenden soll beleuchtet werden, welche Werkzeuge heute zur Betrachtung von seltenen Regenereignissen im GEP zur Verfügung stehen, welche Eingangsdaten erforderlich sind und welche Ergebnisse vom jeweiligen Modell erwartet werden können.

### Kanalnetzrechnung

In der reinen Kanalnetzrechnung fließen Belastungsgrößen für das Kanalnetz wie kanalisierte Flächen, Befestigungsgrade, Einwohnerzahlen oder Wasserverbräuche ein. Je nach Überlastung der Kanalhaltungen kommt es an einigen Schächten zum rechnerischen Überstau aus dem Kanalnetz. Reine Kanalnetzmodelle berechnen den Wassertransport im Kanalnetz, können jedoch keinen Wassertransport an der Oberfläche simulieren. Im Modell verbleibt das Überstauvolumen demnach über dem jeweiligen Überstauschacht und wird dem Kanalnetzmodell wieder zugeführt, sobald keine Überlastung des Netzes mehr vorherrscht.

Für die Erstellung von Kanalnetzmodellen bedarf es Kanaldaten (Haltungen und Schächte mit Höheninformationen) sowie an das Kanalnetz angeschlossene Flächen samt Befestigungsgraden. Als Ergebnis erhält man die hydraulische Auslastung der Haltungen sowie ggf.

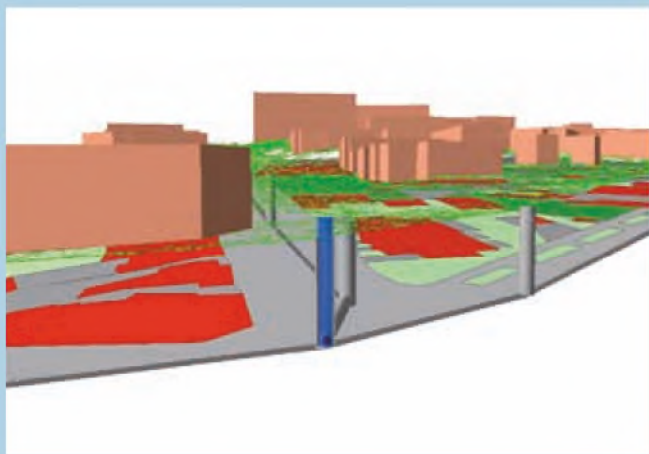


Abb. 1: Kanalnetzmodell: Es erfolgt eine Berechnung der Abflüsse und Wasserstände im Kanalnetz ohne Austausch mit der Oberfläche.

Überstauvolumina auf der Oberfläche. Bei diesem Ansatz wird der Abfluss auf den fiktiven, angeschlossenen Flächen gebildet und direkt, ohne Berücksichtigung der limitierenden Sinkkästen oder Fallrohre, ins Kanalnetz geschickt. Bei Ereignissen bis ca.  $T_n = 2 - 3$  a, die durch die Sinkkästen und Fallrohre ins Kanalnetz geleitet werden können, ist dieser Modellansatz aufgrund der kurzen Rechendauern und des verhältnismäßig einfachen Modellaufbaus geeignet. Mit abnehmender Wiederkehrhäufigkeit bedarf es bei diesem Modellansatz allerdings einer gewissen Interpretation der Ergebnisse (Abb. 1).

### Topografische Analysen

Aus Laserscandaten kann ein gleichmäßiges Raster erstellt werden, das stellenweise an Brücken oder Durchlässen nachbearbeitet werden muss. Für die Größe der Rasterzellen im DGM können 25 cm und kleiner gewählt werden. Die Gebäudeumringe sollten an unterströmmbaren Gebäudeteilen, Durchlässen oder Passagen so weit bereinigt werden, dass sich realistische Fließwege einstellen können. Das fertige, bereinigte DGM kann nun sowohl für die topografische (Fließwegakkumulation) als auch später für die hydraulische Analyse (2D-Oberflächenabflussmodell/bi-direktional gekoppeltes Kanalnetz-Oberflächenabflussmodell) herangezogen werden.

Topografische Analysen liefern Informationen über Geländesenken und Fließwege auf der Oberfläche. Die Fließwege können nach Einzugsgebiet und Größe ihrer seitlichen Zuflüsse klassifiziert werden. Eine Verschneidung mit der Empfindlichkeit von Bebauung und Infrastruktur zeigt Risikobereiche in der Stadt auf, die später durch detaillierte Hydraulikmodelle noch genauer analysiert werden können. Für die Generalentwässerungsplanung ist zudem interessant, wie Außengebiete oder größere Parkanlagen entwässern, da Oberflächenabflüsse von diesen Flächen in das Kanalnetz gelangen können. Oft können auch Fremdwassereinträge über Fließwegmodelle identifiziert werden.

Als Datengrundlage werden für die topografischen Analysen in erster Linie feinaufgelöste Höheninformationen (Laserscandaten oder Höhenpunkte aus Photogrammetrie) benötigt. Weiterhin sind georeferenzierte Informationen über Gewässerverrohrungen oder -durchlässe sinnvoll, um realistische Fließwege und Senken zu erhalten. Als

Ergebnis erhält man potenzielle Fließwege, die nach ihrem Einzugsgebiet eingefärbt werden können, sowie Geländesenken, die bis zu ihrem niedrigsten Überlaufpunkt gefüllt sind. Daher kann die Senkenanalyse als Worst-Case-Szenario betrachtet werden. Die topografischen Analysen ergeben eine feinaufgelöste und kostengünstige Erstabschätzung zur Starkregengefährdung, die allerdings keiner Jährlichkeit zuzuordnen ist und keine Informationen über Fließgeschwindigkeiten oder Wasserstände gibt. Mit der Zuhilfenahme von leistungsstarken Grafikkarten können so Gebiete von 1.000 km<sup>2</sup> und mehr in sehr feiner Auflösung untersucht werden (Abb. 2).

### 2D-Oberflächenabflussmodelle

Mittlerweile können ganze Stadtgebiete auch als 2D-Oberflächenabflussmodell gerechnet werden. Dafür wird ein im Vergleich zu den topografischen Analysen gröberes Raster-DGM oder ein unregelmäßiges Dreiecksnetz (Triangulated Irregular Network – TIN) erstellt. Das Modell wird flächig mit einem Modellregen belastet, der zu Fließwegen und gefüllten Senken auf der Oberfläche führt. Das Kanalnetz wird aufgrund der Modellgröße nicht berücksichtigt. Als Datengrundlage dient ein DGM, das bestenfalls schon mittels topografischer Analysen plausibilisiert wurde, sodass relevante Durchlässe auch ins 2D-Oberflächenmodell übernommen werden können. In einem TIN-Modell können Häuserbruchkanten eingebracht werden, in einem Rastermodell Gebäude über die Dachhöhen berücksichtigt werden, wobei eine Berücksichtigung der Gebäude bei größeren Zellengrößen nicht mehr sinnvoll möglich ist. Als Ergebnis erhält man Fließwege und gefüllte Geländesenken mit den Informationen über Fließgeschwindigkeiten und Wasserständen, allerdings in einer gröberen Auflösung. Diese Untersuchung kann für Stadtgebiete mit mehreren Hundert Quadratkilometern durchgeführt werden, wobei es sinnvoll sein kann, das untersuchte Gebiet etwa an Wasserscheiden zu unterteilen, um in den Teilmodellen eine höhere Auflösung zu erreichen (Abb. 3).

### Bi-direktional gekoppelte Kanalnetz-Oberflächenabflussmodelle

Für die detaillierte Betrachtung seltener Ereignisse und zur Überflutungsprüfung sind bi-direktional gekoppelte Modelle sinnvoll, die die Interaktion zwischen Kanalnetz und Oberfläche berücksichtigen. Inzwischen ist bei solchen Modellen eine Detailstufe erreicht, bei

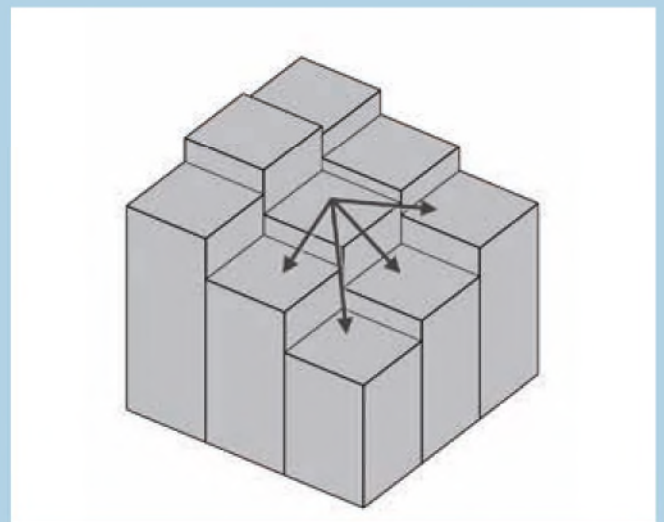


Abb. 2: Topografische Analysen: Potenzielle Fließwege und Geländesenken werden über einen Vergleich der Geländehöhen ermittelt. Die Fläche der mittleren Zelle wird anteilig an die niedrigeren Nachbarn verteilt. So entstehen im Gesamtmodell Fließwege. Geländesenken werden bis zu ihrem niedrigsten Überlaufpunkt aufgefüllt.

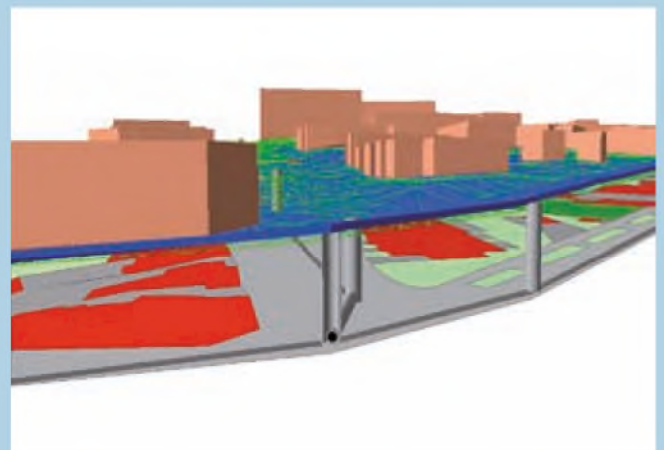


Abb. 3: 2D-Oberflächenabflussmodell: Es erfolgt die Oberflächenabflusssimulation bestimmter Regenereignisse ohne Berücksichtigung des Kanalnetzes.

der die Modelle berechnet werden können und bei der das Wasser – wie in der Realität – über Straßeneinläufe in die Kanalisation gelangt. Bisher wurde das Niederschlagswasser rechnerisch zunächst dem Kanal zugeordnet, um dann aus den Überstauschächten auf die Oberfläche zu gelangen. Erste Berechnungen mit Berechnung und Straßeneinläufen im Modell haben gezeigt, dass die ermittelten Überstauschächte sich im Vergleich zu bisherigen Berechnungen mit traditionellen und gekoppelten Kanalnetzmodellen deutlich reduziert haben und nach unserer Einschätzung zu realitätsnäheren Ergebnissen führen. Damit lassen sich die üblichen und seltenen Starkregenereignisse besser abbilden und unnötige Investitionen vermeiden bzw. wirksamer einsetzen. Die Datengrundlage ist hierbei, wie schon bei dem 2D-Oberflächenabflussmodell, ein möglichst plausibilisiertes Geländemodell sowie ein Kanalnetzmodell. Als Ergebnisse erhält man neben Fließwegen und gefüllten Senken auf der Oberfläche auch Informationen über den Auslastungsgrad der Kanalhaltungen sowie über Austauschmengen zwischen Kanalnetz und Oberfläche. Anhand des Zulaufes von der Oberfläche in das Kanalnetz kann das Modell plausibilisiert werden, da in ersten Modellversuchen z. B. an der Bergischen Universität Wuppertal deutlich wird, was Sinkkästen abhängig von Quer- und Längsgefälle leisten können. Durch die Komplexität dieses Modellansatzes werden so bislang nur einzelne GEP-Einzugsgebiete von wenigen Zehn Quadratkilometern untersucht, jedoch steigt die Modellgröße zukünftig mit zunehmender Rechenleistung der Computer (Abb. 4).

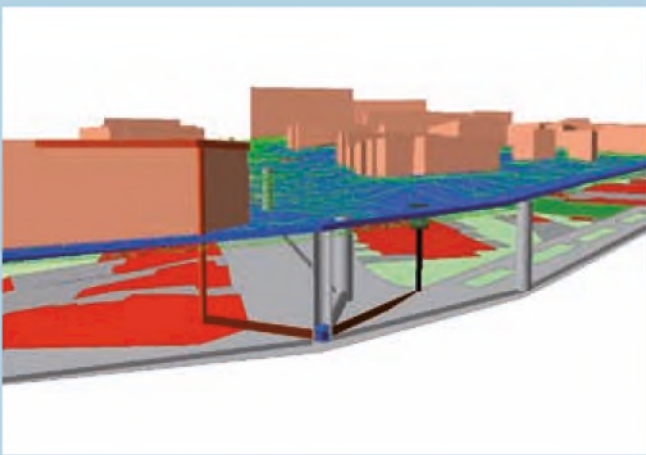


Abb. 4: Bi-direktional gekoppeltes Kanalnetz-Oberflächenabflussmodell: Das Oberflächenabflussmodell wird flächig berechnet. Ein Austausch mit dem Kanalnetz findet an definierten Stellen (Schächte oder Sinkkästen) statt.

### Zusammenfassung

Bei der Generalentwässerungsplanung stehen einige Modelle zur Verfügung, die die Auswirkungen von seltenen Starkregen und den daraus resultierenden urbanen Sturzfluten zeigen sollen. Die reine Kanalnetzhydraulik ist immer dann sinnvoll, wenn die Intensitäten des berechneten Ereignisses die Aufnahmekapazität der Sinkkästen, Dach- und Grundstücksentwässerung nicht überschreitet. Für Ereignisse, bei denen mit einem erheblichen Oberflächenabfluss zu rechnen ist, eignen sich Modelle, denen ein digitales Geländemodell (DGM) zugrunde liegt.

Topografische Analysen führen zu potenziellen Fließwegen und Geländesenken auf der Oberfläche. Da es sich hier um einen Vergleich der Geländehöhen handelt, erhält man eine allgemeine Aussage zur Gefährdung, die losgelöst von einem bestimmten Niederschlagsereignis ist. Die Senken werden bis zu ihren niedrigsten Überlaufpunkten aufgefüllt, sodass man hier ein Worst-Case-Szenario zur Überflutung sieht. Topografische Analysen eignen sich für großflächige Risikoerstabschätzungen und führen neben Fließwegen und Geländesenken auch zu einem hydrologisch plausibilisierten, fein aufgelösten Raster-DGM, das eine hervorragende Grundlage für weitere Betrachtungen zur Starkregenproblematik bietet.

Aus diesem Raster-DGM kann etwa ein 2D-Oberflächenabflussmodell erstellt werden, das zwar bezüglich der Punktdichte noch deutlich ausdünnen ist, jedoch Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten zu definierten Modell- oder Naturregenereignissen ergibt. So können bereits ganze Stadtgebiete gerechnet werden. Hier wird das Kanalnetz vernachlässigt. Um dieses zu betrachten, bedarf es sogenannter bi-direktional gekoppelter Kanalnetz-Oberflächenabflussmodelle. Hier wird die Oberfläche zusammen mit dem Kanalnetzmodell abgebildet. Diese Modelle können flächig berechnet werden, sodass Wasser – wie auch in der Realität – nur an bestimmten Punkten (Schächte oder Sinkkästen) ins Kanalnetz gelangt. Aufgrund der Komplexität der Modelle können so bislang nur Teile eines Stadtgebietes berechnet werden.

Die beschriebenen Modelle versuchen, die komplexen Abflussprozesse im städtischen Kontext abzubilden, und werden zunehmend detaillierter, jedoch bleiben sie, was sie sind: modellhafte Abbildungen der Realität.

### Autor

Sebastian Czickus, Ingenieurbüro Reinhard Beck & Co. KG, Wuppertal