

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell



Dipl.-Ing. Ralf Engels

DHI Wasser und Umwelt GmbH
Wiesenstr. 10a, 28857 Syke
+49 (0) 4242 1638-12
email: rae@dhi-umwelt.de



Die hydrodynamische Kanalnetzmodellierung ist ein Standardwerkzeug für die Bemessung von Kanalnetzen. Neben der Berechnung der hydrologischen und hydraulischen Gegebenheiten in einem städtischen Einzugsgebiet gehören auch weiterführende Technologien mittlerweile zum Standard. So können alle steuerbaren Elemente eines Kanalnetzes dynamisch so optimiert werden, dass die Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes zusätzlich gesteigert werden kann. Automatische Werkzeuge zur dynamischen hydraulischen Schmutzfrachtberechnung ermöglichen die Erweiterung der Steuerung – insbesondere von Entlastungsanlagen – im Hinblick auf die entlasteten Schmutzfrachten und geben darüber hinaus detaillierte Informationen für den Betrieb der Kläranlage. Weiterführende biologische Prozessmodellierungen ergänzen dieses Themenfeld.

GIS Werkzeuge können bei der räumlich differenzierten Modellierung von Kanalnetzen wertvolle Dienste leisten. Die detaillierte Betrachtung einzelner Haltungsflächen in ihrem räumlichen Zusammenhang ist damit ebenso möglich wie eine komplette Verwaltung aller für die Kanalnetzmodellierung notwendigen Daten in einem übersichtlichen grafischen Menü.

Die Grenzen der Kanalnetzmodellierung lagen in früheren Zeiten an dessen Rand. Detaillierte Informationen über die Wege des Wassers auf der Geländeoberfläche, an der Schnittstelle zu Vorflutern und in der Interaktion mit Grundwasser waren bisher nicht modelltechnisch bewertbar. Eine dynamische Kopplung verschiedener Modelle zur Darstellung aller relevanten hydraulischen Prozesse ermöglicht eine

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

integrative Betrachtung aller möglichen Wege, die das Wasser in der Stadt nehmen kann (Mark & Djordjevic, 2006).

Dieser Beitrag präsentiert den Stand der Technik für die integrierte Modellierung städtischer Überschwemmungen mit Hilfe der Modellkopplung von Oberflächenmodellen und Kanalnetzmodellen.

MODELLIERUNG STÄDTISCHER ÜBERSCHWEMMUNG

Instationäre hydrodynamische Computermodelle sind Standardwerkzeuge für die Ermittlung städtischer Überschwemmungen (Mark & Hosner, 2005). Allerdings liefert ein eindimensionales Kanalnetzmodell an seinen Rändern (Geländeoberkante, Vorfluter, Austausch mit Grundwasser) keine ausreichend detaillierten Informationen. Ein Überstauereignis an einem Schacht kann mit Hilfe des eindimensionalen Kanalnetzmodells in Form einer Druckhöhe und eines ausgetretenen Volumens angegeben werden. Diese Informationen unterliegen aber bereits gewissen Annahmen bezüglich der Beschaffenheit der Geländeoberfläche. So wird z.B. ein virtuelles Becken mit bestimmten Ausmaßen angenommen, in dem das Wasser zwischengespeichert wird (Abbildung 1.). Ein Abfließen des Wassers kann zwar statisch simuliert werden, aber die Realitätsnähe ist in jedem Fall zweifelhaft.

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

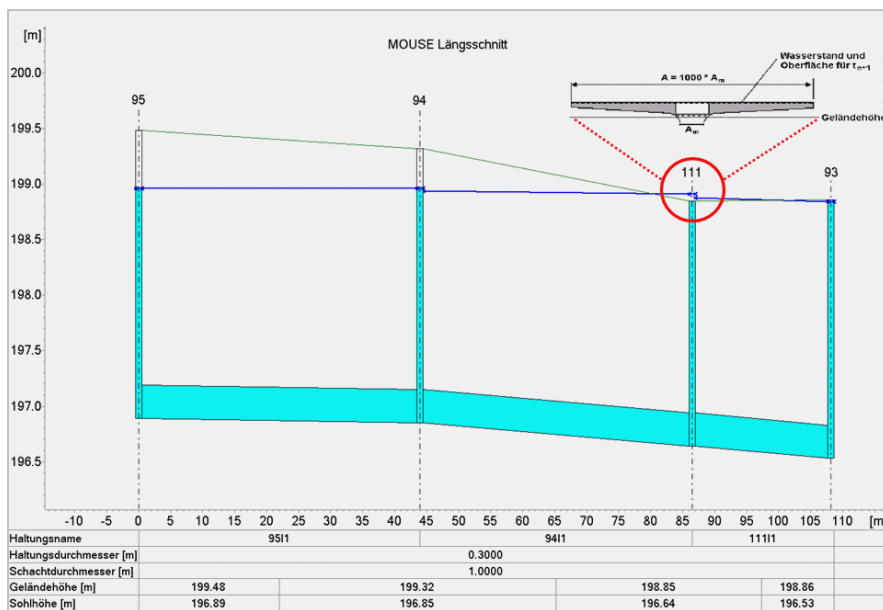


Abbildung 1.: Längsschnitt mit schematischem virtuellem Becken für Überstau Betrachtungen

Die Ungenauigkeiten, die aufgrund der Randbedingungen zwischen Kanalnetz und Geländeoberfläche vorhanden sind, müssen aus diesem Grund im Bewusstsein der Planer verankert sein und zu einer permanenten kritischen Hinterfragung der Ergebnisse einer Modellierung führen. Die Überstauvolumina und auch die Überstauzeiten entstehen zum Teil aus den oben genannten vereinfachten Annahmen, so dass die Frage nach dem Schadenspotential eines Überstaus alleine aus diesen Daten nur bedingt gewonnen werden kann. In jedem Fall existieren zwischen den Modellierungsergebnissen und den tatsächlichen potentiellen Schäden nicht unerhebliche Grauzonen, die bei der einfachen Kanalnetzmodellierung nur durch Vor-Ort-Kenntnisse oder historische Ereignisse konkretisiert werden können.

Ähnlich verhält es sich bei der Betrachtung der Schnittstelle zwischen dem Kanalnetzmodell und dem angrenzenden Vorfluter. Wenn eine Entlastung Auswirkungen auf den Wasserstand in einem Vorfluter hat, so

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

kann diese mit dem Kanalnetzmodell alleine in der Regel nicht dynamisch abgebildet werden und so zu falschen Annahmen der hydraulischen Verhältnisse an dieser Schnittstelle führen. Eine Unterschätzung oder eine Überschätzung der Auswirkungen des Außenwasserstandes ist die Folge.

Im Allgemeinen ist eine isolierte Betrachtung des Kanalnetzes in vielen Fällen mit der Annahme von Randbedingungen verknüpft, die Vereinfachungen der Ränder des Kanalnetzes vornehmen und damit zu Unsicherheiten führen. Im Gegensatz zu weiteren Unsicherheiten durch die Niederschlag-Abfluss-Modellierung und die Genauigkeit und Aktualität der Netzdaten können diese Unsicherheiten durch Modellkopplungen vermindert werden.

Die beiden oben genannten Fälle der detaillierten Betrachtung von Randbedingungen bei der Kanalnetzmodellierung werden mit dem Modellierungspaket MIKE URBAN FLOOD berücksichtigt.

MODELLKOPPLUNGEN IM STÄDTISCHEN RAUM: MIKE URBAN FLOOD

Die Basis von Modellkopplungen im städtischen Raum bilden die zweidimensionalen Oberflächenmodelle. Für die zweidimensionale Berechnung von Wasserbewegungen auf der Geländeoberfläche sind möglichst genaue Kenntnisse über die Beschaffenheit des Geländes erforderlich. Hier gibt es eine Reihe von vordefinierten Fließwegen, klar definierten Fließhindernissen und viele unterschiedliche Oberflächentypen. Grundlage der Modellierung ist dabei ein digitales Geländemodell mit einer möglichst hohen Auflösung. Das Geländemodell liefert die wichtigen Informationen zur Beschaffenheit des Geländes, die für die Modellierung physikalischer Prozesse im Zusammenhang mit den dort befindlichen Wassermengen entscheidend sind [2]. Diese sind u.a. das

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

Gefälle, der Bodentyp, die Landnutzung, eventuelle Fließhindernisse und weitere Geländeeigenschaften.

Im städtischen Raum existiert neben diesen freien Flächen eine Vielzahl von Flächen mit ganz unterschiedlichen Eigenschaften. So wird Niederschlag, der auf Dachflächen fällt, im zweidimensionalen Modell gar nicht berücksichtigt, da dieser direkt in die Kanalisation abgeführt wird und keine räumliche Verbindung der Dachflächen mit anderen Flächen im 2D-Modell besteht. Die Dächer der Gebäude sind somit für das zweidimensionale Modell nicht relevant und werden aus der Berechnung herausgenommen (die Flächen werden im Kanalnetzmodell berücksichtigt). Straßen dagegen sind ein entscheidender Fließweg städtischer Überschwemmungen und somit ein wichtiger Bestandteil eines städtischen 2D-Modells. Hier muss der Detaillierungsgrad des Höhenmodells so genau sein, dass die Kanten der Bürgersteige mit abgebildet werden. Auch hier ist zu berücksichtigen, dass große Teile des auf der Straße fließenden Wassers über die Seiteneinläufe von der Straße in das Kanalnetz gelangen können. Umgekehrt wird ein Überstau aus dem Kanalnetz in der Regel auf der Straße stattfinden, da sich dort die meisten freien Verbindungen zum Kanalnetz befinden.

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

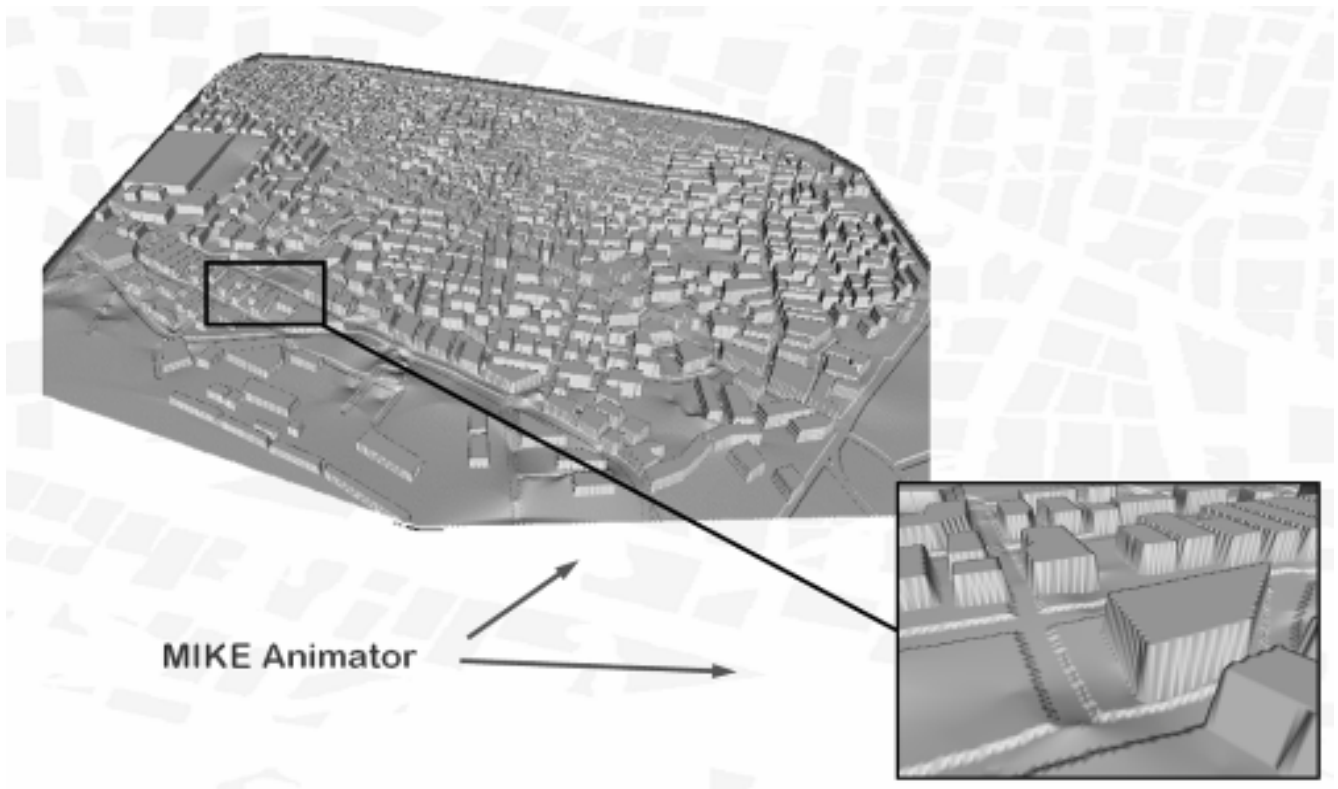


Abbildung 2.: Zweidimensionales Geländemodell im städtischen Raum mit Gebäuden und Straßendarstellungen

Die Energieverluste während des Fließprozesses im städtischen Raum unterliegen ebenfalls sehr großen Schwankungen. Fließt Wasser durch einen Garten oder Park mit viel Pflanzenbewuchs und hohen Rauigkeiten, so ist der Reibungseinfluss deutlich größer als auf einer asphaltierten Straße.

Demzufolge ist eine detailgenaue Anpassung des vorhandenen Geländemodells für die Modellkopplung von entscheidender Bedeutung.

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

Die Kopplung der eindimensionalen Modelle für die Fließgewässermodellierung und für die Kanalnetzmodellierung an das zweidimensionale Modell findet über eine räumliche Zuordnung der Kopplungspunkte an Rasterzellen statt. Dabei werden die Schächte dynamisch an die räumlich zugeordneten Rasterzellen des 2D-Modells gekoppelt und alle relevanten hydraulischen Parameter an die Modelle übergeben. Wie in Abbildung 3. dargestellt, sind bei dieser Kopplung vier Fließzustände möglich [6]:

- Überstau aus dem Kanalnetz sorgt für ein Fließen aus dem Kanalnetz unter Druck auf die Oberfläche (A)
- Überstau aus dem Kanalnetz sorgt für ein Fließen aus dem Kanalnetz unter Druck auf die Oberfläche mit sofortigem Abfluss (kein Sammeln des Wassers auf der Oberfläche) (B)
- Überstau auf der Oberfläche sorgt für ein Fließen des Oberflächenwassers in das Kanalnetz, in dem kein Überstau herrscht (C)
- Wasser fließt auf der Oberfläche und gelangt in das Kanalnetz, in dem kein Überstau herrscht (D)

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

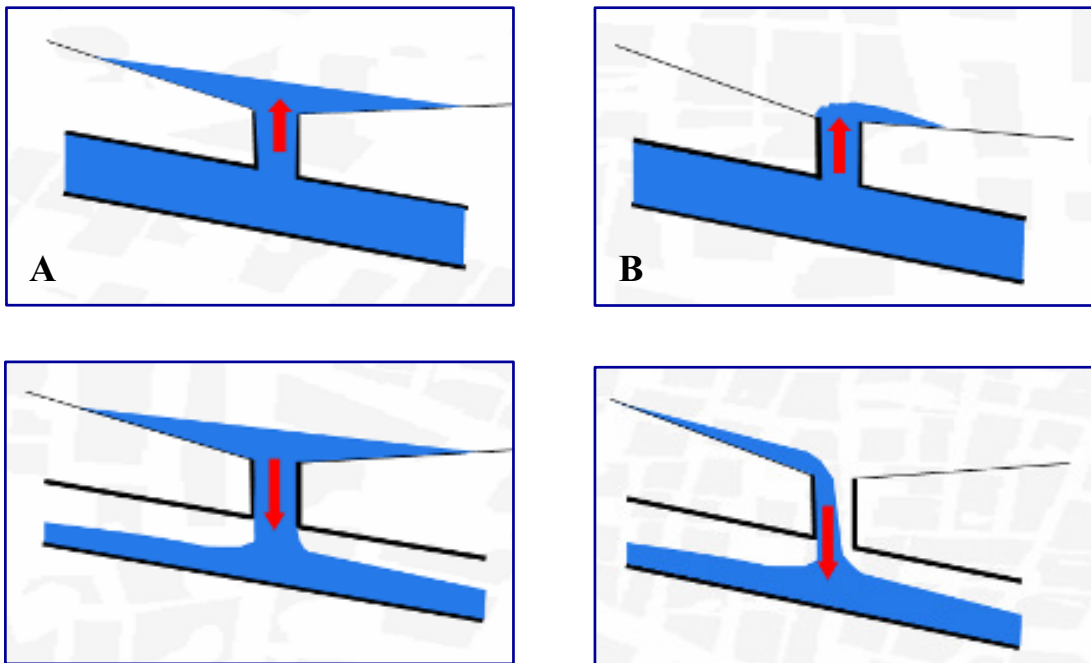


Abbildung 3.: Fließzustände bei der Modellkopplung von Kanalnetzmodell und Oberflächenmodell [6]

Die Kopplung mit den 1D-Fließgewässermodellen funktioniert ähnlich. Für das rechte und das linke Ufer werden getrennte Anbindungen durch eine Übergabe der hydraulischen Parameter an die entsprechenden Rasterzellen vorgenommen, um Ausuferungen und die entsprechenden Auswirkungen der Ausuferungen auf die Wasserstände im Fließgewässer darzustellen. Hier besteht auch die Möglichkeit, das Fließgewässer ausschließlich über die 2D-Modellierung abzubilden, indem die Fließquerschnitte in das Rastermodell integriert werden. Diese Abbildung ermöglicht eine genauere, nämlich zweidimensionale Betrachtung der Fließzustände im Gewässer. Der wesentliche Vorteil der Kopplung mit dem eindimensionalen Modell liegt in der kürzeren Rechenzeit und in den vielfältigen Möglichkeiten, im 1D-Modell Strukturen wie Brücken,

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

verrohrte Strecken oder Ähnliches hydraulisch abzubilden, was im 2D-Modell nicht ohne weiteres geleistet werden kann [2].

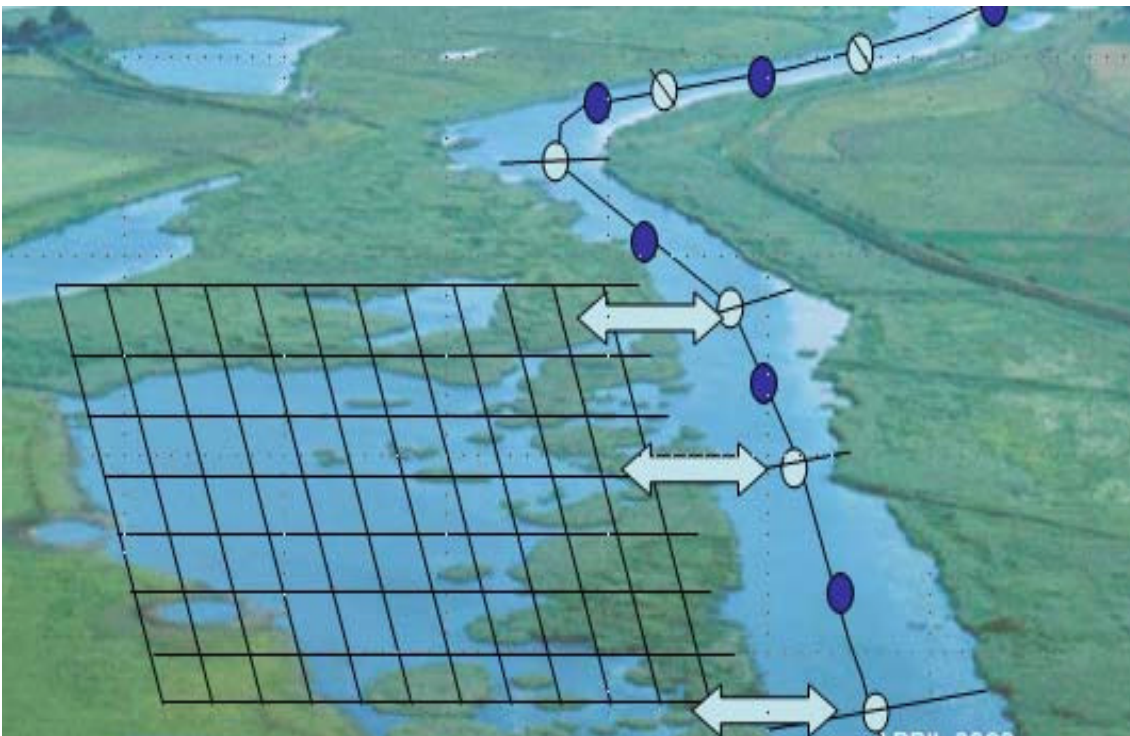


Abbildung 4.: Schematische Modellkopplung von 1D-Fließgewässermodellen und 2D- Oberflächenmodellen

Die Übergabe von hydraulischen Parametern zwischen den beiden eindimensionalen Modellen geschieht über das zweidimensionale Modell. Die Parameter werden an eine Rasterzelle übergeben und zusammengeführt, berechnet und anschließend an die beiden eindimensionalen Modelle als Parameter zurückgegeben.

Die technische Umsetzung der Modellkopplung für die Modellierung städtischer Überschwemmungen geschieht also Punktweise in den 1D-

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

Modellen und Rasterweise bezüglich des Oberflächenwassers anhand des 2D-Modells. Modellkopplungen mit Grundwassermodellen finden im Wesentlichen mit den eindimensionalen Modellen statt (Interaktion zwischen Kanalnetz und Grundwasser, Interaktion zwischen Fließgewässersohle und Grundwasser), können allerdings auch über das 2D-Modell durchgeführt werden.

Die Genauigkeit und die Kalibrierung der einzelnen Modelle stehen dabei im Vordergrund. Die Grundlage eines aussagefähigen Modellkomplexes sind kalibrierte und validierte Einzelmodelle. Diese bilden die Basis der Modellkopplung.

RANDBEDINGUNGEN: FRÜHERKENNUNG VON STARKNIEDERSCHLÄGEN UND DEREN RÄUMLICHE VERTEILUNG

Zu einer erfolgreichen Modellkopplung gehören klar definierte und den realen Bedingungen entsprechende Randbedingungen. Diese können unterteilt werden in Randbedingungen, die nur für eines der Einzelmodelle gelten und Randbedingungen, die auf die verschiedenen Modelle aufgeteilt werden. Besonderes Augenmerk gilt hier dem Niederschlag als Eingangsgröße. In jedem der bestehenden Einzelmodelle spielt dieser eine bedeutende Rolle. Für eine gekoppelte Berechnung ist eine Aufteilung des Niederschlags auf das Kanalnetzmodell und das Oberflächenmodell wichtig, bei Fließgewässern mit kleinen Einzugsgebieten muss zusätzlich der Anteil des Niederschlagsabflusses in das Fließgewässer berücksichtigt werden. Hier spielt neben der Niederschlagsmenge und der zeitlichen Verteilung auch die räumliche Verteilung des Niederschlags eine große Rolle und dabei insbesondere in städtischen Einzugsgebieten mit versiegelten Flächen. Für das Kanalnetzmodell werden die direkt an den Kanal angeschlossenen Flächen (Dachflächen, Grundstücksentwässerungen etc.) benötigt, die im Oberflächenmodell nicht auftreten dürfen, da diese Wasser-

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

mengen modelltechnisch nicht oberflächlich abfließen. Die übrigen abflusswirksamen Flächen werden bei der Modellkopplung nicht über das Kanalnetzmodell abgebildet, sondern über das 2D-Oberflächenmodell. Zusätzlich werden auch die Abflüsse von nicht abflusswirksamen Flächen mit berücksichtigt. Teilflächen, die Einfluss auf ein Hochwasser in einem städtischen Fließgewässer haben, werden in der Regel auch über das 2D-Oberflächenmodell mit modelliert.

Bei der Aufteilung der Randbedingung Niederschlag in verschiedene kleine, räumlich diskretisierte Teilflächen besteht ein großes Fehlerpotenzial bei der Auswertung von Punktniederschlägen durch eine oder mehrere Niederschlagsstationen im Untersuchungsgebiet. Während die Niederschlagsverteilung bei der Nutzung eines Modells manchmal im Mittel über das gesamte Gebiet akzeptable Ergebnisse liefert, können diese insbesondere bei der Modellkopplung zu großen Unsicherheiten und Ungenauigkeiten führen.

Die Lösung der Problematik bieten räumlich hoch aufgelöste Niederschläge, die mit Hilfe einer Vielzahl von Niederschlagsschreibern oder durch die Fernerkundung mit Hilfe von Radargeräten erreicht werden können. Die Verteilung von Niederschlagsschreibern gestaltet sich in der Praxis sehr schwierig, da nicht an allen relevanten Stellen eine ungestörte Datenerfassung des Niederschlags gewährleistet ist und die Unterhaltung dieser Vielzahl von Geräten sehr aufwändig ist. Als Alternative bietet sich ein lokaler Niederschlagsradar an, der im unmittelbaren Einzugsgebiet einer Stadt in der Lage ist, Niederschlagsdaten mit einer Auflösung von bis zu 100m x 100m in Intervallen von fünf Minuten zu liefern (Jensen, 2004). In einem Feldversuch in Dänemark wurde dieser Typ Niederschlagsradar mit einem Beobachtungsradius von 60km und einer räumlichen Auflösung zwischen 500m x 500m bis hin zu 100m x 100m anhand von Vergleichsmessungen mit Niederschlagsschreibern kalibriert. Dazu wurden auf

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

einer freien Fläche von 500m x 500m neun Regenschreiber aufgestellt, die als Referenz für die vom Radar gemessenen Daten galten. Eine Messreihe mit einer Dauer von 5 Tagen ergab bereits in diesem kleinen Bereich für die neun Niederschlagschreiber bedeutende Unterschiede in der gemessenen Regenmenge (Abbildung 5.) (Jensen, 2004).

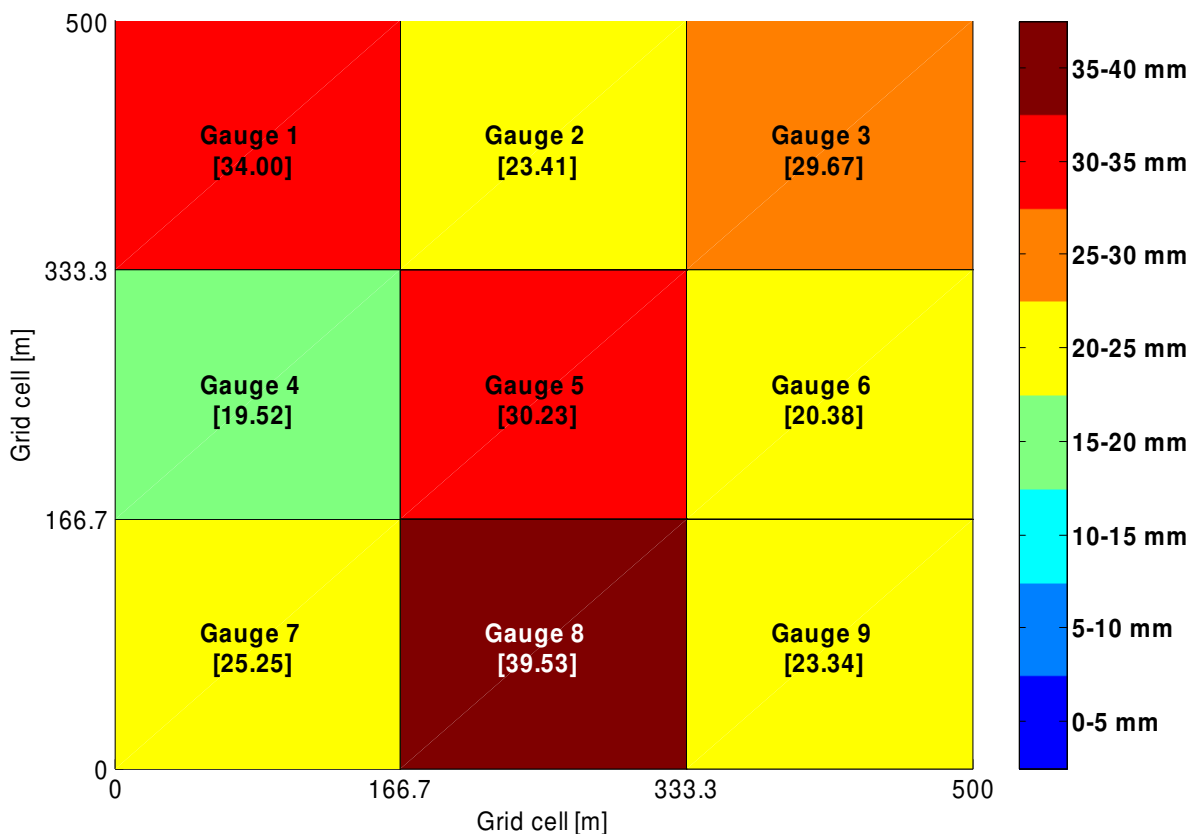


Abbildung 5.: Niederschlagsmessungen mit Regenschreibern in hoher räumlicher Auflösung [5]

Die akkumulierten Niederschläge über den Zeitraum von fünf Tagen zeigen auf diesem Versuchsfeld bereits eine deutliche räumliche Verteilung. Ein einzelner Niederschlagschreiber auf dieser kleinen

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

Fläche hätte bereits Unterschiede im Bereich von 50% und mehr der Niederschlagsmenge anzeigen können, wenn dieser nicht im linken oberen Feld (34,00 mm Niederschlag), sondern 167 m weiter südlich (19,52 mm Niederschlag) gestanden hätte (Jensen, 2004).

Parallel zu den Messungen des Niederschlagsschreibers wurden Messungen von einem lokalen Niederschlagsradar im gleichen Gebiet durchgeführt. Dieses Radargerät lieferte Daten in einer räumlichen Auflösung von 500m x 500m bis hin zu 100m x 100m. Die Abbildung 6. zeigt exemplarisch für ein Einzelereignis die Genauigkeitssteigerung in der räumlichen Diskretisierung von Niederschlägen mit Hilfe dieses lokalen Niederschlagsradars (2 km x 2 km bis hin zu 100 m x 100 m). Im unteren rechten Bild D werden detaillierte Informationen übergeben, die eine räumlich differenzierte Ermittlung der tatsächlich in diesem Gebiet gefallenen Niederschläge erlauben und Ungenauigkeiten bei der Niederschlag-Abfluss-Modellierung und der Modellkopplung mit 2D-Oberflächenmodellen verringern.

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

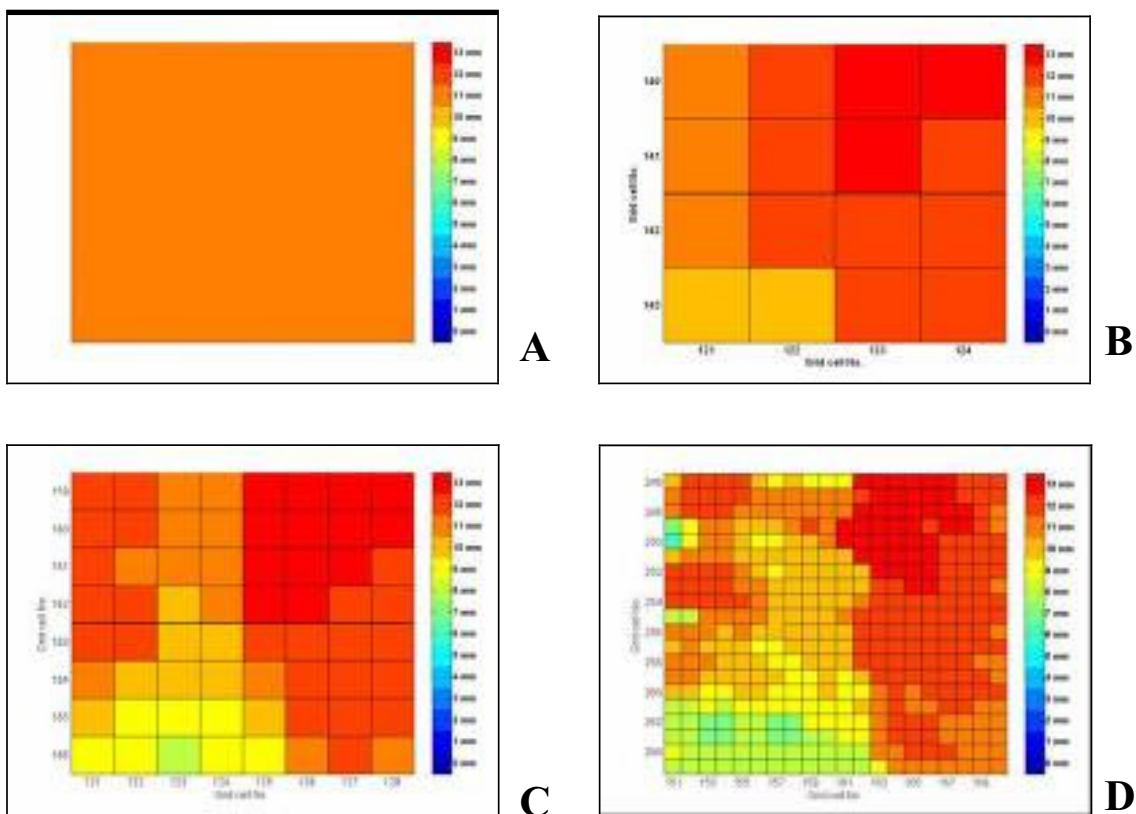


Abbildung 6.: Niederschlagsmessungen mit Hilfe eines lokalen Niederschlagsradars in verschiedenen räumlichen Auflösungen (Rasterweite: A: 2.000 m, B: 500 m, C: 250 m, D: 100 m) [5].

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

OPTIMIERTE KANALNETZMODELLIERUNG: MIKE URBAN FLOOD + NIEDERSCHLAGSRADAR

Die Kopplung von verschiedenen hydraulischen Modellen ermöglicht in Kombination mit einer möglichst genauen Verfügbarkeit der Randbedingungen (Niederschlag etc.) die Entwicklung eines Hilfswerkzeuges, mit dessen Hilfe neben einer mit deutlich weniger Unsicherheiten behafteten Modellierung von Kanalnetzen eine Vielzahl von weiteren Aufgaben bewältigt werden kann. So erlauben die gekoppelten Modelle mit zugehörigen Niederschlagsdaten eines lokalen Niederschlagsradars eine bessere räumliche Verteilung der Abflussbildungsprozesse für das Kanalnetz und die städtischen Fließgewässer/Vorfluter (Abbildung 7.). Daraus ergibt sich bereits in den einzelnen Modellen eine Genauigkeitssteigerung. Die Kombination von Kanalnetzmodell, Fließgewässermodell und 2D-Oberflächenmodell erlaubt darüber hinaus die Ermittlung einer detaillierten räumlichen Verteilung von städtischen Überschwemmungen, die z.B. für die Feuerwehr oder den Katastrophenschutz eine wichtige Rolle spielen können. Kurzzeitvorhersagen von einem lokalen Niederschlagsradar (bis zu einer Stunde) erlauben darüber hinaus, Steuerungsoptionen im Kanalnetz im Voraus zu bewerten und so entsprechend auf ein Niederschlagsereignis reagieren zu können. Ebenso können Vorsichtsmaßnahmen an bekannten problematischen Überstaubereichen getroffen und Sanierungsmaßnahmen im Kanalnetz hinsichtlich ihrer Wirkung bezüglich der Vermeidung von Überstauschäden priorisiert werden.

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

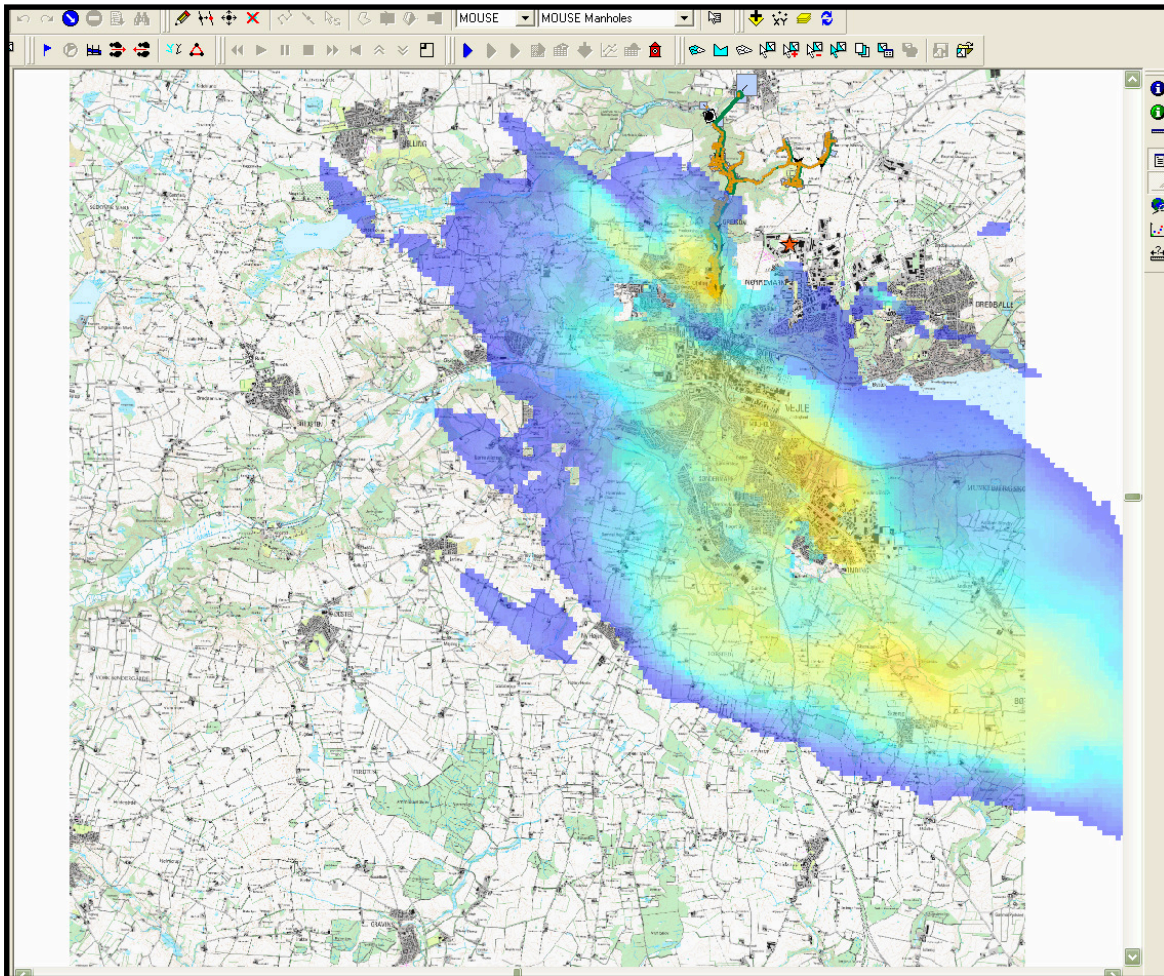


Abbildung 7.: Niederschlagsverteilung aus einem Radarbild als Eingangsdaten für die Kanalnetzmodellierung mit MIKE URBAN

Die modelltechnische Vorgehensweise der Integration von Radardaten in die Kanalnetzmodellierung funktioniert wie folgt: die Niederschlagsdaten werden mit den in MIKE URBAN ermittelten Einzugsgebietsflächen verschnitten. Die Niederschläge für die Einzugsgebietsflächen werden dann als Flächenanteil je Radarpixel für die Zeitschritte von fünf Minuten an das Oberflächenabflussmodell von MIKE URBAN übergeben und

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

ergeben so einen räumlich verteilten Niederschlag, der individuell für jede Einzugsgebietsfläche ermittelt wird (Abbildung 8.).

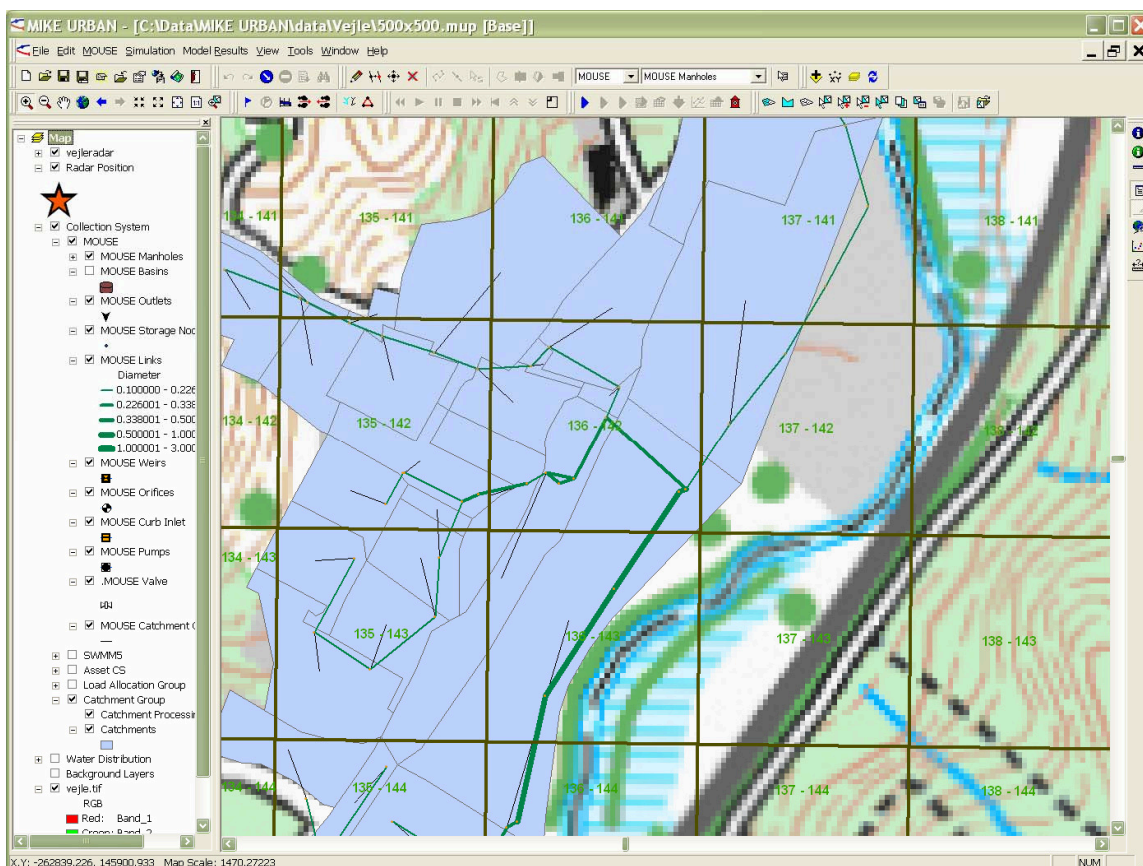


Abbildung 8.: Rasterzellen des Niederschlagsradars und Einzugsgebietsflächen des Kanalnetzmodells in MIKE URBAN.

In Kombination mit einem 2D-Oberflächenmodell können die Niederschläge weiter differenziert betrachtet werden. So können die versiegelten Flächen an das Kanalnetzmodell angeschlossen werden, während die unversiegelten und/oder nicht an das Kanalnetz angeschlossenen Flächen in Ihrer Abflusswirkung über das Oberflächenmodell berücksichtigt werden können. Der Oberflächenabfluss in

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

Richtung Kanalnetz wird so ebenso berücksichtigt wie ein Überstau aus dem Kanalnetz mit anschließendem oberflächlichem Abfluss des Wassers auf dem Gelände inklusive des Rückflusses in das Kanalnetz. Überschwemmungen aus Ausuferungen von Vorflutern und innerstädtischen Gewässern werden ebenfalls über das 2D-Oberflächenmodell abgebildet.

Ergänzend zu den hydraulischen Parametern besteht die Möglichkeit, zusätzliche an die hydraulischen Gegebenheiten geknüpfte Parameter zu ermitteln und zwischen den Modellen auszutauschen. Dazu gehören die Schmutzfrachtberechnung, der Sedimenttransport oder biologische Prozesse. Diese Daten können wiederum mit Steuerungsoptionen verbunden werden, die eine Optimierung der einzelnen Parameter für die Kläranlagensteuerung oder die Gewässergüte eines Vorfluters vornehmen.

BEISPIELE: ERGEBNISSE DER GEKOPPELTEN MODELLIERUNG IM STÄDTISCHEN RAUM

Die gekoppelte Modellierung von Kanalnetz und 2D-Oberflächenmodell gibt als Resultat eine Überschwemmungsfläche aus, die das Ausmaß eines Überstaus aus dem Kanalnetz zeigt und somit in der Lage ist, kritische Punkte im städtischen Raum ausfindig zu machen und einen Prozess zur Verminderung/Vermeidung von Überstau zu priorisieren. Auch die Modellierung von Extremereignissen für die Auswertung des Schadenspotentials eines Überstaus ist so möglich. Die Abbildung zeigt hierzu eine exemplarische Überschwemmungsfläche aus einem Überstauereignis in der Stadt Ballerup in Dänemark für ein Starkniederschlagsereignis.

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

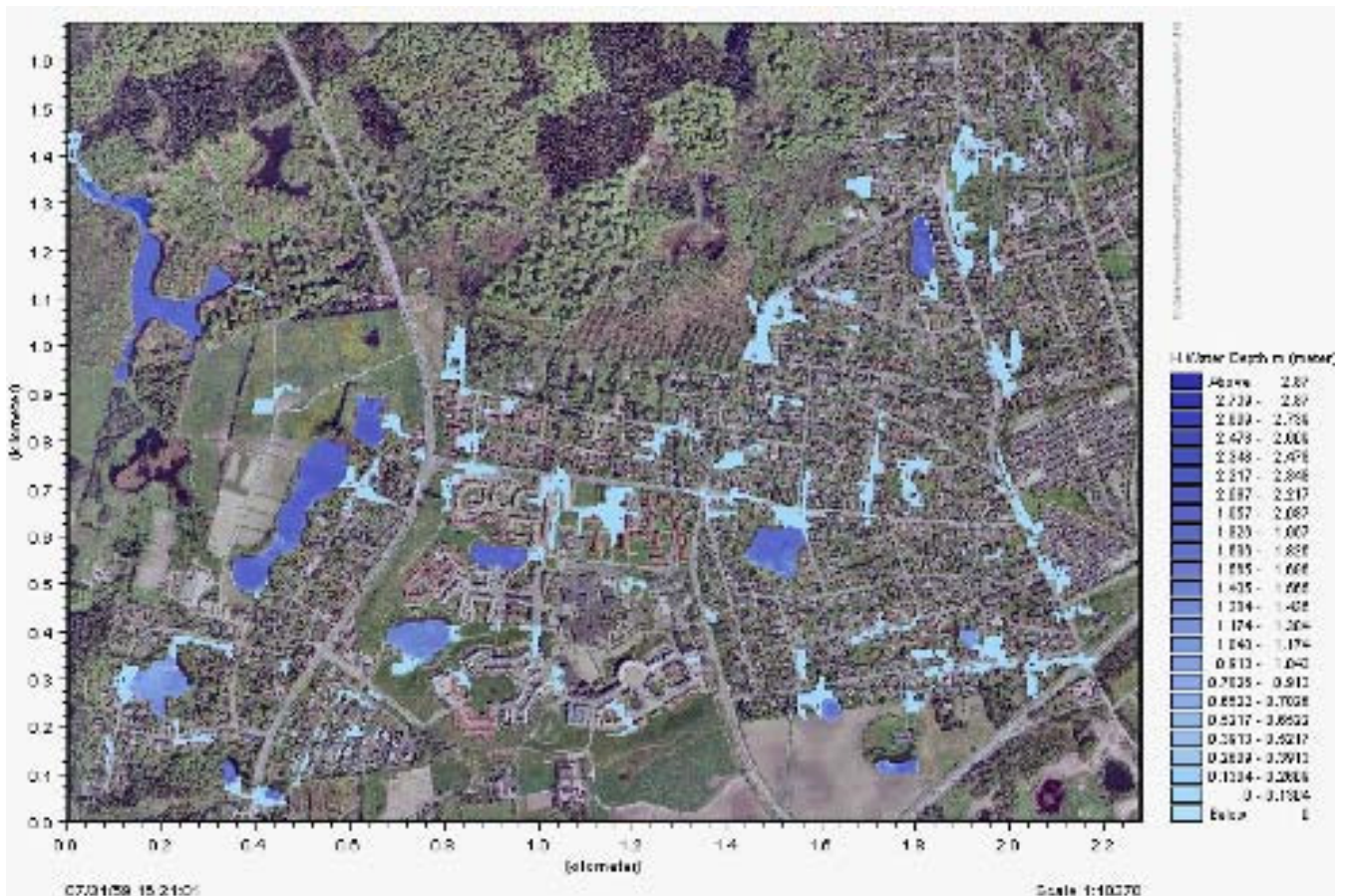


Abbildung 9.: Überschwemmungsfläche (hellblau) aus Überstau aus dem Kanalnetz der Stadt Ballerup (Dänemark). Dunkelblaue Flächen sind Oberflächengewässer.

Der zeitliche Verlauf und die räumliche Verteilung der städtischen Überschwemmung werden als Ergebnis im 2D-Oberflächenmodell dargestellt. Die bevorzugten Fließwege in Form der Straßen sind im Verlauf des Überschwemmungsereignisses gut zu erkennen (Abbildung 10). Diese Ergebnisse liefern den Planern die benötigten Informationen für die Bewertung eines Überstauereignisses.

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

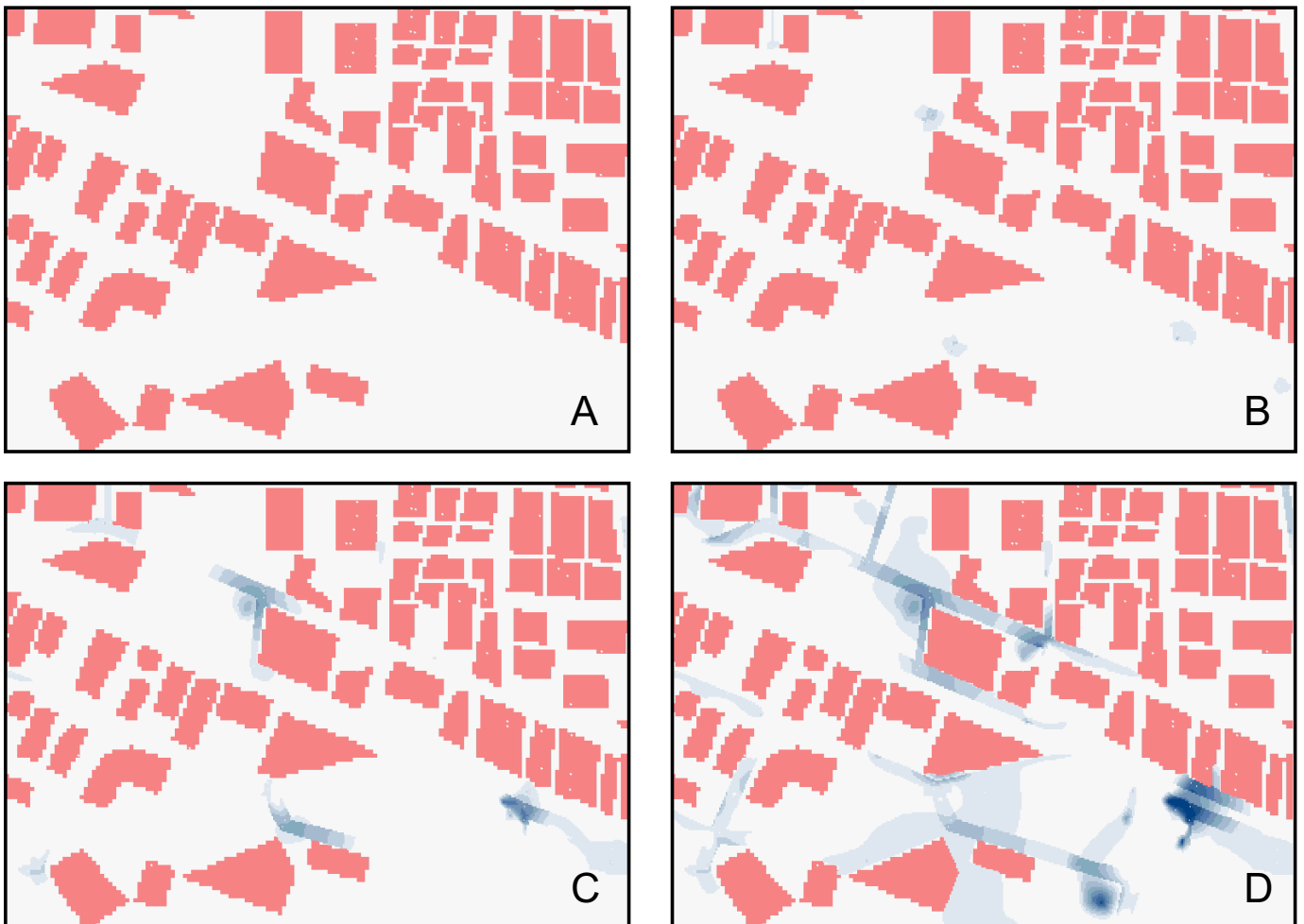


Abbildung 10.: Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung eines Überstauereignisses am Beispiel Bangkok (Thailand).

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die isolierte Berechnung von Kanalnetzen, Fließgewässern oder auch Grundwasser liefert isolierte Informationen zu dem jeweils betrachteten hydraulischen System. Viele dieser Systeme interagieren jedoch insbesondere im städtischen Bereich, so dass an den Schnittstellen dieser Systeme entsprechende Randbedingungen notwendig sind. Diese Randbedingungen können einfacher, statischer Natur sein oder auch als Zeitreihe übergeben werden. Eine Interaktion zwischen den Systemen findet hier nicht statt, was in bestimmten Fällen die Realität nicht korrekt abbildet und zu Fehlinterpretationen führen kann. Dynamische, integrierte Modellkopplungen von 2D-Oberflächenmodellen, Fließgewässermodellen, Kanalnetzmodellen und Grundwassermodellen schließen diese Lücken und ermöglichen bei Bedarf eine integrative Betrachtung des gesamten Wasserkreislaufes im städtischen Raum. Für eine detaillierte, räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Betrachtung des Wasserkreislaufes sind darüber hinaus entsprechend hoch aufgelöste Niederschläge als Randbedingung erforderlich, die über Fernerkundungsdaten und hier insbesondere über Radardaten von kleinen Niederschlagsradargeräten in Kombination mit Niederschlagschreibern ermittelt werden können.

So liefern die vielen einzelnen Modelle zusätzlich zu Ihren Kernaufgaben wie der Dimensionierung und Bemessung des Kanalnetzes oder der Bemessung von Deichanlagen wichtige Informationen über das Verhalten und die Wege des Wassers im städtischen Raum. Ein erstes Modell, das Informationen aus verschiedenen Einzelmodellen bündelt, ist bereits für den Katastrophenschutz der Stadt Graz in Österreich im Einsatz (Abbildung 11.). Das System ermöglicht den örtlichen Rettungskräften eine detaillierte Planung ihrer Einsätze. Ein Routenplaner ermöglicht die Umfahrung überschwemmter Straßen, besonders gefährdete Gebäude wie Krankenhäuser, Schulen oder Kindergärten werden gesondert

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

angezeigt und Evakuierungsmöglichkeiten bereitgestellt. So können die notwendigen Einsätze im Überschwemmungsfall koordiniert und optimiert werden.

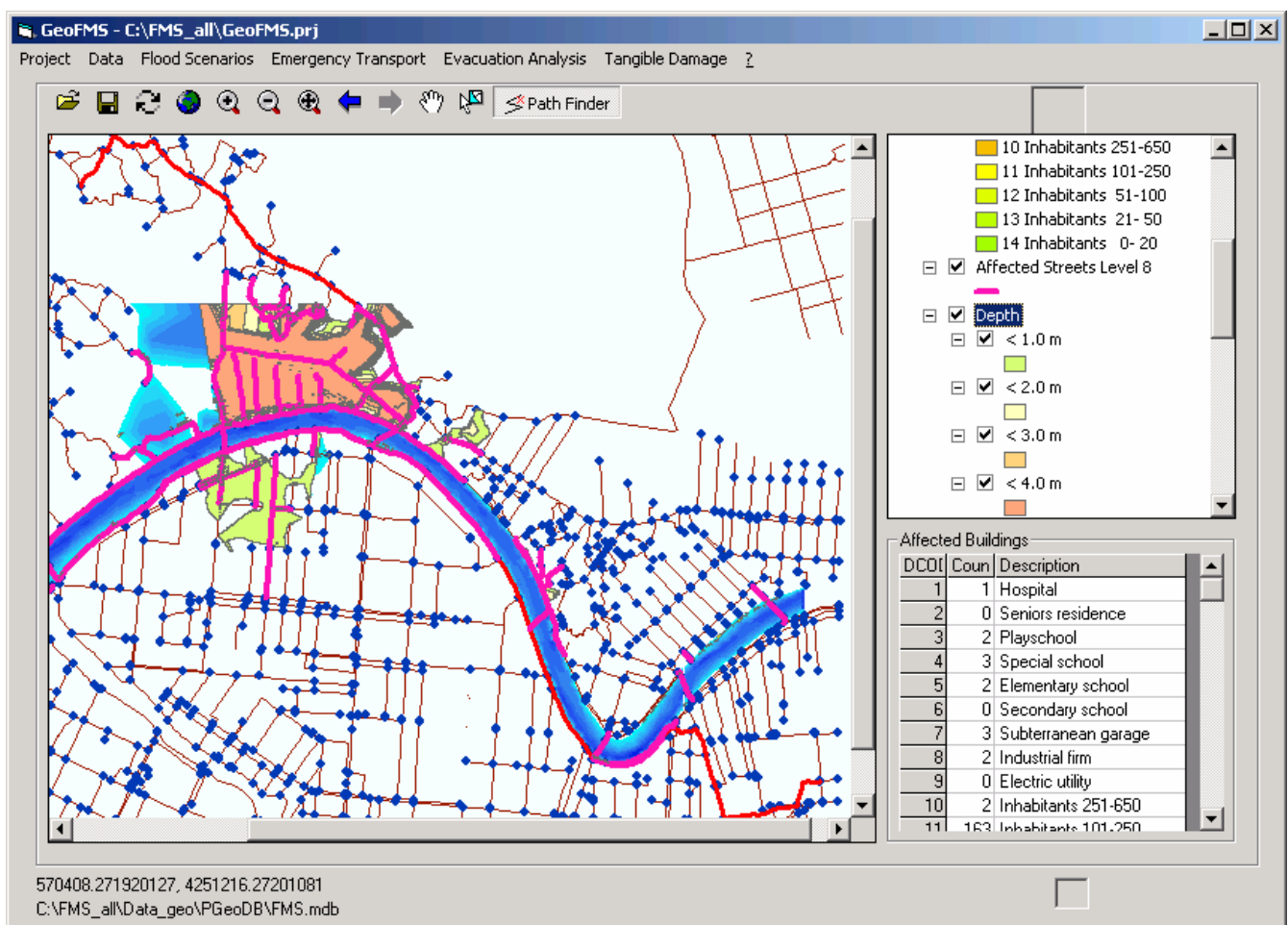


Abbildung 11.: Katastrophenschutzsystem der Stadt Graz

Die wesentlichen Ergebnisse der ersten Projekte, die mit dynamischen Modellkopplungen von Kanalnetzmodellen, Fließgewässermodellen, Oberflächenmodellen und Grundwassermodellen durchgeführt wurden,

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

sind, dass sich damit über den Nutzen der Ergebnisse einzelner Modelle hinaus Effekte ergeben, welche die Nutzung der einzelnen Modelle deutlich erweitern und auch für neue Aufgaben und Problemstellungen verfügbar machen. Die Kombinationsmöglichkeiten der Modelle sind dabei nahezu grenzenlos und können an jede Fragestellung angepasst werden.

Ein Kanalnetzmodell ist ebenso wie ein Fließgewässermodell oder ein Grundwassermodell keine in sich geschlossene Einheit, sondern vielmehr nur ein Teil des gesamten Wasserkreislaufes und mit diesem untrennbar verknüpft. Zukünftige Anwendungen werden daher immer mehr in die Richtung der ganzheitlichen Betrachtung des Wassers gehen und es ermöglichen, den Weg des Trinkwassers vom Niederschlag über die Grundwasserpumpen eines Wasserwerkes zum Verbraucher und von dort über das Kanalnetz und die Kläranlage in den Vorfluter und zurück in den Ozean zu modellieren.

1. Aachener Softwaretag in der Wasserwirtschaft

MIKE URBAN FLOOD: Modellkopplung von Kanalnetzmodell und 2D Oberflächenmodell

Literatur

- [1] "MIKE URBAN Collection System", DHI Water & Environment, Hørsholm, Denmark (2005)
- [2] "MIKE FLOOD User Manual", DHI Water & Environment, Hørsholm, Denmark (2005)
- [3] Mark, O. and Djordjevic, S.: "While waiting for the next flood in your city...", 7th international Conference on Hydroinformatics, Nice, France (2006)
- [4] Mark, O. and Hosner, M.: "Urban Drainage Modelling – A collection of experiences from the past decade" (2004)
- [5] Jensen, N.E.: "DHI Local Area Weather Radar (LAWR) Documentation", DHI Water & Environment, Århus, Denmark (2004)
- [6] "MOUSE – MIKE 21 Coupling – User Guideline", DHI Water & Environment, Hørsholm, Denmark (2005)