

## **Überflutungsvorsorge und integrierte Stadtentwässerung im Zeichen des Klimawandels: Informationsmanagement und -visualisierung am Beispiel des EU-FP7 Projekts SUDPLAN**

Holger Hoppe<sup>1</sup>, Stefan Sander<sup>2</sup>, Günter Gruber<sup>3</sup>,  
Valentin Gamerith<sup>3</sup>, David Camhy<sup>3</sup> und Martin Hochedlinger<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dr. Pecher AG, Klinkerweg 5, D-40699 Erkrath

<sup>2</sup> Stadt Wuppertal, Johannes-Rau-Platz 1, D-42275 Wuppertal

<sup>3</sup> Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau  
der Technischen Universität Graz, Stremayrgasse 10/I 8010 Graz

<sup>4</sup> Linz AG Abwasser, Kanalplanung und -bau,  
Wiener Straße 151/H/440, 4021 Linz

**Kurzfassung:** Im Rahmen der Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel spielen das Informationsmanagement und die Visualisierung u. a. von Planungsergebnissen eine zentrale Rolle. Nur wenn Informationen zu Klima- und Grundlagendaten, Modellen und Planungsvarianten ressort- und damit fachübergreifend zur Verfügung stehen, lassen sich auch integrierte Anpassungsmaßnahmen entwickeln. Insbesondere im Rahmen der Überflutungsvorsorge werden effiziente Anpassungsmaßnahmen nur möglich, wenn diese als „kommunale Gemeinschaftsaufgabe“ verstanden und umgesetzt werden. Im EU FP7 Projekt SUDPLAN wird ein Decision-Support System entwickelt, das alle Beteiligten im Umgang mit möglichen Einflüssen durch den prognostizierten Klimawandel auf die städtische Infrastruktur unterstützen soll. Informationen aus Expertenbewertungen werden web-basiert aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Die Pilotanwendungen im Bereich Stadtentwässerung werden für Linz und Wuppertal erarbeitet. In Linz werden Veränderungen der Entlastungsfrachten aus dem Mischsystem analysiert. In Wuppertal werden gekoppelte Berechnungsmodelle von Kanalnetz und Oberfläche eingesetzt, um Anpassungsmaßnahmen an Starkregenereignisse zu entwickeln.

**Key-Words:** Klimawandel, Überflutungsvorsorge, Entlastungsfrachten, Kanalnetz, Informationsmanagement, Decision-Support System

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels wurden in den letzten Jahren in vielen Bereichen intensiv diskutiert.

In Deutschland hat u. a. die DWA-Koordinierungsgruppe Klimawandel den aktuellen Kenntnisstand zu den Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft zusammenfassend aufgearbeitet und Hinweise zu Anpassungsmaßnahmen abgeleitet [DWA, 2010a].

In Österreich beschäftigte sich die Wasserwirtschaft intensiv mit Fragestellungen der möglichen Klimaänderungen und deren Auswirkungen [BMLFUW, 2008 und 2010].

In Hinblick auf die Stadtentwässerung sind insbesondere Änderungen in der Intensität und Verteilung von Starkregenereignissen von Bedeutung, die Auswirkungen auf die Überflutungshäufigkeiten und auf die Emissionen aus Misch- oder Regenwasserkanälen haben [DWA, 2010a]. Wie u. a. Ashley et al. [2005] beschreiben, werden die Planer und Betreiber in Zukunft mit größeren Unsicherheiten im Rahmen von Planung und Betrieb abwassertechnischer Systeme konfrontiert sein. Daher sind die Auswirkungen unsicherer Grundlagendaten nicht nur vor dem Hintergrund des Klimawandels, sondern grundsätzlich stärker zu berücksichtigen [Hoppe, 2006]. Ein Überblick über Fallstudien ist in Mailhot und Duchesne [2010] dargestellt.

Aufgrund der bestehenden Unsicherheiten werden zukünftige Planungen und Anpassungsmaßnahmen durch flexible Systeme gekennzeichnet sein, die z. B. einen Stufenausbau ermöglichen [Pecher und Hoppe, 2011]. Ökologisch und ökonomisch effiziente Anpassungsmaßnahmen, insbesondere im Bereich Überflutungsvorsorge, erfordern zudem die enge Verknüpfung verschiedener Ressorts und Fachdisziplinen. Hierzu gehören neben der Stadtentwässerung auch die Bauleitplanung, die Straßenplanung und der allgemeine Hochbau. Diese Verzahnung ist nur möglich, wenn allen Beteiligten und Betroffenen, Informationen zu Klimaszenarien, Grundlagendaten und Planungsvarianten vorliegen. Auch

aus diesem Grund wird die Bedeutung eines optimierten Informationsmanagements nicht nur in der Stadtentwässerung weiter zunehmen.

## **1.2 Zielsetzungen des Forschungsprojektes**

Das Projekt SUDPLAN (Sustainable Urban Development Planner, [www.sudplan.eu](http://www.sudplan.eu)) ist ein Projekt im 7. EU Rahmenprogramm. Wie in Gidhagen et al. [2010] beschrieben, ist es das Ziel des Projekts, ein einfach zu bedienendes, web-basiertes Informations- und Decision-Support System (SUDPLAN-DSS) zu entwickeln. Der Projektabschluss ist für Anfang 2013 geplant.

Das SUDPLAN-DSS wird derzeit im Rahmen von vier Pilotanwendungen entwickelt und soll durch seine offene Struktur auf andere Fragestellungen übertragbar sein. Die Pilotstudien werden in den Städten Stockholm, Prag, Linz und Wuppertal bearbeitet. Dabei sollen zukünftige Planungen und Entscheidungen im urbanen Infrastrukturbereich in Hinblick auf Starkregenereignisse, Überflutungs- und Trockenzeiten sowie Perioden mit erhöhter Luftverschmutzung unter dem Gesichtspunkt einer möglichen Klimaveränderung unterstützt werden.

Dieser Beitrag stellt das SUDPLAN-DSS vor und beschreibt die Anwendungsbereiche der zwei Pilotanwendungen aus dem Bereich Stadtentwässerung in Linz und Wuppertal.

Für den Bereich Überflutungsvorsorge werden die Möglichkeiten, das System für einen optimierten ressortübergreifenden Informationsfluss im Rahmen der Kanalnetzplanung und Überflutungsvorsorge einzusetzen, dargestellt. Hierzu wird der Bezug zu aktuellen Entwicklungen in der Planungspraxis und dem Regelwerk der DWA hergestellt.

Der vorliegende Beitrag fasst damit auch vorliegende Veröffentlichungen zu den technischen Aspekten des Forschungsvorhabens zusammen, die u. a. in Gamerith et al. [2012], Olsson et al. [2012] und Sander et al. [2011a] ausführlicher dargestellt werden.

## 2 Aufgabenstellungen und Methoden

### 2.1 Aufgabenstellung der Pilotanwendung Linz: Analyse von Entastungsfrachten

In Linz werden die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf Entlastungsfrachten aus der Mischkanalisation unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen Vorgaben des ÖWAV Regelblatts 19 [ÖWAV, 2007] untersucht und dargestellt. Dazu werden Langzeitsimulationen mit einem aggregierten SWMM5-Modell (vgl. Abbildung 1) des gesamten Einzugsgebiets für eine historische und eine prognostizierte Regenreihe durchgeführt [Olsson et al., 2012] und die Wirkungsgrade der Weiterleitung für das Gesamtsystem ermittelt und die Ergebnisse verglichen.

Eine detaillierte Beschreibung des Projektgebietes, der eingesetzten Modelle, Szenarienberechnungen und erster Ergebnisse findet sich in Gamerith et al. [2012a]. Im Rahmen dieses Beitrags werden daher vorrangig der Bezug zur Ergebnisdarstellung und die allgemeine SUDPLAN-Architektur, die auch in diesem Pilotprojekt umgesetzt wird, beschrieben.



Abbildung 1: Übersicht über das SWMM5 Kanalnetzmodell des Einzugsgebiet Linz (Gamerith et al., 2012b)

## 2.2 Aufgabenstellung der Pilotanwendung Wuppertal: Integrierte Maßnahmenplanung zur Überflutungsvorsorge

In Wuppertal werden die gekoppelten 1D-2D-Kanalnetz-Oberflächenmodelle DYNA-GeoCPM [Pecher Software GmbH und tandler.com] eingesetzt, um überflutungsgefährdete Gebiete im Detail zu analysieren (vgl. Abbildung 2). Die Modelle erlauben neben der Berücksichtigung des Kanalnetzes eine realistische Abschätzung der Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten auf der Oberfläche. Auf diese Weise können auch Planungsvarianten auf der Oberfläche, wie Flutmulden und Notwasserwege, in der Generalentwässerungsplanung berücksichtigt und dargestellt werden [Hoppe et al., 2012].

Der Einfluss des Klimawandels erfolgt über Variantenbetrachtungen mittels aktuell gültiger und „prognostizierter“ Natur- und Modellregen, wobei letztere auf Basis von Klimamodellen ermittelt werden [Olsson et al., 2012].

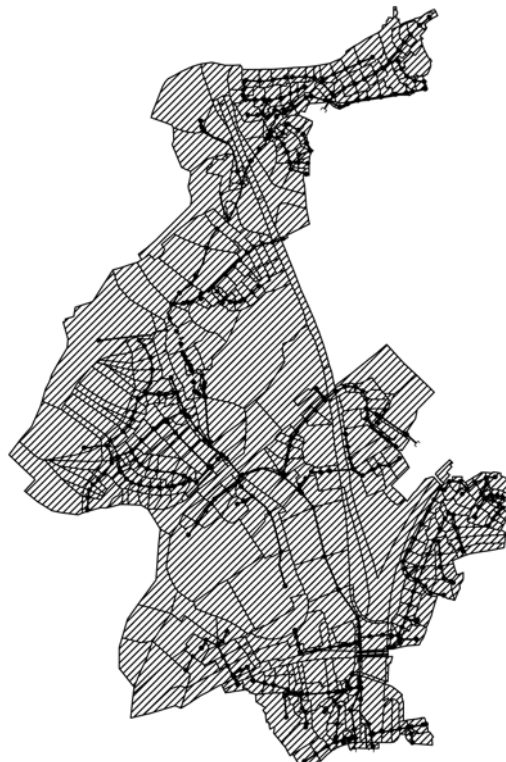


Abbildung 2: Übersicht über die Struktur des gekoppelten Kanalnetz-Oberflächenmodells (DYNA-GeoCPM) des Einzugsgebiets Lüntenbeck in Wuppertal (Dr. Pecher AG/WSW Energie & Wasser AG)

## 2.3 Struktur und konkrete Ziele des SUDPLAN-DSS

Der Aufbau des SUDPLAN-DSS bzw. der web-basierten SUDPLAN-Plattform wird nachfolgend beispielhaft für das Pilotprojekt Wuppertal erläutert, da der Aufbau auf die anderen Pilotanwendungen übertragbar ist.

Für die Pilotanwendung Wuppertal wird im Rahmen von SUDPLAN eine web-basierte Softwarelösung entwickelt, mit der die Nutzer den Kanalnetz- und Oberflächenabfluss im Verlauf eines Starkregenereignisses mit den in Wuppertal eingesetzten Modellen DYNA und GeoCPM simulieren und visualisieren können [Sander et al., 2011a].

Die Ziele des Projekts lassen sich nach Sander et al. [2011b] wie folgt beschreiben. Das SUDPLAN-DSS soll:

- Klimawandelinformationen für Nicht-Klimaexperten bereitstellen,
- ein "Entscheidungsunterstützungssystem für den Fachplaner" sein,
- niedrigschwellig sein,
- die Definition, Modifikation und Ausführung umweltbezogene Simulationen ermöglichen,
- ein Kommunikationsmittel mit Dritten auf verschiedenen Ebenen darstellen,
- anschauliche Ergebnis-Visualisierungen und Reports erzeugen, die mit weiteren Informationen verknüpft werden können.

Entscheidend ist, dass zukünftig eine Benutzeroberfläche bereitgestellt wird, die es ressortübergreifend ermöglicht, auf die Berechnungsergebnisse zuzugreifen, diese zu visualisieren und zu vergleichen sowie ggf. auch neue Berechnungen/Varianten zu starten. Der Nutzer muss hierzu nicht im Detail mit der Modellierungssoftware vertraut sein. Das „Ausgangsmodell“ wird einmalig durch einen Experten erstellt und dann in die SUDPLAN-Plattform integriert.

Es können anschließend sowohl lokal aufgetretene historische Regenereignisse als auch Modellregen genutzt werden. Der Projektpartner SMHI (Swedish Meteorological and Hydrological Institute) stellt zudem Web-Dienste zur Verfügung, mit denen mögliche Effekte des Klimawandels in prognostizierten Regenreihen oder Modellregen abgebildet werden kön-

nen. So lässt sich der Einfluss des Klimawandels auf die Häufigkeit und Intensität zukünftiger Regenereignisse abschätzen und entsprechende Berechnungsszenarien können erstellt werden [Olsson et al., 2012].

Geplant ist darüber hinaus, dass der Anwender auch „einfache“ lokale Maßnahmen, mit denen z. B. Überflutungsrisiken reduziert werden, in „Planspielen“ umsetzen kann. Hierzu gehören z. B. das „Anheben von Bordsteinen“ oder das „Einfügen von Mauern“ zur Lenkung des Oberflächenabflusses sowie die vereinfachte Abbildung von Objektschutzmaßnahmen, Flutmulden oder Notwasserwegen.

SUDPLAN soll umfassende Visualisierungsmöglichkeiten bereitstellen, mit denen die Wirksamkeit solcher Maßnahmen eindrucksvoll zwei- und dreidimensional im zeitlichen Verlauf dargestellt werden kann. Dies schafft eine gute Grundlage für den Abstimmungsprozess mit anderen Entscheidungsträgern und die Beratung der betroffenen Eigentümer.

Die grundsätzlichen Ziele und Funktionalitäten lassen sich auf die anderen Piloten übertragen (vgl. Abbildung 3).

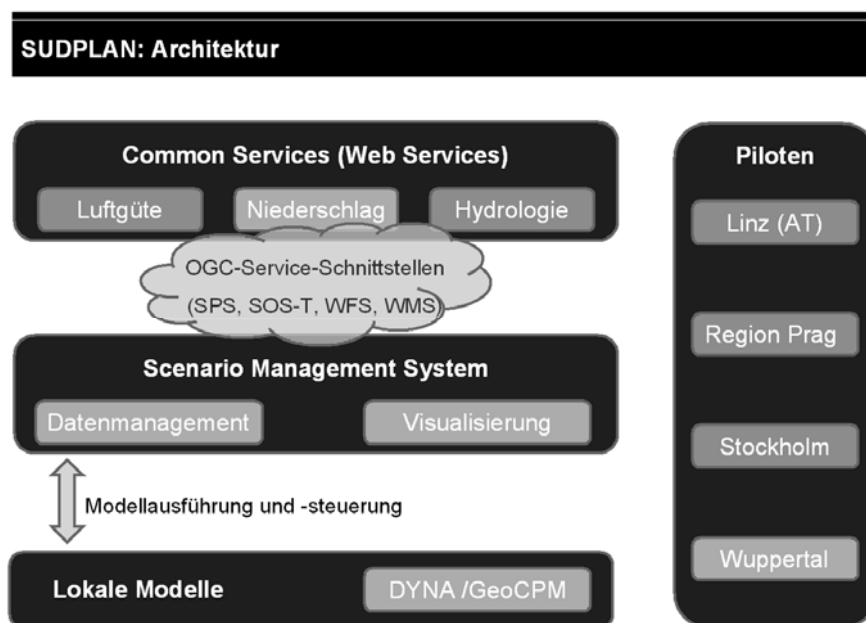


Abbildung 3: Architektur des SUDPLAN-Projektes u. a. zur ressortübergreifenden Visualisierung und Nutzung der Ergebnisse von Überflutungsanalysen in Wuppertal (Sander et al., 2011b)

In jedem Teilprojekt wird eine spezielle Software zur Modellierung von Umweltprozessen in die SUDPLAN-Umgebung eingebunden. Mit diesen Komponenten außerhalb von SUDPLAN erstellte Modelle und Simulationsergebnisse werden so zunächst im SUDPLAN-DSS für die Visualisierung verfügbar gemacht. Danach können neue Berechnungsszenarien definiert werden, die u. a. den Einfluss des Klimawandels berücksichtigen.

Aus dem SUDPLAN-DSS heraus können dann weitere Simulationsläufe unter Verwendung dieser neuen Berechnungsszenarien ausgeführt werden, wobei auch weitere Modellparameter modifiziert werden können. Die Ergebnisse dieser Simulationen können im SUDPLAN-DSS untereinander und mit den Ergebnissen des Ausgangsmodells verglichen werden.

### **3 Grundsätzliche Anforderungen an Überflutungsvorsorge und an das Informationsmanagement**

#### **3.1 Vorgehen und Bedeutung von Informationsmanagement und Visualisierung im Rahmen der Überflutungsvorsorge**

Sowohl im Rahmen von Überstaunachweisen und Überflutungsbetrachtungen als auch bei Emissions- und Immissionsbetrachtungen sind aufgrund der unsicheren Grundlagendaten und der nur schwer prognostizierbaren Entwicklung des Klimas zukünftig Sensitivitäts- bzw. Gefährdungsanalysen durchzuführen [DWA, 2010a].

Eine der maßgeblichen Eingangsgrößen in diese Berechnungen ist der Niederschlag. Niederschlagsdaten als Grundlage von Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalysen kann zukünftig u. a. das SUDPLAN-DSS liefern.

Im Rahmen der Überflutungsvorsorge sollten auf Grundlage eines Stufenkonzeptes die durch Überstau- und Überflutungsbetrachtung ermittelten kritischen Entwässerungsgebiete bzw. die von Überflutungen betroffenen Gebiete hinsichtlich des Schadens- und Gefährdungspotenzials bewertet werden.

Hierzu wird von Hoppe et al. [2012] folgendes Vorgehen vorgeschlagen (vgl. Abbildung 4):

Stufe 1: Grundlagenermittlung und -bewertung

Stufe 2: Überstaunachweis

Stufe 3: Überflutungsbetrachtungen  
mittels Grob- und Detailuntersuchungen

Stufe 4: Gefährdungsanalyse und  
Erstellung einer urbanen Gefahrenkarte

Stufe 5: Maßnahmenplanung „vorsorgender Entwässerungsplanung“.

Zentrales „Kommunikationswerkzeug“ der Arbeit im Rahmen der ressortübergreifenden Zusammenarbeit und Maßnahmenplanung wird zukünftig eine „urbane Gefahrenkarte“ sein (Stufe 4). Diese basiert auf einer Zusammenstellung und Analyse der Nutzungen und der Infrastruktureinrichtungen in den identifizierten entwässerungstechnisch kritischen Gebieten mit Überstau und Überflutungsgefahr.

Für diese Gebiete ist eine Ermittlung des Schadens- und Gefährdungspotentials durchzuführen. Die Stufe 5 „Maßnahmenplanung zur vorsorgenden Entwässerungsplanung“ umfasst zwei Säulen:

- Die Maßnahmenplanung im Kanalnetz zur Vermeidung von kritischen Überstausituationen (dezentraler & zentraler Rückhalt, Abflusskapazität etc.).
- Die integrierte Maßnahmenentwicklung für Einzugsgebiet und Kanalnetz (Ableitung/Rückhalt auf der Oberfläche und im Kanalnetz, Maßnahmen zum Objektschutz etc.).

Umsetzbar ist dies jedoch nur, wenn auch alle Akteure und Betroffenen Zugriff auf die gleichen Daten und Berechnungsergebnisse haben und diese auch für Planer anderer Fachdisziplinen anschaulich dargestellt werden.

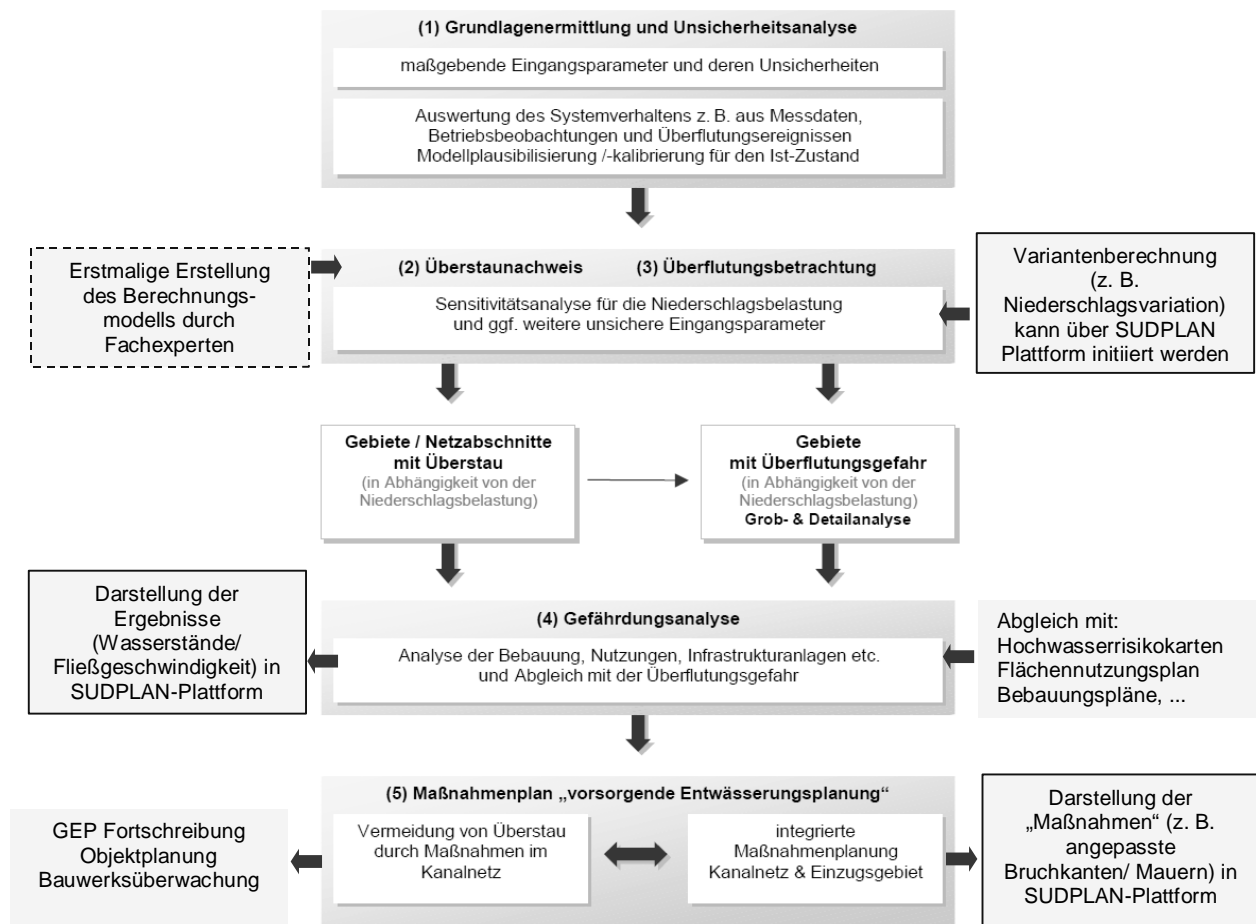


Abbildung 4: Grob- und Detailanalyse zur urbanen Gefährdungsanalyse im Rahmen der Kanalnetzplanung und mögliche unterstützende Funktionalitäten der SUDPLAN-Plattform (geändert nach Hoppe et al., 2012)

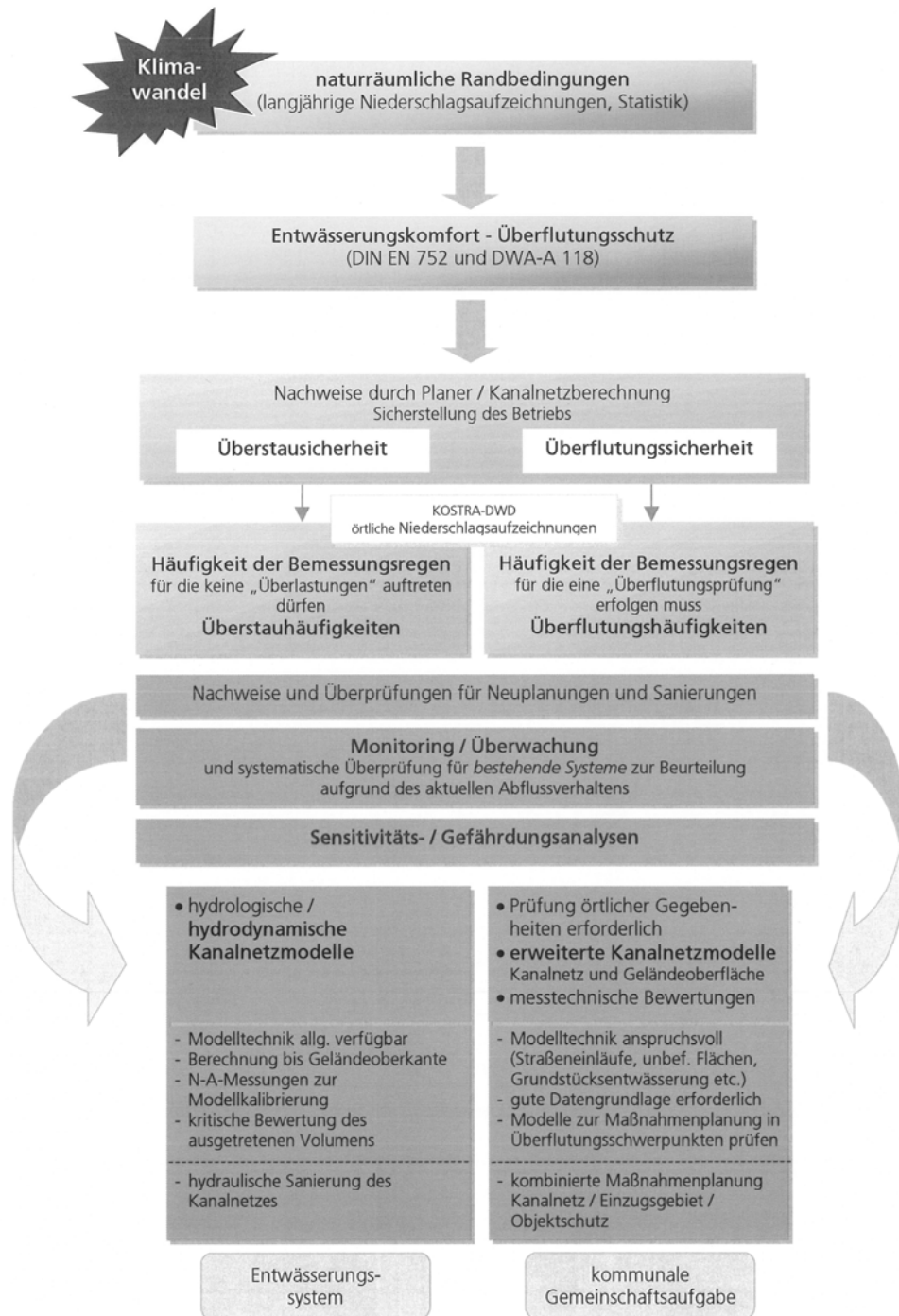


Abbildung 5: Sicherstellung des Entwässerungskomforts durch Überstauachweis und Überflutungsbetrachtung, nach DWA (2006) und DWA AG ES-2.5 (2008)

### 3.2 Anforderungen an Ergebnisdarstellungen: Von der klassischen Überstauberechnung zur urbanen Gefahrenkarte

Abbildung 6 zeigt exemplarisch die Ergebnisdarstellung aus einer klassischen Überstauberechnung (links) und einer Überflutungsbetrachtung mit dem 1D-2D-Modell DYNA-GeoCPM (rechts). Der direkte Vergleich verdeutlicht, dass mögliche Überflutungsbereiche aufgrund des Abflusses auf der Oberfläche nicht unmittelbar an den Schächten mit Wasseraustritt aus dem Kanalnetz liegen. Auf Basis der berechneten Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten lassen sich integrierte Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge planen. Ziel des SUDPLAN-Projektes ist es, Sensitivitätsanalysen, Maßnahmenplanungen und Ergebnisvisualisierungen zu unterstützen.

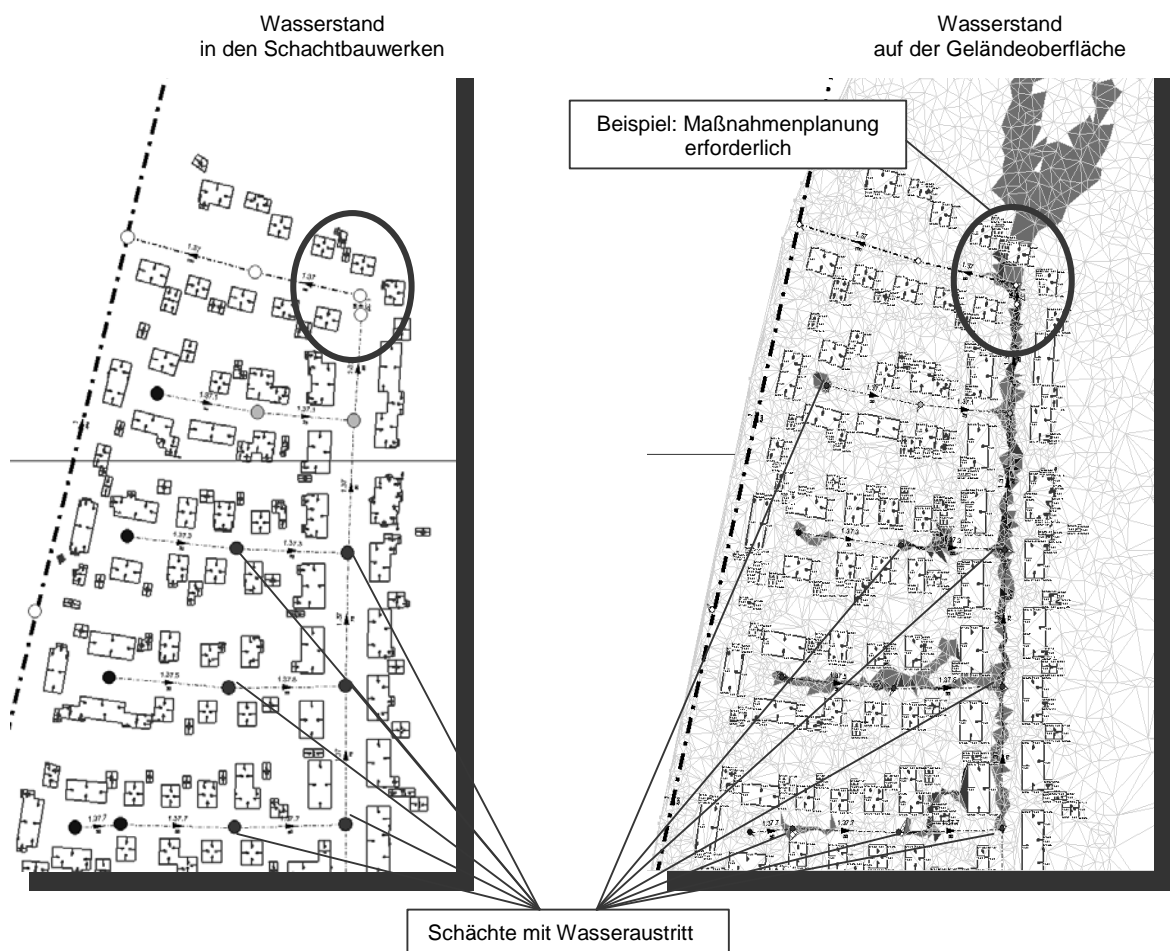


Abbildung 6: Exemplarische Ergebnisdarstellung einer klassischen Kanalnetzberechnung (Modell DYNA) (links) und einer gekoppelten Berechnung von Kanalnetz und Oberfläche (Modell DYNA-GeoCPM der tandler.com und Pecher Software GmbH) (rechts)

### **3.3 Erforderliche Integration der Ergebnisse in Stadtplanung und Stadtentwicklung**

Ergebnisse zu Überflutungsrisiken aus Kanalnetzen und urbanen Gewässern, die in urbanen Gefährdungskarten dargestellt werden, enthalten u. a. wichtige Informationen zu Aufgaben der Stadtplaner und Stadtentwickler, aber auch für Katastrophendienste, Feuerwehr und Kanalbetrieb.

Die gesetzliche Grundlage der Stadtplanung in Deutschland stellt das Baugesetzbuch dar [BauGB, 2011]. Die Bauleitplanung mit den Instrumenten des Flächennutzungsplans (FNP) und der Bebauungspläne nimmt dabei eine zentrale Rolle ein.

Da die Flächennutzungspläne das gesamte Stadt-/Gemeindegebiet umfassen und die Bebauungspläne für Teilbereiche aufgestellt werden, eignen sich diese beiden Planwerke auch ideal, um Informationen aus der Überflutungs- und Gefährdungsanalyse in unterschiedlichem Detaillierungsgrad aufzunehmen.

Flächennutzungspläne, die aus dem Regionalplan entwickelt werden, weisen mit einem Planungshorizont von rund 15 Jahren eine Größenordnung auf, in der auch Konzepte zur Generalentwässerungsplanung grundlegend überarbeitet werden. Gefährdungsanalysen auf Grundlage von Fließweganalysen weisen eine vergleichbare räumliche Detaillierung auf.

Bebauungspläne sind dagegen parzellenscharf und werden ggf. vorhabensbezogen aufgestellt (Vorhaben- und Erschließungspläne). Ergebnisse von gekoppelten 1D-2D-Kanalnetz- und Oberflächenmodellen lassen sich damit problemlos mit Vorgaben aus den Bebauungsplänen abgleichen bzw. in diesen berücksichtigen.

Über eine web-basierte Visualisierungsplattform, wie sie zukünftig über SUDPLAN bereitgestellt wird, ist u. a. ein ressortübergreifender Zugriff auf die unterschiedlichen Datenquellen bzw. Planwerke denkbar.

## 4 Erste Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt SUDPLAN

### 4.1 Variantenbetrachtungen und Ergebnisdarstellungen zu Überflutungsbetrachtungen

Für das Pilotprojekt in Wuppertal wurde das erforderliche gekoppelte Kanalnetz- und Oberflächenmodell zur Durchführung von Überflutungsbetrachtungen erstellt und in die SUDPLAN-Plattform integriert (vgl. Abbildung 7).



Abbildung 7: Möglicher Aufbau und erste Ansichten der Visualisierungsumgebung in SUDPLAN (noch in Entwicklung) nach Hoppe et al. (2012)

Mit Abschluss des Forschungsprojekts soll dieses Modell über die web-basierte SUDPLAN-Plattform gestartet und in bestimmten Grenzen geändert werden können.

Hierzu sollen bestehende oder neue „Bruchkanten“ (Gehwege, Mauern etc.) in dem Modell durch den Anwender ausgewählt und deren Höhenlage angepasst werden können.

Modellregen können auf Basis des aktuellen Regelwerks (KOSTRA) oder unter Berücksichtigung verschiedener Klimaszenarien ausgewählt werden, um Sensitivitätsuntersuchungen durchzuführen.

Auf diese Weise ist es möglich, einfache „Variantenbetrachtungen“ wie z. B. Notwasserwege auch durch Anwender zu ermöglichen, die keine vertieften Kenntnisse der Modellierungssoftware haben. Wirkungen von Maßnahmen können für den aktuellen Zustand oder zukünftige Klimaszenarien betrachtet werden.

Die Ergebnisdarstellung ist sowohl in 3D-Ansicht als auch in 2D-Ansicht geplant (vgl. Abbildung 7 und 8) und soll auch in Form von Animationen umgesetzt werden.

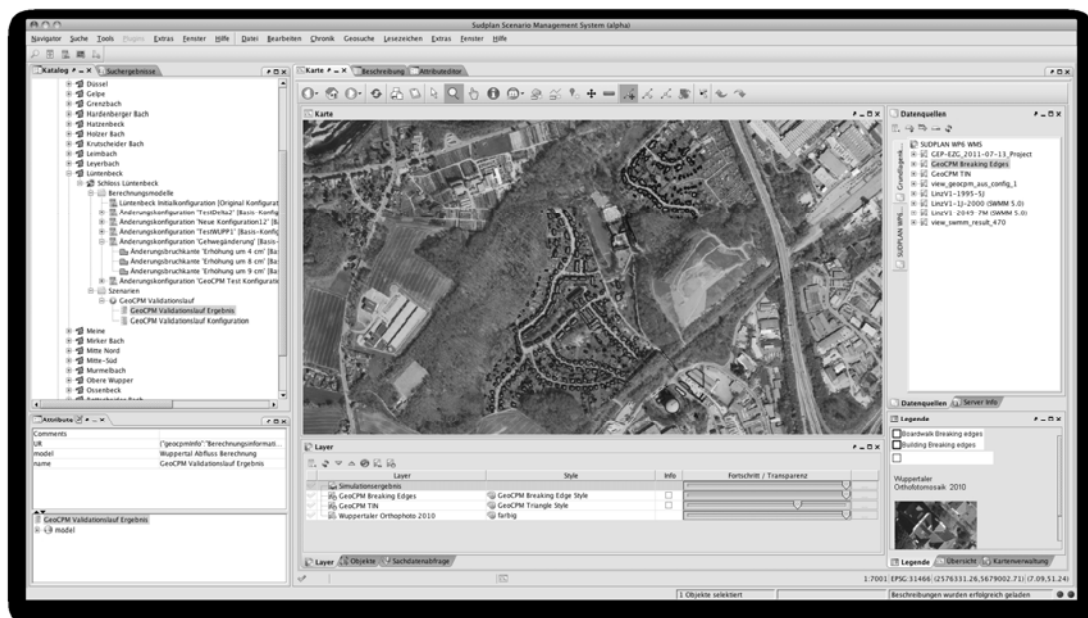


Abbildung 8: Ansicht des Projektgebietes „Lüntenbeck“ und der Ergebnisse der Überflutungsbetrachtung in der Visualisierungsumgebung der SUDPLAN-Plattform (Quelle: cismet, Saarbrücken)

## 4.2 Variantenbetrachtungen und Ergebnisdarstellungen zu emittierten Frachten für das Kanalnetz in Linz

In der web-basierten SUDPLAN-Plattform ist es möglich, verschiedene vorbereitete SWMM5 Modellszenarien auszuwählen und mit einer Niederschlagsreihe Simulationsläufe durchzuführen (vgl. Abbildung 9). Die Niederschlagsreihe kann dabei entweder eine historische oder eine vorberechnete, prognostizierte Zeitreihe aus einem bestimmten Klimaszenario sein. Durch die Auswahlmöglichkeit von unterschiedlichen Modellszenarien können auch sonstige Veränderungen im Einzugsgebiet wie z. B. der Anteil an befestigten Flächen mitberücksichtigt und auch vergleichend gegenübergestellt werden.

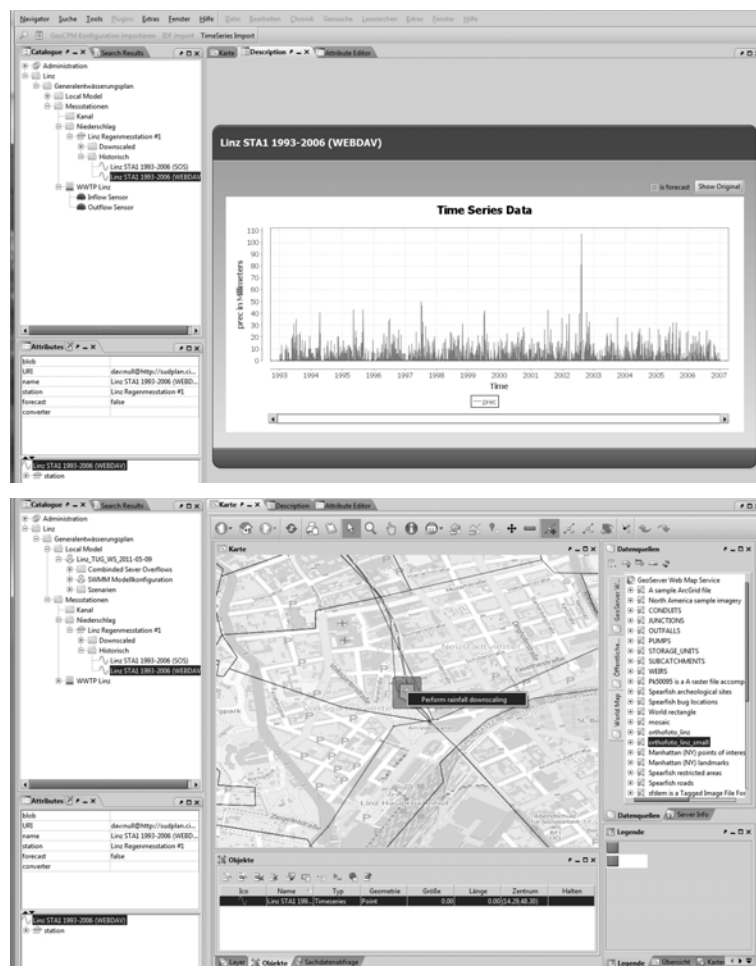


Abbildung 9: Beispielsichten der historischen Niederschlagsreihe und Auswahl der Station zur Bereitstellung einer „klimaangepassten“ Niederschlagsreihe für das Pilotgebiet Linz in der Visualisierungsumgebung der SUDPLAN-Plattform (Quelle: cismet, Saarbrücken)

Ein beispielhafter Screenshot mit einer Ansicht des aggregierten Linzer SWMM5-Berechnungsnetzes ist in Abbildung 10 dargestellt.

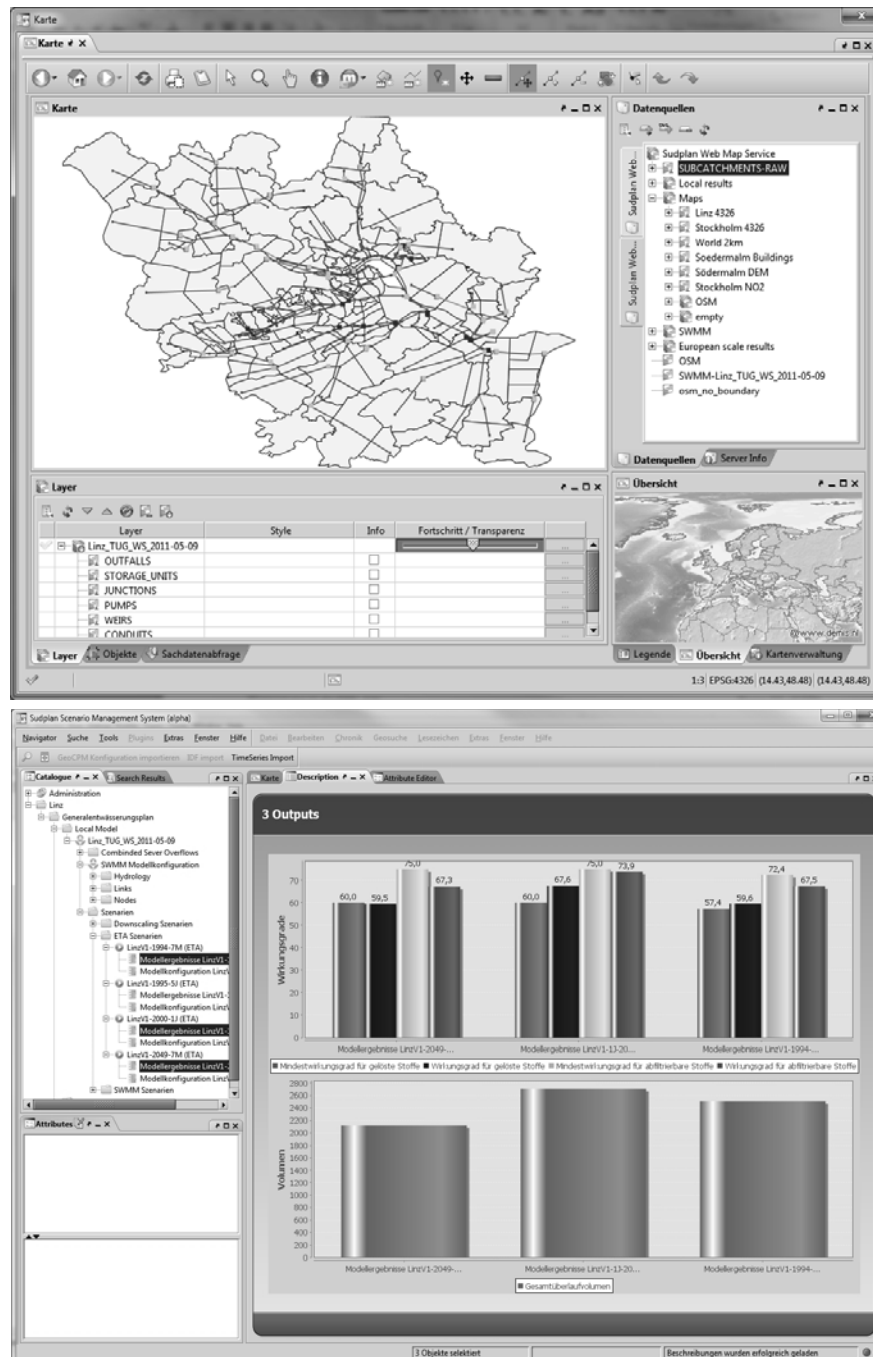


Abbildung 10: Beispielsichten des Berechnungsmodells und der Ergebnisse (erforderliche Mindestwirkungsgrade, simulierte Wirkungsgrade und Gesamtüberlaufvolumen) von drei Szenarien für das Pilotgebiet Linz in der Visualisierungsumgebung der SUDPLAN-Plattform (Quelle: cismet, Saarbrücken)

Die Berechnung der Entlastungsfrachten erfolgt über eine Langzeitsimulation des Kanalsystems in einem aggregierten SWMM5 Modell des gesamten Linzer Einzugsgebiets mit einer historischen und einer prognostizierten Regenreihe mit einer Dauer von jeweils 14 Jahren.

Ein erster Vergleich der Ergebnisse der historischen und der prognostizierten Regenreihe zeigt, dass mit dem gewählten Klimamodell der Gesamtniederschlag zunimmt, wobei Intensitäten in den Wintermonaten tendenziell zu- und in den Sommermonaten tendenziell abnehmen. Stärkere Intensitäten nehmen generell zu [Gamerith et al., 2012].

Dadurch steigt auch die Gesamtentlastungsmenge für die prognostizierte 14-jährige Zeitreihe um rund 17 %. Die erforderlichen Mindestwirkungsgrade nach dem ÖWAV Regelblatt 19 [2007] werden in beiden Fällen eingehalten, wobei die simulierten Wirkungsgrade für das zukünftige Szenario abnehmen. Durch die gleichzeitige Zunahme des Niederschlags, ausgedrückt durch den  $r_{720,1}$ , reduzieren sich aber auch die erforderlichen Mindestwirkungsgrade.

## **5 Diskussion und Ausblick**

### **5.1 Sensitivitäts-, Unsicherheits- und Gefährdungsanalysen: Kür oder Pflichtaufgabe?**

Handelt es sich bei der Durchführung von Sensitivitäts-, Unsicherheits- und Gefährdungsanalysen letztendlich um eine Kür oder Pflichtaufgabe der Stadtentwässerung?

Die Zunahme von Starkregenereignissen als Folge des Klimawandels ist in der Fachwelt unbestritten. Zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen beschäftigen sich derzeit mit verschiedenen Anpassungsmaßnahmen der Stadtentwässerung und Stadtentwicklung an den Klimawandel.

In diesem Zusammenhang hat die DWA im Themenband „Klimawandel“ [DWA, 2010a] explizit die vernetzte Betrachtung von Kanalnetz-, Gewässer- und Oberflächenabfluss und die Durchführung von Unsicherheitsbetrachtungen empfohlen, sowie Maßnahmen im Kanalnetz und auf der Oberfläche angesprochen. In diesen Kontext gehören auch die Betrachtungen

tungen von Auswirkungen von extremen Niederschlagsereignissen. Gemäß Merkblatt DWA-M 551 „Audit Hochwasser“ ist die Ausweisung von Hochwasser und damit auch Überflutungsgefahren und die Berücksichtigung in den Festsetzungen der Bauleitplanungen ein besonders wirksames Element der Flächenvorsorge [DWA, 2010b].

Darüber hinaus wird in der aktuellen Novelle des Baugesetzbuchs [BauGB, 2011] explizit gefordert, die Anpassung an den Klimawandel in den Planungen zu berücksichtigen. Zudem können nach §5 BauGB im Flächennutzungsplan FNP neben „für die Wasserwirtschaft vorgesehenen Flächen sowie die Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind“ auch „Anlagen, Einrichtungen und sonstigen Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen“ dargestellt werden.

Erste Ergebnisse des SUDPLAN-Pilotprojekts in Linz zeigen, dass der Klimawandel, einen Einfluss auf die Emissionen aus Kanalnetzen haben kann.

Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalysen ermöglichen eine Abschätzung der Auswirkungen und stellen die Basis angepasster und flexibler Planungen dar.

Weitere Untersuchungen zu Unsicherheiten von Grundlagendaten [u. a. Hoppe, 2006] zeigen ganz grundsätzlich und losgelöst vom Klimawandel, dass die Unsicherheit von Grundlagendaten in Planungen einen höheren Stellenwert einnehmen sollte. Mögliche Einsparungen bei Bau und Betrieb übertreffen die höheren Aufwendungen im Rahmen der Planung dabei um ein Vielfaches.

Die im Forschungsprojekt SUDPLAN entwickelte Plattform stellt eine Möglichkeit dar, die Auswirkungen unsicherer Planungsgrundlagen am Beispiel des Klimawandels allgemein verfügbar zu machen, sowie Informationen der o. g. unterschiedlichen Planwerke zusammenzuführen.

Zukunftsfähige Planungen werden daher die Unsicherheitsbereiche der Grundlagendaten stärker als bisher berücksichtigen müssen. Hierbei handelt es sich nicht um eine neue „zusätzliche“ Planungsaufgabe. Bestehende Planungsabläufe sind entsprechend anzupassen und Informationen besser zu verknüpfen.

## 5.2 Zusammenfassung und Ausblick

Aktuelle Unsicherheitsanalysen zeigen, dass der Klimawandel Auswirkungen auf stadtentwässerungstechnische Planungen haben wird. Dies gilt sowohl für emissions- und immissionsorientierte Betrachtungen, wie sie im Pilotprojekt Linz durchgeführt werden, als auch für Maßnahmen im Bereich der Überflutungsvorsorge, die Gegenstand des Pilotprojektes in Wuppertal sind.

Effiziente Anpassungsmaßnahmen lassen sich i. d. R. jedoch nur bei einer fachübergreifenden Planung ökologisch und ökonomisch effizient umsetzen.

Neben dem Einsatz neuer Berechnungsmodelle erfordert dies den ressortübergreifenden Zugriff auf Grundlagendaten, Berechnungsergebnisse und Unsicherheitsbetrachtungen.

Ausgelöst durch zahlreiche schwere Überflutungen in urbanen Bereichen in den letzten Jahren und Diskussionen zu den Auswirkungen des Klimawandels wurden in ersten Pilotanwendungen detaillierte Studien zur Überflutungsanalyse mit neuen Berechnungsprogrammen durchgeführt. Hierbei konnte gezeigt werden, dass mit dem kombinierten 1D-2D-Kanalnetz-Oberflächenmodell DYNA-GeoCPM belastbare Berechnungsergebnisse erzielt werden. Auf Grundlage dieser Berechnungen werden aktuell kosteneffiziente kombinierte Maßnahmen im Kanalnetz und/oder auf der Oberfläche umgesetzt.

Planer, Betreiber und ggf. auch betroffene Bürger können durch die Integration der Berechnungsmodelle in die SUDPLAN-Plattform und durch die sehr anschaulichen Visualisierungsmöglichkeiten der Berechnungsergebnisse über mögliche Risiken informiert werden, um entsprechende Maßnahmen zum Objektschutz bzw. für den Umweltschutz vorausschauend zu veranlassen.

Die Herausforderung besteht zukünftig darin, alle an der Planung Beteiligten in die Prozesse einzubinden und die Ergebnisse ressortübergreifend verfügbar zu machen. Hierzu sind u. a. die Bereiche Stadtentwässerung, Stadtplanung & Stadtentwicklung, Straßen- und Hochbau enger zu verzahnen und die Ergebnisse der Überflutungsanalysen in die Instrumente der Bauleitplanung aufzunehmen.

Web-basierte Entscheidungsunterstützungssysteme, wie sie im EU-Forschungsprojekt SUDPLAN entwickelt werden, ermöglichen den erforderlichen ressortübergreifenden Austausch von Informationen.

**Danksagung:** Das Projekt SUDPLAN wird durch das 7. Europäische Rahmenprogramm (Call ICT-2009-6.4 ICT for Environmental Services and Climate Change Adaption) gefördert und dankenswerterweise zusätzlich von der LINZ AG und der WSW Energie & Wasser AG unterstützt.

## Literatur

- Ashley, R.M., Balmforth, D.J., Saul, A.J. and Blanskby, J.D. (2005). Flooding in the future - predicting climate change, risks and responses in urban areas. *Water Science and Technology* 52(5), 265-273.
- BauGB (2011). Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S. 2414), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. Juli 2011 (BGBl. I S. 1509).
- BMLFUW (2008). Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Österreich.
- BMLFUW (2010). Anpassungsstrategien an den Klimawandel für Österreichs Wasserwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Österreich.
- DWA AG ES-2.5 (2008). Prüfung der Überflutungssicherheit von Entwässerungssystemen. Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-2.5, KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2008 (55), Nr. 9, S. 972-976.
- DWA (2006). DWA-A 118. Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. DWA, Hennef. ISBN 978-3-939057-15-4.

- DWA (2010a). Themenband Klimawandel - Herausforderungen und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft. Erarbeitet durch die Koordinierungsgruppe Klimawandel der DWA. DWA, Hennef. ISBN 978-3-941897-19-9.
- DWA (2010b). DWA-M 551 (2010). Audit "Hochwasser - wie gut sind wir vorbereitet". DWA, Hennef. ISBN 978-3-941897-63-2.
- Gamerith V., Olsson J., Hochedlinger M., Camhy D. und Gruber G. (2012a). Abschätzung von zukünftigen Entlastungsfrachten nach dem ÖWAV Regelblatt 19 auf Basis von Klimamodellprognosen am Beispiel der Stadt Linz. ÖWAV-Tagung Kanalmanagement 2012 am 01.02.2012 in Wien. In: Wiener Mitteilungen (2012) Band 225, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz, 20 Seiten.
- Gamerith, V., Olsson, J., Camhy, D., Hochedlinger, M., Kutschera, P., Schlobinski, S. and Gruber, G. (2012b). Assessment of Combined Sewer Overflows under Climate Change - Urban Drainage Pilot Study Linz, IWA World Congress on Water, Climate and Energy, Dublin, Irland. (accepted)
- Gidhagen, L., Denzer, R., Schlobinski, S., Michel, F., Kutschera, P. and Havlik, D. (2010). Sustainable Urban Development Planner for Climate Change Adaptation (SUDPLAN), ENVIP 2010 - Environmental Information Systems and Services – Infrastructures and Platforms, Bonn, Deutschland
- Hoppe H. (2006). Unsicherheiten von Grundlagendaten im Rahmen integrierter Planungen urbaner Abwasserentsorgungssysteme. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum, Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Band 51. ISBN 3-9810255-1-2
- Hoppe H., Graf-van Riesenbeck G., Rost F., Kirschner N., Massing C., Arnold B., Sander S. (2012). Von der Hochwasserrisikokarte zur urbanen Gefährdungsanalyse - Methodik und Projekterfahrungen. DWA-Tagungsunterlagen GIS & GDI in der Wasserwirtschaft, 25.-26.01.2012 in Kassel. 17 Seiten
- Mailhot, A. and Duchesne, S. (2010). Design Criteria of Urban Drainage Infrastructures under Climate Change. Journal of Water Resources Planning and Management-Asce 136(2), 201-208.
- ÖWAV (2007). ÖWAV - Regelblatt 19 - Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen, 47 Seiten, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien, Österreich.
- Olsson J., Gidhagen L., Gamerith V., Gruber G., Hoppe H. und Kutschera P. (2012). Downscaling of Short-term Precipitation from Regional Climate Models for Sustainable Urban Planning. Submittet to Sustainability.
- Pecher K. H. und Hoppe H. (2001). Künftige Bemessung von Kanalisationen. Korrespondenz Abwasser Abfall (58), Nr. 2, S. 121-127.

Sander S., Hoppe H. und Schlobinski S. (2011a). Integrating Climate Change in the Urban Planning Process - A Case Study. In: J. Hřebíček, G. Schimak, and R. Denzer (Eds.): ISESS 2011, IFIP AICT 359, pp. 631-640. IFIP International Federation for Information Processing.

Sander S., Hoppe H. und Arnold B. (2011b). Forschungsprojekt SUDPLAN - Bericht aus der (Projekt-) Praxis. Vortrag im Rahmen des Workshops „Überflutungsvorsorge“ der WSW Energie & Wasser AG und Dr. Pecher AG am 03.11.2011 in Wuppertal (unveröffentlicht).

### **Korrespondenz an:**

**Holger Hoppe**

Dr. Pecher AG

Klinkerweg 5

D-40699 Erkrath

Tel.: +49 2104 9396 0

Fax: +49 2104 33153

Email: [holger.hoppe@pecher.de](mailto:holger.hoppe@pecher.de)

