

Wasser – Quelle des Lebens: Gekoppelte Simulation hydrologischer Prozesse

Wasserver- und entsorgungssysteme sind Netzwerke, die durch das Kundenverhalten und klimatische Randbedingungen stark beeinflusst werden. Eine optimale Steuerung der Komponenten (Pumpen, Ventile, Staubecken, ...) innerhalb solcher Netzwerke hilft enorme Kosten einzusparen. Diese kann mit Hilfe geeigneter mathematischer Modelle erreicht werden. Die Lösung dieser Optimierungsprobleme ist im allgemeinen eine schwierige Aufgabe und benötigt eine Entwicklung spezieller Verfahren und Algorithmen.



Institut für Geoökologie
Universität Potsdam



Fachbereich Mathematik und Informatik
Freie Universität Berlin



Abteilung für Angewandte Mathematik
Institut für Hydrologie
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg



Institut für Numerische und Angewandte Mathematik
Westfälische Wilhelms-Universität Münster



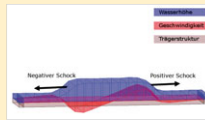
Institut für Parallele und Verteilte Systeme
Institut für Wasserbau
Universität Stuttgart



Ingenieurbüro für Wasserbau,
Wasserwirtschaft und Tiefbau
Wald + Corbe GbR



▲ Überlastetes Kanalnetz



▲ Simulation zweier Schockwellen in Flachwasser:
Auf einer Tragenstruktur (Beton) breitet sich die Wasser-
oberfläche (blau) mit der zugehörigen Geschwin-
digkeitsverteilung (rot) aus – Schockwellen entstehen.

Abwasserentsorgung

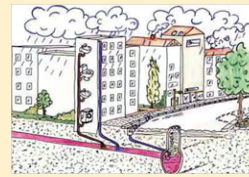
Abwasserkanalnetze sind notwendiger Bestandteil städtischer Infrastruktur und erleichtern das Zusammenleben in Großstädten und Ballungsräumen. Die Stadtentwässerung hat zwei Hauptaufgaben:

1. Die Ableitung unseres Abwassers („Schmutzwasser“) über die Kanalisation bis zur Kläranlage
2. Ableitung von Regenwasser, um Überschwemmungen zu verhindern.

Die Ableitung des Schmutz- und Regenwassers ist technisch anspruchsvoll. Das Wasser im ganzen Kanalnetz muss an bestimmten Stellen gestaut werden, damit es anderorts freie Kapazitäten für das einströmende Wasser gibt. Um eine gezielte Ableitung von Schmutzwasser zu erreichen, werden Computermodelle von Kanalisationsnetzen eingesetzt und so die Fließbewegungen des Abwassers simuliert.

Betriebsführung

Wasserversorgungssysteme bestehen größtenteils aus Pumpen, Ventilen und Speicherelementen, die über Leitungen miteinander verbunden werden. Das Ziel der Wasserversorgungsnetzwerke ist es, ihre Stauerelemente so zu schalten, dass alle Kundennachfragen erfüllt werden. Wird zusätzlich gefordert, die Versorgung möglichst „kostengünstig“ durchzuführen, so entsteht aus mathematischer Sicht ein nichtlineares Optimierungsproblem. Durch die Kombination nichtlinearer Optimierungsprobleme mit diskreten Entscheidungen (z.B. An/Aus-Entscheidungen) entstehen schwer zu lösende Probleme. Aufgrund der enormen Schäden, die bei falscher Steuerung eines realen Wasserversorgungsnetzes entstehen können, müssen Steuerungen mit einem Simulator gegengeprüft werden.



▲ Mischsystem: Schmutz- und Regen-
wasser werden gemeinsam in
einem Kanal abgeleitet.



▲ Wenn eine Wassergewinnung mittels Gravi-
tation nicht möglich ist, versorgen Pumpwerke
die Haushalte mit Wasser. Sie können auch
bei der Trinkwasserförderung aus Brunnen
zum Einsatz.

Rohrströmung

In den meisten Fällen werden die Abwasserkanalssysteme so entworfen, dass Wasser im Kanal durch die Auswirkung der Gravitationskraft transportiert wird. In Abwasserkanalssystemen sind die Betriebsprobleme und Systemschäden mit dem Verhalten der Flüssigkeit verbunden.

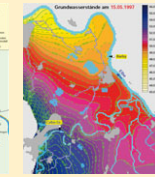
Durch starke Regenfälle oder Betätigung der Absperr- oder Regelorgane kann sich die Dynamik der Flüssigkeit innerhalb der Abwasserkanäle ändern. Sie machen die mathematische Modellierung und numerische Simulationen solcher Phänomene unabhängigbar.

Ziele des Teilprojekts:

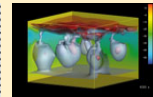
- Anwendung der entwickelten Modelle auf große Netzwerke.
- Die hydrodynamische Modellierung von Knotenbedingungen in numerischen Verfahren.



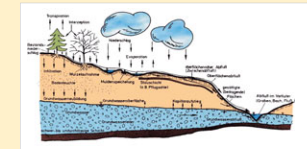
▲ Gewässermodell von der Unteren
Saale (Wald+Corbe)



▲ Grundwasserstände [in Meter] im
Gebiet der Unteren Saale
(Wald+Corbe)



▲ Simulation der Wasserinfiltration
in einen Untergrund mit
undurchlässigen Schichten
(Ippisch, IPVS)



◀ Relevante physikalische Prozesse
des Wasserkreislaufs (Wald+Corbe)

Wasserverfügbarkeit und Hochwasserschutz

Wassergewinnung, Hochwasservorhersage und Gewässerschutz haben für unsere Gesellschaft große Bedeutung. Moderne Computermodelle helfen, die Auswirkungen menschlicher und technischer Einflüsse auf den Wasserhaushalt zu verstehen. Nur so können Folgen auf die Umwelt abgeschätzt werden.

Über den Wasserkreislauf sind die Wassereservoirs der Atmosphäre, der Biosphäre und der Pedosphäre miteinander gekoppelt. Durch eine adaptive Modellierung der gekoppelten hydrologischen Prozesse, in Abhängigkeit der relevanten Orts- und Zeitskalen, wird eine Simulationsplattform zur Anwendung in der Hydrologie und Wasserwirtschaft entwickelt. Das resultierende Modell soll zur Untersuchung der Grundwasserneubildung und der Auswirkung eines Flusslaufs auf die Grundwasserdynamik eingesetzt werden. Weitere Informationen auf www.AdapHydroMod.de.

FORMELM