

## **Das EU-Projekt HarmoniQuA: Qualitätssicherung zur Erhöhung der Zuverlässigkeit bei der Modellierung von Flusseinzugsgebieten**

*Tanja Bergfeld & Dieter Müller, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz*

Das EU-Projekt „HarmoniQuA“ (**H**armonising **Q**uality **A**ssurance for model based catchment and river basin management) ist Teil des EU-catchmod-clusters von Projekten zur integrierten Modellierung von Einzugsgebieten. Ziel des Projektes ist die Erhöhung der Glaubwürdigkeit und der Zuverlässigkeit bei der Modellierung von Flusseinzugsgebieten im Rahmen der WRRL. Dabei werden die Bereiche Niederschlag-Abfluss, Flusshydraulik, Hochwasservorhersage, Grundwasser, Gewässergüte und Ökologie bearbeitet, sozio-ökonomische Fragestellungen werden berührt.

Es wird ein neues rechnergestütztes und anwenderfreundliches Verfahren zur Qualitätssicherung bei der Modellierung von Flusseinzugsgebieten entwickelt, das Instrument „MoST“ (**M**odel **S**upport **T**ool). Im gegenwärtigen Entwicklungsstadium verfügt das Instrument MoST über Fähigkeiten zur

Anleitung: Sicherstellung der richtigen Anwendung eines Modells;

Überwachung: Aufzeichnung von Entscheidungen, Methoden und Daten, die für diese Aufgaben eingesetzt wurden;

Berichterstattung: Erstellung von Berichten, geeignet für Manager/Auftraggeber, Modellentwickler, Rechnungsprüfer und Öffentlichkeit.

Der Modellierungsprozess wird in fünf Schritte aufgeschlüsselt:

1. Arbeitsplan der Modellstudie
2. Daten und Konzeptualisierung
3. Modelaufbau
4. Kalibrierung und Validierung
5. Simulation und Evaluation

MoST gibt praktische Anleitungen zu jedem Schritt, der sich in mehrere Aufgaben und Aktivitäten gliedert. Dabei werden je nach Nutzer unterschiedliche Versionen einer Aktivität angezeigt; für allgemeine oder spezielle Fachbereiche und für einfache oder komplizierte Untersuchungen. Das Instrument stellt eine leicht nutzbare Berichts- und Qualitätssicherungsstruktur zur Verfügung.

Weitere Informationen unter [www.harmoniqua.com](http://www.harmoniqua.com)

MoST kann nach Registrierung unter <http://harmoniqua.wau.nl/tools/download> heruntergeladen werden.

Weitere Fragen beantwortet Frau Dr. Bergfeld, Tel. 0261-13065520 ([bergfeld@bafg.de](mailto:bergfeld@bafg.de)).

## **Fuzzylogik basierte Abflussvorhersagemodelle am Beispiel der operationellen Hochwasservorhersage**

*Institut für Innovative Informatik-Anwendungen i3A, FH Trier*

*Prof. Dr. P. Gemmar, M. Stüber Dipl.-Inform. (FH), M. Greving Dipl.-Inform. (FH)*

Die Abflussbildung in Flusseinzugsgebieten ist ein komplexer Prozess und kann mathematisch nicht exakt beschrieben werden. Um dennoch Abflussvorhersagen berechnen zu können, sind abstrakte Modelle erforderlich, die eine Abbildung der Eingangsinformationen auf eine oder mehrere Zielgrößen ermöglichen. Die Vorgänge zur Abflussbildung und Abflusskonzentration sind zwar bekannt, den komplexen räumlich und zeitlich variablen Vorgängen von der Bildung des Niederschlags bis zur Abflusskonzentration und der Abflussbildung stehen jedoch nur relativ wenige numerische Eingangsinformationen gegenüber.

Fuzzylogik ist eine Technologie, die die Formulierung und Transformation von vagen unscharfen Beschreibungen eines Prozesses in ein mathematisches Modell ermöglicht. Die Fuzzy-Technologie wird darum in vielen Anwendungsgebieten zur Modellierung komplexer Prozesse verwendet, die sich nicht oder nur mit sehr großem Aufwand mit klassischen mathematischen Methoden beschreiben lassen.

Es wird ein Modellansatz, basierend auf einem Fuzzy-System nach Takagi-Sugeno-Kang (TSK), präsentiert. Dieser Ansatz ermöglicht die Generierung von Abflussvorhersagesystemen ohne explizite Modellierung des Einzugsgebietes. Die so erzeugten Fuzzy-Modelle beschreiben die qualitativen, quantitativen und zeitlichen Abhängigkeiten der Systemgrößen in Form von Wenn <Prämisse> Dann <Konklusion> Regeln. Die Regelprämissen beschreiben verschiedene Abflusssituationen und beeinflussen den Ausgabewert des Systems je nach Erfüllungsgrad unterschiedlich. In der jeweiligen Regelkonklusion werden die jeweiligen Eingangsgrößen unterschiedlich gewichtet und aufsummiert.

Um solche Modelle erstellen zu können, sind relevante Abflusssituationen zu bestimmen und die in diesen Situationen geltenden qualitativen und temporären Einflüsse der Eingangsgrößen zu definieren. Dies kann manuell, durch Verwendung von Expertenwissen oder auch automatisch durch die Analyse historischer Niederschlags- und Abflussmessdaten durchgeführt werden.

Zur Zeit befinden sich etwa 50 vom Institut für Innovative Informatik-Anwendungen i3A entwickelte Hochwasservorhersagemodelle im Einzugsgebiet der Mosel, Sieg und des Hochrheins im operationellen Betrieb. Seit der Inbetriebnahme der ersten Modelle vor ca. sechs Jahren werden mit diesen Modellen innerhalb weniger Sekunden gute Vorhersageergebnisse in unterschiedlichen Hochwassermeldezentren berechnet.

Die Generierung von Fuzzy-Vorhersagemodellen wird automatisiert mittels des Softwaresystems fps\_f (Fuzzy Prediction System – Flood) durchgeführt. Der Aufbau der Modelle erlaubt anschließend eine einfache Analyse der in den Regeln beschriebenen Zusammenhänge zwischen den verwendeten Systemgrößen. Die Anpassung bestehender Modelle anhand neuer Daten kann in wenigen Stunden durchgeführt werden. Seit einigen Monaten befindet sich zudem eine vom i3A entwickelte, auf Fuzzylogik basierende, automatische Regelung der Dhrontalsperre (Nebenfluss der Mosel) im Einsatz.

## **Anpassung von Niederschlagsvorhersagen des DWD LM-Modells zur verbesserten Hochwasservorhersage**

*Institut für Innovative Informatik-Anwendungen i3A, FH Trier*

*Prof. Dr. P. Gemmar, M. Stüber Dipl.-Inform. (FH), M. Greving Dipl.-Inform. (FH)*

Die operationelle Hochwasservorhersage benötigt die Bereitstellung verlässlicher quantitativer Vorhersagedaten für Niederschläge im Flusseinzugsgebiet. Der Einfluss der Niederschlagsvorhersagen auf Abflussvorhersagen wurde im Vergleich zu gemessenen Niederschlagsdaten vom Institut für Innovative Informatik-Anwendungen i3A in der ATV-DVWK Arbeitsgruppe – Hochwasservorhersage mit Fuzzy-Logic - untersucht und dargestellt.

Dabei zeigten sich qualifizierte Hinweise, dass die Vorhersagedaten des Lokalmodells (LM) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) charakteristische Abweichungen zu den realen Niederschlägen aufweisen. So konnten für bestimmte und orografisch exponierte Gebiete systematische Abweichungen der LM-Daten hinsichtlich einer Über- bzw. Unterschätzung der Niederschläge nachgewiesen werden. Diese Abweichungen treten signifikant bei bestimmten Wetterlagen und Niederschlagshöhen auf. Die identifizierten Über- bzw. Unterschätzungen lieferten eine Grundlage für eine lokale und selektive Korrektur der LM-Abweichungen.

Es wird die Entwicklung eines Verfahrens zur Anpassung der Niederschlagsvorhersagen des LM-Modells und dessen Implementierung als Softwaremodul für den operationellen Einsatz vorgestellt. Das auf Fuzzylogik basierende Verfahren führt eine lokale Anpassung der LM-Daten unter Berücksichtigung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit und vorhergesagter Niederschlagshöhe durch. Die lokale Anpassung wird beispielhaft auf Ausschnitte des LM-Rasters für die Gebiete von Baden-Württemberg (BW) und Rheinland-Pfalz (RLP) und ausgewiesene Randzonen durchgeführt. Das Verfahren ist parametrisiert und nicht ortsgebunden so dass es auch auf andere Regionen des LM-Rasters übertragen werden kann. Die lokale Parametrisierung des Verfahrens wurde anhand von LM-Daten und ins LM-Raster umgerechneten Niederschlagsmessdaten für den Zeitraum Ende 2000 bis Mitte 2003 entwickelt und verifiziert.

Die Untersuchungen wurden im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg und des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz vom i3A weitergeführt und in ein operationell einsetzbares Softwaresystem überführt. Die der Abflussvorhersage vorgeschaltete Korrektur der Niederschlagsdaten ermöglicht somit eine Verbesserung der Datengrundlage für die Hochwasservorhersage.

## **Unsicherheiten bei der Abflussmodellierung in kleinen Einzugsgebieten am Beispiel hydrodynamischer Kanalnetzrechnungen**

*Thomas Kreiter, Ingenieurbüro für Hydrologie und Gewässerschutz (ihg)*

*St. Ingberter Straße 49, 66583 Spiesen-Elversberg, email: Kreiter@ihg-www.de*

### **Problem und Vorgehen**

Für die Berechnung von Abflüssen aus kleinen, nicht pegelbeobachteten Einzugsgebieten (im Rahmen der Kanalnetzrechnung so genannte „Außengebiete“) bieten die gängigen Regelwerke des ATV-DVWK derzeit grundsätzlich mehrere Verfahren an. Die Wahl eines geeigneten Berechnungsansatzes überlassen die Regelwerke zur Zeit noch den planenden Ingenieurinnen und Ingenieuren. Ein Vergleich aller in den Regelwerken genannter Modellansätze zeigte in den drei ausgewählten Untersuchungsgebieten im Saarland, dass die jeweils ermittelten Abflüsse signifikant voneinander abwichen, was sich je nach Gebiet nicht unerheblich auf die korrespondierenden Schachtwasserspiegel auswirkte.

### **Ergebnisse**

Die Modellunsicherheiten bewegen sich bezogen auf den Spitzenabfluss (Scheitelwert) im Bereich von Faktor 8 bis 9175. Die Volumina der Abflusswellen differieren um Faktor 3 bis 32. Je nach Berechnungsansatz werden die Außengebietsabflüsse zudem ungünstig mit den Spitzenabflüssen der befestigten Flächen überlagert. Die korrespondierenden Schachtwasserspiegel differieren je nach Modellansatz um mehrere Meter was sich mitunter entscheidend z. B. im Hinblick auf Sanierungsfragen (und somit direkt monetär) auswirkt.

### **Ausblick**

Die o. g. Ergebnisse erfordern weiterführende Untersuchungen unter Einbeziehung von Gebietsmessungen. Ein Ziel solcher Untersuchungen könnte beispielsweise sein, die Regelwerke des ATV-DVWK zu erweitern, um dem Planer die Wahl eines geeigneten Modellansatzes zu erleichtern. Die Regelwerke könnte dann beispielsweise in Abhängigkeit von gebietsspezifischen Parametern wie z. B. Relief, Fläche, Boden und Bewuchs einen konkreten (und somit verbindlichen) Modellansatz zur Berechnung der Außengebiete vorgegeben.

## **Modellierung von punktförmigen und diffusen Nitrat-Quellen im Einzugsgebiet der Dill mit dem Modell SWAT**

*T. Pohlert<sup>1\*</sup>, L. Breuer<sup>1</sup>, J.A. Huisman<sup>1</sup> und H.-G. Frede<sup>1</sup>*

*2. Institut für Landschaftsökologie und Ressourcenmanagement, Justus Liebig Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26, D-35392 Gießen, Email: Thorsten.Pohlert@agr.uni-giessen*

Öko-hydrologische Modelle sind wichtige Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung für das Management von Flussgebieten. Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs "Landnutzungskonzepte für periphere Regionen" (SFB299) wird das Modell SWAT (Soil and Water Assessment Tool) sowohl zur gewässerökologischen Bewertung von Landnutzungsszenarien angewandt, als auch modelltechnisch weiterentwickelt. Ziel dieser Arbeit ist es, den Beitrag der Nitratbelastung durch diffuse und punktförmige Quellen im Einzugsgebiet der Dill (692 km<sup>2</sup>) mit SWAT zu quantifizieren. Zur Simulation mit SWAT werden Informationen zur Topographie, der Böden und der Landnutzung des Gebiets als Randparameter benötigt. Für den Modellantrieb werden meteorologische Daten, Ablaufwerte von Punkteinleitern sowie Maßnahmen der Landbewirtschaftung herangezogen. Für diese Studie standen 2 Klimahauptstationen und 12 Niederschlagsstationen, deren tägliche Werte homogenisiert und höhenkorrigiert wurden, zur Verfügung. Die Topographie wurde aus einem digitalem Höhenmodell (25 X 25 m), die bodenphysikalischen Eigenschaften aus hessischen Bodenflächendaten (BFD50) und die aktuelle Landnutzung aus LANDSAT TM Aufnahmen abgeleitet. Zur Prüfung der Modellausgaben und Weiterentwicklung des Modells SWAT wird seit 2000 eine gewässerchemische Messstelle betrieben. Die Periode 1990 bis 1993 wurde zur automatischen Kalibrierung der bodenphysikalischen Parameter benutzt, um den Fehler zwischen beobachteten und simulierten Abfluss am Gebietsauslass zu minimieren. Die Periode von 2000 bis 2002 wurde zur manuellen Kalibrierung der für den Stickstoffumsatz und -transport relevanten Größen verwendet. Das Jahr 2003 bis 2004 dient zur Validierung der täglichen Abflusswerte und monatlichen Nitratfracht. Die zum Vergleich herangezogenen Monatsfrachten wurden durch arithmetische Mittelung der Tagesfrachten berechnet, wobei die Tagesfracht das Produkt aus täglichem Abfluss und Konzentration der Tagesmischprobe ist. Die Modelleffizienz nach Nash & Sutcliffe bezüglich simulierten Tagesabfluss beträgt 0.8. Für montliche Nitratfrachten zur Kalibrierungsphase beträgt die Modelleffizienz 0.6. Die Verteilung der simulierten Tagesfrachten unterscheidet sich nicht signifikant von der Verteilung beobachteter Tagesfrachten. Die Modelleffizienz für Tagesfrachten ist gering, da für diese Studie keine täglichen Ablaufwerte von Kläranlagen zur Verfügung standen.

## **Integrated urban catchment modelling for a sewer-treatment plant-river system in Luxembourg**

A.-M. Solvi<sup>1,2\*</sup>, L. Benedetti<sup>1</sup>, S. Gillé<sup>3</sup>, P. Schosseler<sup>2</sup>, A. Weidenhaupt<sup>2</sup> and P.A. Vanrollegheem<sup>1</sup>

<sup>1</sup>BIOMATH, Ghent University, Coupure Links 653, B-9000 Ghent, Belgium

<sup>2</sup> Resource Centre for Environmental Technologies, CRP Henri Tudor, rue de Luxembourg 66, L-4002 Esch/Alzette, Luxembourg

<sup>3</sup>Laboratory for Industrial Technologies, CRP Henri Tudor, rue de Luxembourg, 70, L-4002 Esch/Alzette, Luxembourg

\* Corresponding author, e-mail: [anne-marie.solvi@tudor.lu](mailto:anne-marie.solvi@tudor.lu)

### **Abstract**

In this integrated case study, the WEST® software (Hemmis N.V., Kortrijk, Belgium) is used as the modelling and simulation platform to describe all subsystems of an urban catchment, comprising the processes for catchment runoff, sewer transport, wastewater treatment, river hydraulics and conversions. Having only one software avoids data transfer problems during integrated simulations. Also, WEST® is an open platform, and the hierarchical structure of its model base makes it easy for the user to add models to those already present, like the standard activated sludge models (ASM1, ASM2, ASM2d, ASM3) for the wastewater treatment plant (WWTP) and the river water quality model (RWQM1) for the river system. For surface runoff and sewer transport, the KOSIM (ITWH GmbH, Hannover, Germany) hydrological model was implemented into the WEST® modelbase. The implementation was thoroughly verified by comparing WEST® simulation results for a hypothetical system with the results obtained with the original KOSIM software.

The integrated modelling approach is applied to a case study situated in the North-East of Luxembourg. The Bleesbruck WWTP and its sewer system are operated by the SIDEN (Syndicat intercommunal de dépollution des eaux résiduaires du Nord). The receiving river Sauer is characterised by high ammonium and phosphate concentrations, i.e. it is eutrophied. The refurbishment of the sewer system by the construction of a parallel, pressurised main collector and by the replacement of combined sewer overflows by retention basins is currently in progress. By building a model of the whole system, virtual experiments can be performed allowing for analysis and testing of different strategies for operation of the new sewer network and the WWTP, guided by what is best for the receiving water quality. This guidance of management from a receiving water's perspective is one of the key principles underlying the recently adopted EU Water Framework Directive, which asks EU member states to adopt measures to reach a good chemical and ecological status of surface and ground waters by 2015.