

Vortrag:

## **Das Modellsystem WaSiM-ETH – Motivation und Werdegang**

*Joachim Gurtz*

*Institut für Atmosphäre und Klima*

*Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich*

*Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich*

Das „Water Flow and Balance Simulation Model“ WaSiM-ETH wurde in seiner ersten Version mit dem Top-Model-Ansatz in der Zeit von 1993 bis 1996 am Geographischen Institut der ETH Zürich entwickelt. Da zu dieser Zeit die räumlich differenzierte hydrologische Einzugsgebietsmodellierung noch in der Anfangsphase steckte, bestand die Hauptzielstellung der Modellentwicklung in der Bereitstellung eines flächendifferenzierten, klar gridbezogenen Einzugsgebietsmodells, das im Sinne eines Kompromisses so gut wie möglich und nötig physikalisch basiert ist und dabei rechentechnisch so gut wie möglich handhabbar ist. Es ging um die Nutzung der schon verfügbaren Geo-Rauminformationen für die hydrologische Modellierung. Das Modell sollte in der Lage sein, die Abflussganglinien und Wasserflüsse in einem Einzugsgebiet zu berechnen und die Wasserhaushaltselemente, die Abflussbildung und die verschiedenen Speicherinhalte räumlich differenziert zu bestimmen. Das Modell sollte in verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalenbereichen zur Lösung unterschiedlicher Aufgabenstellungen und mit unterschiedlich detailliert verfügbaren Meteodaten anwendbar sein, wobei eine Kopplungsmöglichkeit mit Wetter- und anderen raumbezogenen Modellen gegeben sein sollte. So ging es um die Bereitstellung eines gesamten Modellsystems, das auch entsprechende Pre- und Postprocessing Tools beinhaltet.

1998 wurde eine deutlich verbesserte und physikalisch besser begründete Modellversion mit einem stark verändertem Bodenmodul unter Einbeziehung der Richards-Gleichung und Erweiterungen um ein Grundwassermodell sowie Module für die Be- und Entwässerung wie für den Tracertransport von J. Schulla (damals dann in einem Projekt des Instituts für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der ETH) bereitgestellt. Dem folgten dann bis 2001 in Zusammenarbeit mit K. Jasper Modellerweiterungen hinsichtlich der Einbeziehung neuer Interpolationsverfahren für die Meteodaten und der Einbau eines Moduls zur Gletscherabflussberechnung. Mit diesen Entwicklungsarbeiten an der ETH gingen kontinuierlich bis zum jetzigen Zeitpunkt sehr erfolgreiche Modellanwendungen mit unterschiedlichen Zielstellungen in unterschiedlichen Skalenbereichen einher, die das in dem Modellsystem steckende hohe Potential unter Beweis stellten.

Im Jahre 1998 fand der 1. WaSiM-Workshop im Sinne einer Anwenderschulung statt. Im Laufe der Zeit fand das Modellsystem immer mehr Anwender vor allem in den deutschsprachigen Ländern – aber z.B. auch in der Slowakei und in Island. Einige dieser Modellanwendungen sind auch mit der Entwicklung neuer Teilmodelle z.B. für den Makroporenabfluss aber auch mit der Kopplung mit Wassergütemodellen verknüpft.

Heute findet das WaSiM-ETH-Modellsystem in insgesamt etwa 40 Institutionen (mehr als 30 Forschungsinstitute und Landesämter und zunehmende Anzahl von Ingenieurbüros) Anwendung. Diese Anwendungen haben bisher ihren Niederschlag gefunden in etwa 20 „peer reviewed“ Publikationen in internationalen Zeitschriften, 10 Dissertationen, 12 Diplom- und Semesterarbeiten sowie etwa 40 weiteren wissenschaftlichen Beiträgen vor allem auf Konferenzen.

Die bisher praktizierte Form dieses frei nutzbaren Modellsystems stiess bei der immer stärker zunehmenden Anzahl der Nutzer auf Grenzen, die auf beiden Seiten zur Unzufriedenheit und zu Überlegungen zur Verbesserung der Situation führte. Dazu soll nun dieser 2. WaSiM-Workshop einen gewichtigen Beitrag leisten. So bestehen die wichtigsten Ziele des Workshops in Folgendem:

- Gegenseitige Information zu bisher realisierten Entwicklungen und Anwendungen des WaSiM
- Austausch zu den von den Nutzern gesammelten Erfahrungen und über aufgetretene Probleme
- Welche Wünsche gibt es an das Modellsystem WaSiM
- Gemeinsame Beratung der Fragen der zukünftigen Wartung, Pflege und Weitergabe des Modells sowie des Supports bei seiner Anwendung
- Wie können wir in Zukunft die Bereitstellung des Modells und seiner Beschreibung, den Austausch von Erfahrungen, die Betreuung des Modells und die Lösung auftretender Fragen und Probleme am effektivsten realisieren?
- Wie kann und sollte das WaSiM weiterentwickelt werden?
- Welche Finanzierungsmöglichkeiten können dafür erschlossen und welche Wege gegangen werden?
- Welchen Beitrag können wir gemeinsam dazu über ein Nutzerforum oder eine Nutzergemeinschaft leisten (Stichwort: Internetplattform)?
- Gegenseitiges persönliches Kennenlernen

*Eine Liste der WaSiM anwendenden Institutionen sowie eine Publikationsliste zu WaSiM ist den Workshop-Unterlagen beigelegt.*

Vortrag

# **Das Modellsystem WaSiM-ETH – Überblick: Grundkonzept, Entwicklungen und Erweiterungen, Anwendungsbereiche und Nutzungsmöglichkeiten**

*Jörg Schulla*

*Interact Consulting AG*

*Brauerstrasse 4, Postfach, CH-8026 Zürich*

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die Leistungsmerkmale des hydrologischen Modells WaSiM-ETH. Das Grundkonzept besteht darin, dass die wichtigsten vertikal abbildbaren hydrologischen Prozesse in einer wählbaren räumlichen Diskretisierung in beliebiger zeitlicher Auflösung berechnet werden. Laterale Abflusskomponenten werden auf konzeptionelle Weise (Linearspeicherkaskade abhängig von der Gebietsmorphologie) implementiert. Zur Modellierung von Verdunstung, Schneeakkumulation und Schmelze sowie Interzeption, Infiltration und Versickerung werden, je nach Modellversion und gewähltem Algorithmus, mehr oder weniger physikalisch basierte Ansätze genutzt. Erst im Grundwasser wechselt das Modell von einer vertikal-eindimensionalen in die horizontal-zweidimensionale Domäne. Die Grundwasserströmung kann mit Oberflächengewässern in Wechselwirkung treten und so Basisabfluss bilden, aber auch Reinfiltration in das Grundwasser ist möglich. Die Abflusskonzentration im Gewässernetz wird mit der kinematischen Welle berechnet.

Für die Anwendbarkeit des Modells ist es entscheidend, wie die Daten im Preprocessing aufbereitet werden und wie sie im Postprocessing ausgewertet werden. Es wird deshalb auf Hilfsmittel und Werkzeuge eingegangen, wie die Daten entsprechend aufbereitet und ausgewertet werden können. Die Tools, die zu WaSiM-ETH entwickelt wurden (Anzeige von Ganglinien und Grids, Gridbearbeitungsprogramme, topographische Analyse und Regressionsanalyse) werden erwähnt (aber nicht detailliert vorgestellt, da dies Inhalt einer anderen Session ist).

Neben diesen Basiskomponenten verfügt WaSiM-ETH aber über eine Reihe spezieller Erweiterungen, welche jeweils kurz vorgestellt werden sollen. Dazu gehören die Gletschermodellierung, die regionale höhenabhängige Regression, die Möglichkeit der Verwendung variabler Zellgrößen, Zeitschritte < 60 min, Tracer- und Stofftransportmodellierung, Bewässerungsmodellierung, Modellierung geschichteter Grundwasserleiter, Berücksichtigung von Drainage und Stauschichten im Boden, Speicherung von Wasser

an der Oberfläche (sog. Ponds), externe und interne Zu-, Ab- und Überleitungen im Fließgewässernetz, Speicherbecken im Fließgewässernetz und vieles anderes mehr.

Es wird weiterhin auf die in den letzten Jahren implementierten Erweiterungen eingegangen, die wahrscheinlich noch keine weite Verbreitung gefunden haben: bikubische Spline-Interpolation für einigermaßen im Raster vorliegende meteorologische Inputs (z.B. Ergebnisse aus Klimamodellen), Modellierung von Albedo und Schneedeckenstruktur aufgrund des Schneealters, Ausgabe zusätzlicher Daten, Initialisierung des Bodenmodells mit externen Grundwasserständen, Änderung der k-Wert-Berechnung im Richardsansatz.

Ein WaSiM-Prototyp mit graphischer Ausgabe der Modellergebnisse wird ebenfalls in einer späteren Session vorgestellt. Am Schluss wird darauf eingegangen, was WaSiM-ETH nicht ist: Es ist kein rein physikalisches hydrologisches Modell, sondern eine Abstraktion der Wirklichkeit, die sich, wo immer möglich, physikalisch begründeter Modellvorstellungen bedient, aber sonst nicht vor ebenfalls begründeten konzeptionellen Annahmen zurückschreckt. Mit diesem Gedanken im Hinterkopf sollten alle Anwendungen nach der optimalen Parametrisierung suchen.

Vortrag

## **ASGi: Pre- und Postprozessing - Integrierte graphische Oberfläche und Menüführung für das Modell WaSiM-ETH**

*Markus Disse*

*Universität der Bundeswehr München*

*Institut für Wasserwesen*

*Werner-Heisenberg-Weg 39, D-85577 Neubiberg*

*Tibor Molnar*

*Ing.-Büro für Umweltmanagement und Wasserwesen (UWM)*

*Fasanenstr. 38, D-82008 Unterhaching*

Im ersten Teil des Vortrags wird das Modellsystem ASGi4.0 vorgestellt. ASGi4.0 ist ein interaktives, menügeführtes Niederschlag-Abfluss- und Stofftransportmodell auf Basis von WaSiM-ETH (Wasserflüsse) und AGNPS (Stoffflüsse). Der hydrologische Teil des Systems modelliert die Abflussbereitschaft des Bodens und die vertikalen und lateralen Flüsse eines Einzugsgebietes sowohl im Hochwasser- als auch im Wasserhaushaltsmodus. Das zu bearbeitende Gebiet wird für eine beliebige zeitliche und räumliche Auflösung in ASGi4.0 abgespeichert und modelliert.

ASGi4.0 ist ein kompaktes Modellsystem mit interaktiver Arbeitsweise. Die wichtigsten Komponenten und Merkmale von ASGi4.0 lassen sich wie folgt kennzeichnen:

- Importmodul für zeit- und raumbezogene Inputdaten
- Konfigurierungseinheit für das hydrologische Modell
- Modul zur automatischen Generierung der Steuerdatei von WaSiM-ETH
- Präprozessor für die Aufbereitung zeit- und raumbezogener Inputdaten von WaSiM-ETH
- Prozessor zur Aktivierung des Modells WaSiM-ETH
- Postprozessor zur Generierung vielfältiger graphischer oder tabellarischer Auswertungsmöglichkeiten

Ein weiteres wichtiges Merkmal von ASGi4.0 ist die Integration vielfältiger GIS-Applikationen im Hintergrund, die plattformunabhängig eingesetzt werden können. ASGi4.0 wurde auf Basis von ASGi2.0.5 auf der LINUX-Plattform entwickelt. Dazu wurde ausschließlich OpenSource - Software (wie LINUX, GRASS, usw.) verwendet. Die einzelnen Komponenten der neu entwickelten Tools zur Bearbeitung von zeit- und raumbezogenen Daten wurden entweder mit PERL oder C++ programmiert, wodurch ASGi4.0 vollkommen unabhängig vom eingesetzten Betriebssystem ist.

Die neuen Tools wurden als Module in ASGi4.0 integriert, so dass ein Update von ASGi2.0.5 auf ASGi4.0 problemlos möglich ist. Die Verarbeitung von raumbezogenen Daten unter GRASS ist mit Hilfe der implementierten Werkzeuge sehr benutzerfreundlich gestaltet, so dass keine besonderen GIS-Kenntnisse erforderlich sind.

Im zweiten Teil des Vortrags werden zukünftige Tätigkeiten und Entwicklungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel ein BMBF-Vorhaben zur Bestimmung der Modellunsicherheit, zur Diskussion gestellt.

Vortrag

## **Incorporating a more physically-based hydrology for erosion and sediment and nutrient transport modelling**

*Karl-Erich Lindenschmidt<sup>1</sup> and Gregor Ollesch<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>GFZ GeoForschungsZentrum Potsdam, Sektion 5.4 – Ingenieurhydrologie*

*Telegrafenberg F226, D-14473 Potsdam*

*<sup>2</sup>UFZ – Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Dept. Bodenforschung,*

*Brückstr. 3a, D-39114 Magdeburg*

Current research suggests that strategies to control sediment and phosphorus loss from non-point sources should focus on different runoff components and their spatial and temporal variation within the river basin. This is a prerequisite for determining effective management measures for reducing diffuse source pollution. Therefore, non-point source models, especially in humid climatic regions, should consider variable hydrologically active source areas. These models should be able to consider runoff generation by saturated overland flow, as well as Horton overland flow. A combination of the hydrological model WaSiM-ETH and the erosion and P-transport model AGNPS was chosen for this study. A small and a medium sized river basin in central Germany were selected for the investigation. The results show that the WaSiM - AGNPS coupling produce more accurate results than the SCS curve number method. For the spatial distribution the more physically-based model approach computed a much more realistic distribution of water and phosphorus yield-producing areas. The modelling system has also been extended to simulate snowmelt events (Ollesch et al., 2005) based on more physically-based erosion equations, results of which will also be shown.

Vortrag

## **WASIM-Anwendungen und Erweiterungen**

*Harald Kunstmann*

*Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK-IFU)*

*Forschungszentrum Karlsruhe GmbH*

*D-82467 Garmisch-Partenkirchen*

Am IMK-IFU wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche WASIM-Erweiterungen entwickelt, die für WaSiM-Anwender von Interesse sein könnten. Im Einzelnen handelt es sich um die folgenden Methoden:

- a) Automatische Parameterschätzung in WaSiM mittels der Parameterschätzungsumgebung PEST (basierend auf Marquard-Levenberg-Algorithmus).
- b) Stochastische hydrologische Modellierung mit WaSiM unter Verwendung von Monte Carlo und Latin-Hypercube Verfahren.
- c) 1-Wege Kopplungsmodule zur Verwendung von meteorologischen Feldern aus meteorologischen Modellen (MM5 und WRF) in WaSiM.
- d) Assimilation von Radarniederschlagsdaten in WaSiM.
- e) Kopplung von WaSiM mit der ökonomischen Modellumgebung GAMS unter Verwendung von Shell-Scripts und PERL.

WaSiM wird am IMK-IFU neben der hydrologischen Modellierung von europäischen alpinen Einzugsgebieten auch für subhumide bis semiaride Einzugsgebiete in Westafrika (Volta) und im semiariden Nahen Osten (Jordan) eingesetzt.

Vortrag

## **Zusatzkomponenten zur Ergebnisauswertung und Anbindung von WASIM an externe Anwendungen; Modifikation von WASIM im Rahmen eines integrierten Phosphor-Stoffaustragsmodells.**

*Gunter Wriedt und Gregor Ollesch  
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (UFZ),  
Brueckstrasse 3a, D-39114 Magdeburg*

In diesem Beitrag soll ein Überblick über laufende Arbeiten und Entwicklungen in unserer Arbeitsgruppe gegeben werden.

Im ersten Teil werden Entwicklungen im Rahmen einer Studie zur Abflussvorhersage in dem Einzugsgebiet der Weißen Elster dargestellt. Parameteroptimierung, Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse wurden mit Hilfe externer, modellunabhängiger Algorithmen (PEST, SCE-UA, MCA, GLUE) durchgeführt. Zusätzlich wurde ein Algorithmus entwickelt, der Modellanwendungen für Echtzeitvorhersagen ermöglichen soll. Dazu war es notwendig, geeignete Schnittstellen für JAVA und MATLAB zu entwickeln, welche eine automatisierte Steuerung und Auswertung der WASIM-Simulationen aus externen Anwendungen heraus ermöglichen.

Im zweiten Teil wird die Entwicklung eines Bodentemperaturmoduls dargestellt. Dieses dient der räumlich- und zeitlich differenzierten Darstellung der Schneeschmelze als Grundlage für die Berechnung von Schneeschmelzerosion. Diese modifizierte WASIM-Version wurde zusammen mit dem Erosionsmodell SMEM und den Modellen ANIMO und AGNPS in dem Modellsystem IWAN zusammengefasst. Dieses Modellsystem ermöglicht die Simulation von Phosphorausträgen in Einzugsgebieten.

Vortrag

## **"Parametrisierung, Anpassung und Kalibrierung des Bodenwasserhaushaltsmodells WaSiM-ETH für das Einzugsgebiet der Parthe sowie Berechnung von zwei Landnutzungsszenarien auf Grundlage der Klimaprognose von Sachsen"**

*Thomas Hertwig*

*Beak Consultants GmbH*

*Am St. Niclas Schacht 13, D-09599 Freiberg*

Es wurde das Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH (Basis: Richards-Gleichung und angeschlossenes Grundwassermodell) für das unterirdische Einzugsgebiet der Parthe bis zum Pegel Thekla aufgebaut. Als Grundlagenkarten entstanden ein DGM, eine geologische Karte mit 18 geologischen Einheiten und 166 Untereinheiten (mit 166 geologischen Normalprofilen) und Flächennutzungskarten mit Stand 1992 und 2050 (Prognosekarte). Der Modellaufbau beinhaltet die Parametrisierung der Boden- und Flächennutzungsarten sowie die Anpassung wesentlicher Programmparameter. Die aktuelle Flächennutzung wurde auf der Grundlage der CIR-Kartierung (1992) sowie eine prognostische Flächennutzung zum Zeitpunkt 2050 abgeleitet. Es erfolgte eine Kalibrierung des Verdunstungsmodells an den Messwerten der Lysimeterstation Brandis sowie der berechneten Abflüsse im Gerinne an den Pegelmesswerten von 6 Pegeln an der Parthe sowie am Schnellbach. Auf der Grundlage der Klimaprognose bis zum Jahre 2050 für das Parthegebiet sind weitere Simulationsrechnungen durchgeführt worden.

Die Kopplung von WaSiM-ETH mit dem externen Grundwassermodell PCGEOFIM basierte auf der monatlichen Übergabe der flächenkonkreten Grundwasserneubildungsrate an das GW-M und des daraus berechneten Grundwasserstandes an WaSiM-ETH. Die Übereinstimmung der gemessenen und simulierten Grundwasserstände für 1980-2003 sind zufriedenstellend, die simulierten Abflüsse am Pegel Thekla sind im Schnitt 9 % geringer, als die gemessenen.

Es konnten Ableitungen zur Entwicklung der Niederschlags- und Temperaturverhältnisse, zur Prognose der klimatischen Wasserbilanz, der Evapotranspiration, der Grund- und Bodenwasserverhältnisse sowie der Abflüsse in den Vorflutern getroffen werden.

Vortrag

## **Kopplung WaSiM-ETH an das Grundwassermodell PCGEOFIM®**

*Dietrich Sames*

*Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH*

*Nonnenstr. 9, D-04229 Leipzig*

Das vorhandene Oberflächenwasser-/Grundwassermodell für das ca. 315 km<sup>2</sup> große Einzugsgebiet der Parthe, welches im Auftrag des Landesamtes für Umwelt und Geologie des Freistaates Sachsen im Jahr 1994 aufgebaut und in den Folgejahren fortgeschrieben wurde, ist im Rahmen eines Forschungsvorhabens aktualisiert worden. Dieses Modell beschreibt die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet der Parthe für die Jahre 1980 bis 2004. Für die Simulation des Grundwasserpfadens wurde das Programmsystem PCGEOFIM®, das für montanhydrogeologische Berechnungen besonders geeignet ist, benutzt. Das Parthe-Einzugsgebiet grenzt an seinem westlichen Bereich an die ehemaligen Tagebaue Espenhain und Witznitz, weswegen ein bergbauliches Berechnungsmodell bevorzugt wurde. Die Kopplung mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH soll eine Abschätzung der Auswirkung der für Sachsen prognostizierten Klimaveränderungen auf den Wasserhaushalt ermöglichen.

Durch die Kopplung zwischen einem Bodenwasserhaushaltsmodell und einem Grundwassermodell können die Austauschraten zwischen Grund- und Oberflächenwasser sowie zwischen ungesättigter und gesättigter Bodenzone sehr genau nachgebildet werden. Das Bodenwasserhaushaltsmodell berechnet aus meteorologischen Daten, einem digitalen Geländemodell, der Bodennutzung, der Bodenart und dem Grundwasserflurabstand den Oberflächenlandabfluss, den Interflow und die Grundwasserneubildung. Im Falle einer Online-Kopplung übergibt das Programm Geofim dem Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH die aktuelle Grundwasseroberfläche und übernimmt die drei Komponenten Oberflächenlandabfluss, Interflow und Grundwasserneubildung.

Die Online-Kopplung Geofim/WaSiM-ETH wird von Geofim gesteuert. Nach dem Einlesen der benötigten Daten und dem Aufbau der internen Geofim-Strukturen wird der gesamte Betrachtungszeitraum in Tages-, Wochen-, Dekaden- oder Monatsschritte unterteilt. Bevor die Simulation der Grund- und Oberflächenwasserströmung für einen Zeitschritt erfolgt, wird das Bodenwasserhaushaltsmodell WaSiM-ETH gestartet. Alle meteorologischen Daten, das digitale Geländemodell, die Bodennutzung, die Bodenart und weitere Daten sind in einem speziellen Verzeichnis abgelegt. In diesem Verzeichnis hat Geofim vor dem Start die Grundwasseroberfläche als Grid gespeichert. WaSiM-ETH berechnet den Bodenwasserhaushalt für den vorgegebenen Zeitschritt, speichert die Ergebnisse als Grids und nach

Beendigung der Berechnung übernimmt wieder das Programm Geofim die Steuerung. Die für die Simulation der Grund- und Oberflächenwasserströmung relevanten Daten Oberflächenlandabfluss, Interflow und Grundwasserneubildung werden eingelesen, in interne Geofim-Strukturen umgewandelt und die neuen Grund- und Oberflächenwasserstände am Zeitschrittende berechnet. Diese Vorgehensweise wird bis zum Ende des Betrachtungszeitraumes fortgesetzt.

Im Rahmen des Forschungsauftrages KliWEP konnte gezeigt werden, dass eine Online-Kopplung Geofim/ WaSiM-ETH prinzipiell möglich ist. Die Nachrechnung des Zeitraums 1980-2004 zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserständen. Für den Zeitraum 2004-2050 wurden zwei unterschiedliche Bodennutzungsszenarien untersucht. Die Ergebnisse werden in einem weiteren Vortrag vorgestellt.

## **“INVMOD-G: A GRID- based inverse modelling approach for parameter estimation“**

*Dieter Theiner<sup>1</sup>, Marek Wieczorek<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Doktoratsstudent, Institut für Wasserbau,*

*Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck*

*<sup>2</sup>Doktoratsstudent, Institut für Informatik*

*Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck*

Die inverse Modellierung hat sich als ein hilfreiches Mittel zur Kalibrierung hydrologischer Modelle erwiesen. Mit dem Programm INVMOD steht eine Software zur Schätzung der Parameter von WaSiM-ETH, basierend auf einem mehrfach initialisierten Levenberg-Marquardt Algorithmus zur Verfügung. Mit der Zahl der zu kalibrierenden Parameter steigt allerdings der Rechenaufwand enorm an.

Unter GRID-COMPUTING versteht man Methoden, die Rechenleistung vieler Computer innerhalb eines Netzwerks so zusammenzufassen, dass über den reinen Datenaustausch hinaus rechenintensive Probleme gelöst werden können. Damit kann die Rechenleistung heutiger Supercomputer kostengünstig übertroffen werden.

Im Projekt INVMOD-G wurde der Algorithmus für die Kalibrierung von WaSiM-ETH parallelisiert und auf mehreren GRID- Umgebungen getestet.

## **Die Verwendung des Modellsystems ASGi im Rahmen der Kooperationsprojekte KLIWA und ESPACE**

*Alexander Kleinhans, Hans Weber (Referat 11)*

*Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft*

*Lazarettstr. 67, München*

Das Kooperationsvorhaben KLIWA (Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft) soll Erkenntnisse über die Auswirkungen einer möglichen Klimaveränderung geben. Mit geeigneten Untersuchungen wird versucht die Folgen für den Wasserhaushalt in den Flussgebieten Bayerns und Baden-Württembergs abzuschätzen. Darüber hinaus beteiligt sich das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft als Partner im EU-Projekt ESPACE (European Spatial Planing: Adapting to Climate Events). Das Vorhaben sieht – auf Grundlage zweier Pilotstudien im Maingebiet zur Anpassung von Hochwasserschutzplanungen an den Klimawandel - die Erarbeitung von Empfehlungen vor, wie raumbezogene Planungen an den Klimawandel anzupassen sind.

Das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft verfolgt unter Verwendung des Modellsystems ASGi folgende Projektziele im Rahmen von ESPACE und KLIWA:

- Ermittlung der großräumigen und flächendetaillierten Wasserhaushaltskomponenten sowie deren räumliche und zeitliche Veränderungen
- Flusseinzugsgebietsbezogene Beschreibung der Wasserbilanzen
- Prognose von klimabedingten Veränderungen des Abflussgeschehen mittels Klimaszenarien
- Flächendetaillierte Prognose von klimabedingten Veränderungen der Wasserbilanzglieder mittels regionaler Klimaszenarien
- Erarbeitung von großräumigen flächendetaillierten Planungsgrundlagen als Basis für Szenario-berechnungen

Anhand der Pilotstudie Oberer Main werden im Posterbeitrag die Ziele und erste Ergebnisse der durchgeführten Wasserhaushaltssimulationen erläutert.

## **Übertragbarkeit von Landnutzungs- und Klimaszenarien**

*Hannaleena Pöhler, Volkmar Dunger, Jörg Matschullat  
TU Bergakademie Freiberg, Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum,  
Brennhausgasse 14, D-09599 Freiberg*

Wassermengen und -qualität eines Gewässers werden stark von den Eigenschaften des Einzugsgebietes beeinflusst. Die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union verfolgt deshalb einen konsequent flächenhaften, auf das Flusseinzugsgebiet bezogenen Ansatz. Diesem Konzept folgend beschäftigt sich die Arbeitsgruppe „Hydrologie“ im Rahmen des BMBF geförderten interdisziplinären Verbundprojektes „Einzugsgebiets-Management für Talsperren in Mittelgebirgslandschaften (EMTAL)“ mit der Prognose der Abflussbildung. Ziel ist die Erarbeitung von Anpassungsvorschriften mit breitenverfügbaren Daten, mit Hilfe derer ein Modell mit möglichst wenig Aufwand auf ähnliche Einzugsgebiete übertragbar ist.

Durch die physikalisch begründeten, flexiblen Teilmodule bietet WaSiM-ETH gute Voraussetzungen für Klima- und Landnutzungsszenarien in verschiedenen Einzugsgebieten. Dem Programm werden veränderte meteorologische Zeitreihen und/oder Landnutzungskarten bzw. -parameter zur Verfügung gestellt, die leicht an verschiedene Einzugsgebiete angepasst werden können. Allgemeine Voraussetzung ist die Lage des Einzugsgebietes in einem Hoch- oder Mittelgebirge und die Übereinstimmung von Grundwasser- und Oberflächenwassereinzugsgebiet. Für Landnutzungsszenarien muss zudem die Struktur der Landwirtschaft bekannt sein, insbesondere die Größe der Schläge sowie deren rechtliche Zugehörigkeit, um die vorgegebenen Annahmen realistisch umsetzen zu können. Weitere Programme neben einem GIS und WaSiM sind nicht notwendig. Da in Hinblick auf Klimaszenarien für Modellierungen auf Einzugsgebietsebene globale Simulationen bzw. die Anwendung globaler Trends nicht geeignet sind, müssen regionale Prognosen zur Anwendung kommen. Basierend auf globalen Simulationsmodellen (ECHAM4, NCEP/NCAR) hat Enke (2003) über ein Wetterlagenklassifizierungsmodell saisonale Wetterlagen für Mitteleuropa entwickelt und darauf fußend Szenarien bis 2100 errechnet. Den Wetterlagen werden 10 bzw. 8 Wetterklassen basierend auf dem Temperatur- und Niederschlagsregime zugeordnet. Ausgehend davon entwickeln wir eine vereinfachte Methode, die Wetterlagen in für das jeweilige Einzugsgebiet zugeschnittene Temperatur- und Niederschlagsklassen zu übersetzen. Nächste Schritte im Projekt sind die Überprüfung der entwickelten Methoden in anderen Einzugsgebieten. Es wird sicher gestellt, dass auch eine interdisziplinäre Übertragbarkeit gewährleistet ist, d.h. die angebotenen

Szenarien von anderen Arbeitsgruppen im Projekt (z. B. AG Bodenschutz, AG Gewässerökologie und AG Umweltökonomie) genutzt werden können.

***Literatur:***

*Enke, W. (2003): „Anwendung eines Verfahrens zur wetterlagenkonsistenten Projektion von Zeitreihen und deren Extreme mit Hilfe globaler Klimasimulationen“ – Abschlussbericht*

Posterpräsentation

## **Hydrologische Auswirkungen von Klimaänderungen im Rheineinzugsgebiet**

*Simon Jaun, Jan Kleinn, Christoph Frei, Joachim Gurtz und Christoph Schär*

*Institut für Atmosphäre und Klima*

*Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich*

*Winterthurerstrasse 190, CH-8057 Zürich*

Diese Studie wurde im Rahmen des EU Projektes PRUDENCE durchgeführt. Um die potentiellen Auswirkungen eines zukünftigen Klimas auf die Abflüsse eines Flusssystemes zu untersuchen, wurden drei 30-jährige Modellläufe mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung vorgenommen. Die WaSiM-Simulationen wurden dabei vom RCM des deutschen Wetterdienstes (CHRM) angetrieben. Die erste Simulation erstreckt sich über den Zeitraum von 1961-1990 und benutzt als Randbedingung die Daten der ECMWF Reanalyse (ERA40). Sie wurde für die Validation der Modellkette gegenüber der Beobachtungen verwendet. Die zwei weiteren Läufe, der Kontroll- und der Szenariolauf, benutzen als Randbedingung die Daten des globalen Klimamodells des Hadley Centre. Der Kontrolllauf deckt die Periode von 1961-1990 ab, während der Szenariolauf für den Zeitraum von 2071-2100 gerechnet wird. Es wird das IPCC A2 Emissionsszenario verwendet. WaSiM wurde dabei mit einer horizontalen Auflösung von 1 km und in stündlichen Zeitschritten betrieben. Das berücksichtigte Einzugsgebiet des Rheines (~146000 km<sup>2</sup>) erstreckt sich bis nach Köln und wurde in 20 Teileinzugsgebiete unterteilt.

Die ERA40-Simulation zur Validation zeigt trotz einer generelle Unterschätzung eine gute Übereinstimmung mit den beobachteten Abflüssen. Auch der typischen Phasenwechsel des Regimes wird reproduziert. Die tägliche Ganglinie der Simulation folgt der Entwicklung des steigenden und fallenden Pegels der Beobachtung und zeigt somit, dass die Reanalysedaten durch die Modellkette in ein konsistentes Abflusssignal umgesetzt werden können. Der Abfluss erfährt in der Szenario-Simulation im Sommer und Herbst eine markante Reduktion. Diese ist hauptsächlich auf den starken Rückgang der sommerlichen Niederschläge zurückzuführen. Im Spätwinter / Frühling ist vor allem in den Unterliegern ein leichter Anstieg der Abflüsse zu beobachten, der seine Ursache einerseits in dem spätere Auftreten des winterlichen Niederschlagsmaximums und der Erhöhung der Niederschlages, andererseits aber auch in der temperaturbedingten Reduktion des Schneespeichers findet. Die Reduktion der Anzahl jährlicher Schneetage ist beträchtlich.

## **Landnutzungsänderung in einer Mittelgebirgsregion in Ungarn**

*Thomas Gräff,<sup>1</sup> Balint, G.<sup>2</sup>, Jolánkai, G.<sup>2</sup>, Bronstert, A.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Universität Potsdam Fakultät für Geoökologie Lehrstuhl für Hydrologie und Klimatologie*

*<sup>2</sup>Water Resources Research Centre (VITUKI), Budapest*

Durch eine überwiegend intensive Beanspruchung der Landschaft haben direkte und indirekte Eingriffe in die Landnutzung in vielen Fällen zu Umweltrisiken geführt. Für die Entwicklung von Hochwasserabflüssen haben Kopfeinzugsgebiete eine zentrale Bedeutung. Besonders in Ungarn, dessen Landesfläche zu großen Teilen aus Überflutungsbereichen besteht, ist für die unterliegenden Flachlandregionen das Verhalten dieser Gebiete besonders entscheidend. Eine zentrale Rolle bei der Hochwasserentwicklung spielen die urbanen Gebiete, die sich durch einen hohen Versiegelungsgrad gekennzeichnet sind.

Die Studie beschäftigt sich mit einem mesoskaligen Untersuchungsgebiet im Quellgebiet der Zagyva, einem Zufluss der Theis. Der Standort liegt im Tarná-Gebirge, einer Mittelgebirgsregion an der Grenze zur Slowakei und ist überwiegend durch Forstwirtschaft geprägt. Betrachtet wurden ereignisbezogene Phänomene mit stündlicher Auflösung. Verschiedene Landnutzungsszenarien wurden erstellt und ihre Wirkung auf das Abflussgeschehen untersucht.

Das Gebiet wurde mit der TOPMODEL-Version des WaSim-ETH, simuliert unter Anwendung der Erweiterungen von Versiegelung, dezentraler Rückhalt und Verschlammung. Es werden die folgenden räumlich expliziten Landnutzungsszenarien für das Gebiet vorgestellt: ein Pre-Urbaner Zustand in dem keine Siedlungen klassifiziert wurden, ein Zuwachs an Siedlungen von 10 bzw. 50% und Aufforstungsmaßnahmen.

Posterpräsentation

## **Problematik der Modellierung in mesoskaligen tropischen Einzugsgebieten**

*Constanze Leemhuis*

*Geographisches Institut*

*Goldschmidstr. 5, D-37078 Göttingen*

IMPENSO untersucht den Einfluss von ENSO (El Niño Southern Oscillation) bedingten Niederschlagsanomalien auf den Wasserhaushalt des mesoskaligen tropischen Palu River Einzugsgebietes (2694 km<sup>2</sup>) in Central Sulawesi, Indonesien. Flächendifferenzierte und physikalisch basierte hydrologische Modelle wie z.B. WASIM-ETH, die heutzutage als Standard in der Klimawirkungsforschung der mittleren Breiten dienen, werden bei der Anwendung in mesoskaligen tropischen Einzugsgebieten mit anderen Grundvoraussetzungen und Unsicherheiten konfrontiert: Die Datenverfügbarkeit ist für die meisten tropischen Einzugsgebiete (außer Australien) dürftig. Es existieren kaum mehrjährige Datenreihen und die Dichte der meteorologischen und hydrologischen Stationen ist gering. Darüber hinaus sind die Daten oft von minderer Qualität. Viele tropische Einzugsgebiete sind nicht stationär, d.h. der hohe Bevölkerungsdruck auf die potentiell landwirtschaftlich nutzbaren Gebiete verursacht durch großflächige oder mosaikartige Abholzungen rapide Landnutzungsänderungen. So können sich auch schon während einer kurzen Kalibrierungsphase des hydrologischen Modells wesentliche Landnutzungsgebiete ändern. Der Niederschlag in tropischen Einzugsgebieten ist zu einem großen Anteil von konvektiven Starkregenereignissen geprägt, die oft bei der Regionalisierung des Gebietsniederschlags nicht berücksichtigt werden. Die Evapotranspiration nimmt einen hohen Anteil des tropischen Wasserhaushaltes ein (bis zu 60 %). Allerdings ist die pflanzenphysiologische Parametrisierung von großen Wertespannbreiten gekennzeichnet, da noch nicht umfassende pflanzenphysiologische Studien für die artenreiche Flora der Tropen vorliegen. Detaillierte Bodenkarten der Einzugsgebiete sind oft nicht vorhanden, so daß eine Regionalisierung der bodenphysikalischen Parameter nicht möglich ist. Am Beispiel der Anwendung von WASIM-ETH auf das Gumbasa River Teileinzugsgebiet (1275 km<sup>2</sup>) werden die Unsicherheiten hydrologischer Modellierung von mesoskaligen tropischen Einzugsgebieten dargestellt und erste Lösungsansätze für die Regionalisierung bodenphysikalischer Parameter aufgezeigt.

Posterpräsentation

## **Climate Change Assessment and Irrigation Water Availability in Žitava River Basin**

*Beata Novotna and Lubos Jurik*

*Department of Landscape Engineering, Slovak Agricultural University in Nitra*

*Hospodárska 7, SK-94976 Nitra*

Noticeable changes of average temperature, precipitation, and soil moisture brought about climate change affect mainly in the agriculture sector. The amount, timing, and distribution of rainfall, snowfall, and runoff changes are probably involving changes in water availability; those will lead to the competition for water resources in the future. Irrigation water demands and impact of climate change on agriculture then involves the forces that will reorganize the agricultural economy between present time and futurity.

Presented poster describes the impact of climate change on the water balance in Žitava river basin (903 km<sup>2</sup>) by using the rainfall-runoff model WaSiM-ETH with simulation step one day, for the present condition and in case of climate scenarios fulfilling. Model results represent inter-linkages between climate, hydrology, water storage, agricultural production and socio-economic impacts on the long term, considering regional development and external drivers of global change. Contemporaneusness in simulations had been represented by the time series of years 1951-1980. For the future it had been set time horizons to the years 2010, 2030 and 2075 according to scenarios of climate change CCCM (Canada) and GISS (USA). Direct measurements of actual background characteristics had been realized in years 1994-1999.

On the base of model results it had been changed climatic characteristics applied on the crop rotations, which had been proposed for Žitava river basin and by its structure the best represents structure of cultivated agriculture plants at the present time. Crop rotations had been proposed for irrigation conditions, while it had been suggested with the potential climate change negative consequences reduction by irrigation. At the calculation of the water amount reservation required for irrigation of individual plants, it had been considered with already existing water reservoirs, which are located in the river basin, whether for the present, or for changed climate relationship. Differences in results are related to the change of the river basin climate relationship and required water guarantee amount change for irrigation consumptions according to individual scenarios. According to results, it is also considered that climate change shifts the seasonality of water availability in comparison with seasonal shifts in crop water demand and thus implications of the configuration of water storage and irrigation delivery systems.

## **Assessing the efficiency of small reservoir irrigation systems through integrative watershed modelling**

*Luna Bharati<sup>1</sup>, Charles Rodgers<sup>1</sup>, Nicola Martin<sup>2</sup>, Maria Plotnikova<sup>1</sup>, Joseph Intsiful<sup>1</sup> and Paul Vlek<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Center of Development Research (ZEF)*

*Walter-Flex-Strasse 3, D-53113 Bonn*

*<sup>2</sup>Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Germany*

The Volta Basin covers 400,000 km<sup>2</sup> of the West-African savannah zone. Ghana lies downstream and contains 42% of the basin. Most of the upstream part of the basin lies in Burkina Faso (43% of total), and the remaining 15% lies in Mali, Côte d'Ivoire, Togo, and Benin. Average rainfall is 1000 mm per year of which around 9% or 36 km<sup>3</sup> becomes available as runoff. The rainfall pattern is characterised by a great spatial and temporal variation.

The basin population is largely rural and poor, with per capita incomes below Sub-Saharan African standards. Agriculture is the primary economic activity in the basin and the major water user following hydropower. Given extremely unreliable rainfall conditions, irrigation development is seen as an obvious strategy to increase agricultural production. As the annual population growth rate is 2.5%, country reports predict that water demand for agricultural irrigation in the basin will increase considerably in the near future.

In general, irrigation development in the basin is mainly linked to the construction of small reservoirs. These small reservoirs are formed by constructing dams across intermittent streams, which cause water to become impounded. Small reservoirs are attractive

first of all, because they can be managed at a local level and second, because they often have additional uses such as for drinking water supply, domestic purposes, fisheries and livestock.

Although the construction and use of small reservoirs, especially in the Northern part of the basin is widespread, thus far, little or no consideration has been given to the analysis of the efficiency of these systems. Since most of these reservoirs are along tributary streams, they are hydrologically linked and are also very responsive to precipitation events in the drainage basin. Reservoirs can on the one hand, cause increased groundwater recharge but on the other hand can also cause higher evaporative losses.

In this study, reservoirs are analysed at a watershed scale with the application of the WaSim-ETH model. The general effects of the reservoir in the watershed water balance and hydrological processes are

analyzed. Potential use of groundwater for irrigation as an alternative to water use from reservoir systems is a very important issue for irrigation management in the basin. Annual groundwater production through boreholes, hand dug wells, and piped systems have increased substantially over past decades. However, despite the rapid development, groundwater production is still less than 5 % of average annual groundwater recharge in most of the basin. Therefore, in the face of rainfall variability and water scarcity, groundwater irrigation is a very desirable alternative. Therefore, the use of pumped groundwater verses surface water from the reservoirs will be evaluated.

Efficient use of reservoirs is not just based on physical constraints. Allocation of land and water to the multiple uses of the reservoirs as well as the choice between surface- and groundwater for irrigation are decision variables that also have a social and economic dimension. Therefore, GAMS (General Algebraic Modelling System; Brooke, et al., 1998), a high-level mathematical programming language will be used to optimize between the various water uses. The Physical hydrology of the catchment is simulated using WaSiM-ETH, which serves as the boundary condition for GAMS. Optimized variables from GAMS, with the potential to impact hydrologic behavior (irrigated area, wateruse decisions, and irrigation diversions) are passed back to WaSiM and the water balance recalculated. The Parameter Estimation Tool (PEST) software, is utilized in combination with UNIX shell scripts to construct a model interface between GAMS and WaSiM-ETH.

This study is part of the ongoing research within the GLOWA Volta project, an integrated sustainable water management project funded by the German government.

The main objectives of the GLOWA Volta project are the analysis of the physical and socio-economic determinants of the hydrological cycle in the Volta basin and subsequent development of a Decision Support System that will assist planners and stakeholders in improving the quality of water allocation and water use decisions.

## Konzept einer integrierten Modellierung zur Untersuchung von Pharmareststoffen im Oberflächen- und Grundwasser

Frido Reinstorf

Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (UFZ)

Theodor-Lieser-Str. 4, D-06120 Halle/Saale

Der innovative Ansatz des geplanten Vorhabens besteht darin, den Zusammenhang von Wasser- und Stoffflüssen im urbanen Raum herauszuarbeiten. Dabei wird die Interaktion von anthropogener Tätigkeit und urbanen Wasserkreislauf aus der Verteilung von Indikatorstoffen, die im Grund- und Oberflächenwasser und in der technogenen Zone für die Identifikation von Quelle-Transport-Abbau geeignet sind, aufgezeigt. Als Fernziel soll der wissenschaftliche Ansatz an typischen Großstädten umgesetzt werden, wobei auf unterschiedliche hydrogeologische Situation Wert gelegt wird. Das Konzept ist in Abb. 1 dargestellt.

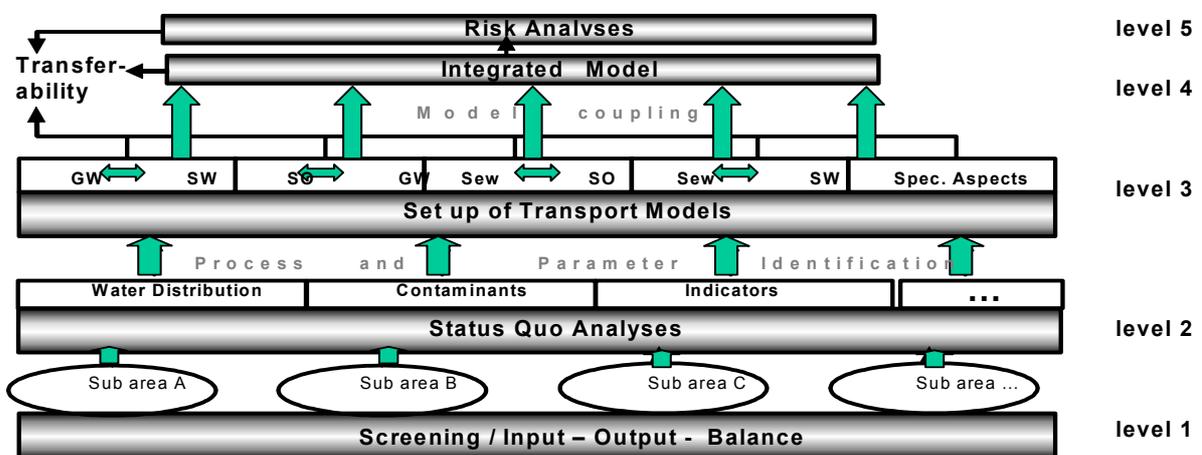


Abb. 1. Struktur des integrierten Modells für das Management von urbanem Wasser (GW - Grundwasser, SW - Oberflächenwasser, SO – Bodenwasser, Sew - Abwasser) (Reinstorf et al., 2004).

Über eine problemadäquate Gebietsdefinition werden Gebiets- und Teilgebietsbilanzen der Wasserhaushaltskomponenten und ausgewählter typischer urban bedingter Wasserinhaltsstoffe für das Grund- und Oberflächenwasser der Beispielsregion Leipzig erstellt.

Mit ausgewählten stoffliche Indikatoren Hauptionen, Spurenelemente, Isotope, pharmazeutische Reststoffe und endokrine wirksame Substanzen sowie Pathogene werden periodische Zustandsanalysen der Untersuchungsregionen durchgeführt und damit eine modellrelevante Datengrundlage (Datenbank) geschaffen.

Zur Beschreibung des Stofftransportes im Grundwasser (GW) wird ein Grundwasserströmungs- und -transportmodell auf GIS-Basis entwickelt, lokale Phänomene werden nach dem Prinzip der genesteten Modellierung erfasst. Zur integrierten Beschreibung erfolgt eine Modellkopplung für OFW und GW. Die Parameterisierung und Validierung von Wasser- und Stofftransport wird mit Verfahren der Isotopenhydrologie unterstützt.

Aspekte der Stadtentwässerung/Siedlungswasserwirtschaft sollen kooperativ mit externen Partnern bearbeitet werden.

Die Managementfunktion (Wasser-Nutzung, -Entwicklung, -Verteilung, spezifische Aspekte (z.B. Hoch- und Niedrigwasserauswirkungen...)) wird an Hand von Szenario-Rechnungen und entsprechender Risikoanalysen realisiert. Die Übertragung des integrativen Wassermanagements unter Bedingungen europäischer urbaner Räume auf aride/semi-aride Gebiete wird überprüft.

Vortrag

# **A NEW MODELLING STRATEGY FOR ONLINE FLOOD FORECASTING**

*Johannes Cullmann*

*Würzburgerstr. 46*

*Institut für Hydrologie, TU Dresden*

The principles of a new strategy for online flood forecasting based on ANN (artificial neural networks) are laid out alongside results from a testing area.

For small to medium size mountainous catchments, extremely short warning periods due to short flow times, the steep slope and the inappropriate use of river gauges as input data for flood peak modelling impose a serious obstacle on today's flood forecasting systems. To provide an adequate timeframe for emergency warning and emergency response activities the integral use of quantitative precipitation forecast together with a reliable description of the rainfall-runoff and flood propagation processes is needed. So far, the strategies proposed did not yet fully comply with the timeframes needed by flood control and response authorities, especially when considering uncertainty. This is due to the considerable computational effort, especially if channels with backwater effects are to be considered. To circumvent this restriction, ANN have been trained with historical data to replace full deterministic modelling of all relevant processes (SAJIKUMAR & THANDAVESWARA, 1999; SHAMSELDIN, 1997). This approach has not been given the desired results due to the very restricted extrapolation capacity of ANN (MINNS & HALL 1996). By training ANN with historical data, risk is taken to miss enough extreme events, thus impeding appropriate adaptation of the ANN to the problem of flood prediction. Our new approach comprises a full deterministic reproduction of all flood relevant processes. ANN are trained on the basis of scenarios obtained by a weather generator and detailed, physically based hydrological and hydraulic modelling of the basin. WaSiM-ETH serves to model the rainfall-runoff process in this context and is also used to produce the training database for the ANN. The scenarios used for the training comprise all possible combinations of weather and watershed preconditions, thus we avoid errors caused by small training batches (historical data). We are thus able to combine the advantages in accuracy of detailed modelling with the speediness and robustness of ANN. The results shown for a representative testing confirm the principal ideas of our new strategy.

*References:*

*Shamseldin, A.Y. 1997. Application of a neural network technique to rainfall-runoff modelling. Journal of Hydrology 199:252ff.*

*Sajikumar, N. & Thandaveswara, B.S. 1999. A non-linear rainfall-runoff model using an artificial neural network. Journal of Hydrology 216:32-55.*

*Minns, A.W., Hall, M.J. 1996. Artificial neural networks as rainfall-runoff models. Hydrological Sciences 41:399-417.*

Vortrag

## **Hochwasservorhersage unter Verwendung von Daten atmosphärischer Modelle sowie Überblick über weitere Anwendungen des WaSiM-ETH in der Schweiz**

*Karsten Jasper (FAL Zürich-Reckenholz)*

*Agroscope FAL Reckenholz*

*Reckenholzstr. 191, CH-8046 Zürich*

Im ersten Teil des Vortrages wird die Nutzung von WaSiM-ETH für die gekoppelte Abflussvorhersage im nördlichen Zustromgebiet des Lago Maggiore (Einzugsgebietsfläche 2627 km<sup>2</sup>) untersucht. Dem Modell wurden dazu Vorhersagedaten (Zeitvorsprung 24-48 h) von 5 verschiedenen Wettervorhersagemodellen bereitgestellt. Die Simulationen erfolgten für insgesamt 7 historische Hochwasserereignisse der Periode 1993-2000. Der meteorologische Modellantrieb wurde realisiert durch

- a) Beobachtungsdaten: (1) Klimastationen, (2) Radar;
- b) Vorhersagedaten verschiedener Wettermodelle: (1) SM, (2) Meso-NH, (3) BOLAM3, (4) MC2, (5) ALADIN.

Die Kalibrierung und Validierung von WaSiM-ETH erfolgte anhand von kontinuierlichen Simulationen mit beobachteter Meteorologie (1993-1995 bzw. 1996-2000) und Vergleichen mit gemessenen Abflüssen. Die Initialbedingungen für die Hochwassersimulationen wurden aus den kontinuierlichen Simulationen gewonnen. Die Disaggregation der meteorologischen Vorhersagefelder (z.B. SM: ca.14 km Maschenweite) auf das WaSiM-ETH Modellgrid (0.5 km) wird diskutiert.

Im zweiten Teil der Präsentation werden einige ausgewählte Modellanwendungen des WaSiM-ETH in der Schweiz vorgestellt:

- Einfluss der Klimaänderung auf den Abfluss und Wasserhaushalt (Thur)
- Simulation vergletschelter Einzugsgebiete (Aletschgletscher)
- Abflussmodellierung unter dem Einfluss von intensiver Wasserbewirtschaftung (Apenrhein)
- Rekonstruktion historischer Extremabflussereignisse (Emme)- WaSiM-Parameterabschätzung mit PEST (Aare)
- Prozessuntersuchungen am Lysimeterstandort (Büel, Rietholzbach)

Vortrag

## **Forstspezifische Erweiterungsperspektiven von WaSiM-ETH**

*Daniel Schramm, Jörg Scherzer,*

*UDATA – Umweltschutz und Datenanalyse*

*Weinbergstrasse 49, D-67434 Neustadt*

*Sven Irrgang, Sven Sonnemann, Landesforstpräsidium Sachsen Referat Waldbau*

*Bonnewitzer Str. 34, D-01827 Graupa*

Das forsthydrologische Monitoring und die Waldumbauversuche des Landesforstpräsidiums Sachsen haben gezeigt, dass die Evapotranspirationsdynamik von Wäldern in erheblichem Umfang von Strukturparametern der Bestände (u.a. Haupt- und Nebenbaumarten, Unterbau, Bestandeshöhe und -dichte) abhängt. Analoges gilt für Speicherung und Sickerungsverhalten des Bodenwassers. Diese Eigenschaften werden u.a. auch durch die Schichtung der Bodenhorizonte und Makroporenabfluss beeinflusst.

Auf der Skalenebene von Standorten existieren bereits hinreichend komplexe numerische Simulationsmodelle (COUPMODEL, Jansson und Karlberg 2001; WAHMWU, UDATA 2003) zur adäquaten Berücksichtigung derartiger Strukturen.

Zur Hochskalierung dieser Modellrechnungen auf die Skala mikro- bis mesoskaliger Einzugsgebiete sind dagegen noch weitere Entwicklungsschritte erforderlich (UDATA 2005). Ein derartiges Modell muss, wie das WaSiM-ETH, neben prozessorientierten Ansätzen bei der Evapotranspirations- und Wassertransportberechnung zwingend auch über einen geeigneten Regionalisierungsansatz verfügen.

Eine Berücksichtigung forstspezifischer Strukturen im WaSiM-ETH bedarf der Adaption einzelner Modellkomponenten:

- Adaption Verdunstungsmodul (Penman-Monteith-Ansatz)
- Adaption Bodenmodul (Richards-Ansatz)
- Einbindung bevorzugter Fliesswege (Makroporenabfluss)

Durch die Implementierung stärker prozessorientierter Komponenten könnte die Prognosefähigkeit des Modellsystems WaSiM-ETH hinsichtlich Klimawandel, Landnutzungsszenarien und Waldumbau wesentlich verbessert werden.

*Literatur*

*Jansson, P.E., Karlberg, L.: <ftp://www.lwr.kth.se/CoupModel/CoupModel.pdf>*

*UDATA (2003): WAHMWU Wasserhaushaltsmodell zum Waldumbau; Benutzerhandbuch und Dokumentation an das Landesforstpräsidium Sachsen, Bonnewitzer Straße 34, 01827 Graupa, 95 S.*

*UDATA (2005): Vorstudie zu Erweiterungsmöglichkeiten des Gebietswasserhaushaltsmodells WaSiM-ETH für die Berücksichtigung differenzierter Vegetationsstrukturen und waldspezifischer Bodeneigenschaften; Arbeitsbericht an das Landesforstpräsidium Sachsen, Bonnewitzer Straße 34, 01827 Graupa, 72 S.*