

Modellkonzept vs. Modellierer – wer oder was ist wichtiger?

Vergleichende Modellanwendung am Hühnerwasser-Einzugsgebiet*)

Helge Bormann (Oldenburg/Siegen), Hartmut M. Holländer (Hannover), Theresa Blume (Potsdam), Wouter Buytaert (London/Großbritannien), Giovanni B. Chirico (Portici/Italien), Jean-François Exbrayat (Giessen), David Gustafsson (Stockholm/Schweden), Herwig Hölzel (Cottbus), Philipp Kraft (Giessen), Thomas Krauß (Dresden), Ali Nazemi (Saskatoon/Kanada), Christian Stamm (Dübendorf/Schweiz), Sebastian Stoll (Zürich/Schweiz), Günter Blöschl (Wien/Österreich) und Hannes Flüher (Zürich/Schweiz)

Zusammenfassung

Im Rahmen eines Modellvergleichs wurden zwölf verschiedene Modelle zur Vorhersage der Wasserflüsse im künstlichen Einzugsgebiet „Hühnerwasser“ (Chicken Creek) angewendet, das 2005 in einem Tagebaugebiet in der Lausitz angelegt wurde. Um zu prüfen, inwieweit eine A-priori-Vorhersage der Wasserflüsse möglich ist, ohne gemessene Abflüsse zu kennen, wurde der Modellvergleich in mehreren Schritten konzipiert: Zunächst wurden den Modellierern nur Basisdaten hinsichtlich Bodentextur, Topographie, Pflanzenbedeckungsgrad und Klima sowie initiale Grundwasserstände bereitgestellt. Daten zu Bodenfeuchte und Abfluss wurden zurückgehalten, so dass Modelle und Modellierer im Hinblick auf ihre Prognosefähigkeit bei begrenzter Datenverfügbarkeit verglichen werden konnten. In weiteren Schritten wurde eine Geländebegehung einschließlich Workshop durchgeführt sowie Informationen über weitere Gebietscharakteristika bereitgestellt. Während die Modellergebnisse vor allem im ersten Schritt der Modellanwendung sehr unterschiedlich ausfielen, näherten sie sich nach der Geländebegehung an. Waren zunächst die Simulationsergebnisse fast aller Modelle durch unterirdische Abflusskomponenten dominiert, wandelte sich das Prozessverständnis nach der Gebietsbegehung zum Beispiel durch die Besichtigung von Erosionsrinnen und verkrusteten Bodenoberflächen. Infolgedessen veränderten sich die Modellergebnisse stärker als durch die nachfolgend zur Verfügung gestellten ergänzenden Daten, die vor allem zur Überprüfung der Parametrisierung und der Anfangsbedingungen genutzt wurden. Die Ergebnisse des Modellvergleichs lassen darauf schließen, dass die Entscheidungen der Modellierer die Hauptursache der anfänglichen Unterschiede in den Modellergebnissen war. Die Modellierer entschieden individuell über die Art der Nutzung der verfügbaren Daten, die Bestimmung der Modellparameter und Anfangsbedingungen in Abhängigkeit ihrer Modellierungs-Erfahrung, während sich die meisten Modelle konzeptionell nur bedingt unterschieden.

Schlagwörter: Hydrologie, Quantitative Hydrologie, Modell, Vergleich, Vorhersage, Wasserfluss, Einzugsgebiet, Daten, Tagebau, Lausitz, Brandenburg

DOI: 10.3243/kwe2011.09.001

Abstract

Model Concept vs. Modeler – Who or What is more Important? A Comparative Model Application to the Catchment Area of the Chicken Creek

Within the framework of a model comparison, twelve different models were used to forecast water flows in the artificial catchment area of the Chicken Creek, which was created in 2005 in an open-cast mining area in the Lusatia region. To check whether it is possible to predict water flows without actually knowing measured flows, the model comparison was designed in several steps. First, modelers were only given basic data on soil texture, topography, plant coverage, climate and initial groundwater levels. Data on soil humidity and flow were not disclosed, so that it would be possible to compare models and modelers and their ability to forecast in cases where only limited data are available. In further steps, a site inspection took place, followed by a workshop, and information on further characteristics of the area was given. While model results were very different, above all in the first stage of the model application, they converged after the site inspection. Whereas in the beginning, simulation results of almost all models were dominated by subterranean flow components, the understanding of the processes changed after the site inspection, e.g. after inspecting erosion gullies and incrustated soil surfaces. This led to greater changes in model results than the provision of additional data at a later stage, which were mainly used to double-check parameterization and starting conditions. The results of the model comparison suggest that the decisions of the modelers were the main reason for the initial differences in model results. Modelers decided for themselves how to use available data, how to determine model parameters and starting conditions in the light of their respective modelling experience, while there was hardly any difference between most of the model concepts.

Key words: hydrology, quantitative hydrology, model, comparison, forecast, water flow, catchment area, data, open-cast mining, Lusatia, Brandenburg

1 Einleitung

Infolge des Wandels der Umwelt besteht ein zunehmender Bedarf sowohl an hydrologischen Prognosen als auch an verbessertem Prozessverständnis [8]. Hydrologische Modelle können in beiden Fällen einen wertvollen Beitrag leisten. In der Vergangenheit sind konzeptionell unterschiedliche Modelle entwickelt und für vielfältige Fragestellungen eingesetzt worden. Vergleichende Modellstudien haben gezeigt, dass unterschiedliche Modelle ähnliche Sensitivitäten im Rahmen von Szenarioanalysen aufwiesen [5], während in anderen Studien eher der Modellierer als das verwendete Modell als entscheidender Unterschied zwischen zwei Modellierungen identifiziert wurde [1]. Offen blieb aber die Frage, inwieweit der Einfluss des Modellierers von der jeweiligen Datenverfügbarkeit abhängt. Reduziert eine Verbesserung der Datenbasis den Einfluss des Modellierers auf das Modellergebnis? Im Rahmen des Transregio-SFB 38 „Strukturen und Prozesse der initialen Ökosystementwicklung in einem künstlichen Wassereinzugsgebiet“ untersucht diese Studie den Einfluss von Modell und Modellierer auf die Simulationsergebnisse von A-priori-Modellanwendungen. Entsprechend den Zielen der PUB-Initiative (Predictions in Ungauged Basins; in [8]) werden verschiedene Modelle auf Basis limitierter Informationen über die Einzugsgebietscharakteristik angewendet, während Abflussdaten für eine Modellkalibrierung nicht verfügbar sind. Diese Studie verknüpft damit die Vorteile eines künstlichen Einzugsgebietes (definierte Randbedingungen) mit der Aufgabe, ein quasi unbeobachtetes Einzugsgebiet modellhaft abzubilden. Basierend auf dem Ansatz des Modellvergleichs wird die Fähigkeit zwölf konzeptionell unterschiedlicher Modelle untersucht, die Wasserflüsse eines Einzugsgebiets abzubilden, das sich in einer Phase der initialen Ökosystementwicklung befindet, was sich durch eine allmähliche Veränderung von Einzugsgebietseigenschaften (zum Beispiel Vegetation, Topographie, Sättigung) ausdrückt. Des Weiteren wird untersucht, inwieweit die Bereitstellung zusätzlicher qualitativer und quantitativer Daten die Modellgüte und die Plausibilität der Ergebnisse verbessert.

2 Material und Methoden

2.1 Das Hühnerwasser-Einzugsgebiet

Das Hühnerwassereinzugsgebiet (Chicken Creek) hat eine Größe von ca. 6 ha und ist damit das weltweit größte künstliche Einzugsgebiet. Es wurde im Jahr 2005 von der Firma Vattenfall in Kooperation mit der BTU Cottbus in einem Braunkohletagebaugebiet in der Lausitz angelegt [3]. Vertikal ist das Einzugsgebiet auf einem Gebiet von 450 m × 130 m durch eine 2 m mächtige Tonschicht begrenzt (Abbildung 1). Auf den Ton wurde eine 2-3 m mächtige Sandschicht geschüttet, die Beimengungen von 2-25 Prozent Schluff und 2-16 Prozent Ton enthält und eine Neigung von 1-5 Prozent aufweist. Im unteren Teil des Einzugsgebietes wurde eine Mulde angelegt, in der sich nach fünf Jahren ein See gebildet hat, in dem sich der Abfluss des Einzugsgebietes sammelt. Das Klima des Gebietes ist feucht-gemäßigt. Bei einer Mitteltemperatur von 9,3 °C (1971-2000) schwankte der jährliche

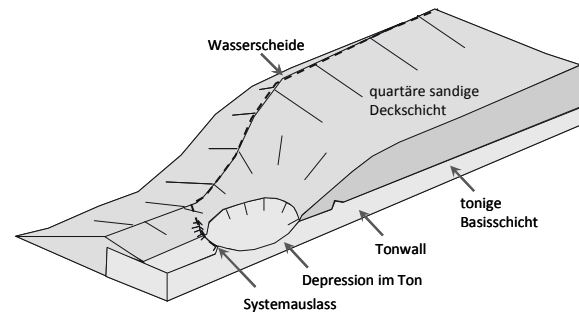


Abb. 1: Schematisches Längsprofil durch das Hühnerwasser-Einzugsgebiet (Quelle: Transregio-SFB, geändert)

Niederschlag in den letzten Jahrzehnten zwischen 335 mm und 865 mm. Das Einzugsgebiet wurde im Rahmen der Erstellung nicht bepflanzt, seit 2005 hat sich aber eine dichte Pflanzenbedeckung entwickelt, deren Entwicklung detailliert beobachtet wurde. Kontinuierlich werden Messdaten des Klimas, des Bodenwasserhaushalts, der Grundwasserstände und der Abflüsse erhoben, wobei zunächst nur die Klimadaten den Modellierern zur Verfügung gestellt wurden.

2.2 Simulationsmodelle und Modellierungsschritte

Im Rahmen des Modellvergleichs sind vier Modellierungsschritte geplant. Ergebnisse der ersten drei Schritte werden in diesem Beitrag präsentiert:

- 1) A-priori-Modellanwendung, basierend auf einer begrenzten Datenbasis (Rasterbasierte Informationen über Topographie, Tonschicht, Bodentextur, Bodenmächtigkeit, Vegetationsbedeckungsgrad; stündliche Klimadaten; initiale Grundwasserstände; Luftbild; Verbreitung von Erosionsrinnen), ohne das Einzugsgebiet vor Ort besichtigt zu haben.
- 2) Modellanwendung nach Diskussion der Modellergebnisse der A-priori-Modellanwendung im Rahmen eines Workshops sowie der Begehung des Einzugsgebietes.
- 3) Modellanwendung auf Basis zusätzlicher quantitativer Daten (unter anderem bodenhydraulische Daten, bodenphysikalische Daten, Bodenwassergehalte, Infiltrationskapazitäten).
- 4) Modellanwendung nach der Kalibrierung der Modelle gegen den gemessenen Abfluss ausgewählter Abflussereignisse eines Teileinzugsgebietes (1,8 ha).

Im Rahmen des Modellvergleichs wurden in jedem Modellierungsschritt durchschnittlich zehn verschiedene hydrologische Modelle von zehn unterschiedlichen Modellierern angewendet, um die Eignung hydrologischer Modelle einzuschätzen, die Wasserflüsse eines unbeobachteten Einzugsgebietes vorhersagen zu können. Die insgesamt zwölf hydrologischen Modelle unterscheiden sich in ihrer räumlichen Dimensionalität, der Darstellung der räumlicher Variabilität sowie der Darstellung der hydrologischen Prozesse. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die wesentlichen Charakteristika der eingesetzten Modelle (siehe auch [4]). Während fast alle Modellierer prozessorientierte Modelle auswählten, bewerteten sie die Notwendigkeit der Darstellung räumlicher Variabilität unterschiedlich. Hauptsächlich Kriterien für die Modellauswahl waren: Modellverfügbarkeit, Erfahrung mit dem jeweiligen Modell und Vertrauen in das Modell. Eine wichtige Randbedingung dieses Modellvergleichs war, dass alle Modellierer die

¹⁾ Dieser Beitrag basiert auf einem Vortrag, der anlässlich des Tages der Hydrologie am 24. und 25. März 2011 an der Universität Wien gehalten und anschließend in Heft 30.11 der Reihe „Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung“ veröffentlicht wurde.

Modell-Dimension	Infiltration	Ungesättigter Wasserfluss	Gesättigter Wasserfluss	Potenzielle Verdunstung
Catflow-2D	Richards'	Richards'	Richards'	Penman-Monteith
CMF-3D	Richards'	Richards'	Darcy	Penman-Monteith
CoupModel-3D	Darcy	Richards'	Hooghoudt	Penman-Monteith
GSDW-Lumped	Green-Ampt	Speicheransatz	Speicheransatz	Penman-Monteith
Hill-Vi-3D	Rain	Gravity flow	Dupuit-Forchheimer	Penman-Monteith
Hydrus-2D	Richards'	Richards'	Richards'	Turc
Mike-SHE-3D	Richards'	Richards'	Darcy	Penman-Monteith
Net-Thales-3D	Rain	–	Kinematischer Fluss	Penman-Monteith
SIMULAT-1D	Richards'	Richards'	Darcy	Penman-Monteith
SWAT-3D	SCS	Bodenfunktion	Hooghoudt	Penman-Monteith
Topmodel-3D	Green-Ampt	Exp. Funktion	Laufzeit-Ansatz	Hargreaves
WaSiM-ETH-3D	Green-Ampt	Richards'	Darcy	Penman-Monteith
WaSiM-ETH-2D	Green-Ampt	Richards'	Linearer Speicher	Penman-Monteith

Tabelle 1: Angewendete Modelle, deren Dimensionalität und Prozessdarstellung

Modellanwendung zusätzlich zu ihren eigentlichen Aufgaben durchführten und dafür finanziell nicht entlohnt wurden.

3 Simulationsergebnisse

3.1 A-priori-Modellanwendung

Der A-priori-Modellvergleich ergab eine große Streuung der von den verschiedenen Modellen simulierten Abflüsse. Bezogen auf den gemessenen mittleren jährlichen Abfluss lagen die simulierten Abflüsse zwischen 10 und 330 Prozent. Auch die Häufigkeitsverteilungen der von den verschiedenen Modellen simulierten Abflüsse unterschieden sich erheblich (Abbildung 2).

Nach [4] konnten diese Unterschiede im Wesentlichen auf unterschiedliche Modellkonzepte und deren Parametrisierung zurückgeführt werden. Entscheidend wirkten sich die jeweiligen Annahmen der Modellierer aus, da beispielsweise der Anfangswassergehalt des Bodens nicht vorgegeben war. Die Annahmen variierten demzufolge zwischen „typischen“ Bedingungen, Feldkapazität und dem Resultat iterativer Modellläufe. Infolgedessen war der simulierte Abfluss durchgängig zu groß, da der unterirdische Speicherraum zu Beginn nur teilweise gefüllt war. Aufgrund des sandigen Substrats simulierten die meisten Modelle hauptsächlich unterirdische Abflusskomponenten, obwohl die tiefen Rinnen im Einzugsgebiet auf Erosion infolge von Oberflächenabfluss hinweisen.

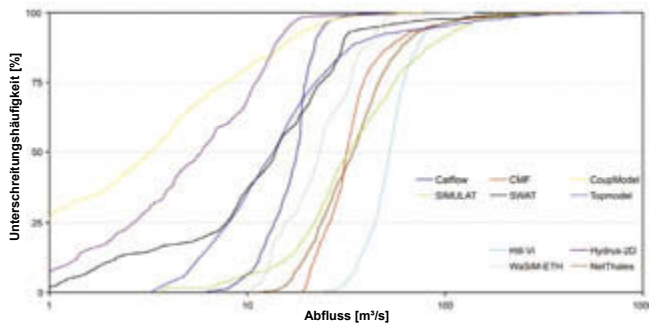


Abb. 2: Modellspezifische Unterschreitungshäufigkeit der simulierten Abflüsse (nach [4])

3.2 Modellanwendung nach Gebietsbegehung

Nach der A-priori-Modellanwendung trafen sich die Modellierer auf einem Workshop, präsentierten und analysierten die jeweiligen Modellergebnisse. Sie stellten fest, dass die verfügbaren Daten von den jeweiligen Modellierern in unterschiedlicher Weise genutzt worden waren. Nur wenige Modellierer nutzen die Informationen über den unterirdischen Tonwall (Abbildung 1), der in der Entstehungsphase des Gebietes zur Stabilisierung angelegt worden war und möglicherweise Einfluss auf die unterirdische Wasserspeicherung nimmt. In ähnlicher Weise nutzten nur wenige Modellierer die Information über das Vorhandensein von Erosionsrinnen zur Parametrisierung ihres Modells im Sinne der erzwungenen Entstehung von Oberflächenabfluss. In Anschluss an Workshop und Gebietsbegehung korrigierten die Modellierer Modell-Setup und Parametrisierung. Sie nutzten dabei das im Feld gewonnene Prozessverständnis und führten überwiegend eine Kruste an der Bodenoberfläche ein, um die Infiltration zu reduzieren. Fischer et al. haben mikrobiologische Krusten im Einzugsgebiet nachgewiesen [2]. Einige Modellierer berücksichtigten den unterirdischen Tonwall in den unterirdischen Modellkomponenten und korrigierten Vegetationsparameter auf Basis des Eindrucks der Feldbegehung.

Zwei Modellierer entschieden sich sogar, ihre Modelle aufgrund limitierter Eignung nicht weiter zu verwenden. Ein Modellierer passte seine Modellphilosophie an und wählte daraufhin ein anderes Modell aus (MIKE-SHE anstelle von Hill-Vi).

Als Ergebnis des im Feld gewonnen Prozessverständnisses änderten die Modellierer die Modell-Setups weitestgehend in die gleiche Richtung, was sich in der Veränderung der simulierten Wasserflüsse widerspiegelte (Förderung von Oberflächenabfluss, Zunahme der unterirdischen Wasserspeicherung, Abnahme des Abflusses insgesamt). Deshalb nahm im Vergleich zur ersten Modellanwendung die Variabilität der simulierten Wasserflüsse ab (Abbildung 3).

3.3 Modellanwendung auf Basis zusätzlicher Daten

Nach dem zweiten Modellierungsschritt wurden den Modellierern zusätzliche Daten zur Charakterisierung zur Verfügung gestellt. Bei der Auswahl der zusätzlichen Daten wurden sie aufgefordert, die (imaginären) Kosten der Datenerhebung zu berücksichtigen. Die meisten Modellierer wählten bodenhydraulische und bodenphysikalische Daten aus. Zeitreihen des Bodenwassergehaltes wurden ebenso häufig geordert, wohingegen nur wenige Modellierer erweiterte Vegetationsdaten, ein überarbeitetes Höhenmodell und ein neues Luftbild nachfragten. Die meisten Daten wurden mit dem Ziel abgerufen, die

Modellparametrisierung zu überprüfen sowie Anfangs- und Randbedingungen anzupassen. Nur wenige Modellierer nutzen die Zeitreihen des Bodenwassergehalts zur Modellkalibrierung.

Im Vergleich zum Unterschied in der Wasserbilanz zwischen den ersten beiden Modellanwendungen bewirkte die Nutzung der zusätzlichen Daten nur kleinere Änderungen (Abbildung 3). Während sich die simulierten Abflüsse und die Speicheränderung systematisch veränderten (leichte Abnahme in allen Jahren), waren die Änderungen in der Verdunstung uneinheitlich. Die Variabilität innerhalb der Modelle nahm in Bezug auf Abfluss und Verdunstung zu, im Hinblick auf die Änderung der unterirdischen Wasserspeicherung aber ab.

4 Diskussion

Diese Studie bestätigt die Schlussfolgerungen von [1] hinsichtlich der Bedeutung des Modellierers bei der Modellanwendung, insbesondere bei A-priori-Vorhersagen. Die Entscheidungen der Modellierer, welche Daten in welcher Form zu nutzen, resultierten in deutlichen Unterschieden in den Modellergebnissen trotz relativer Ähnlichkeit der Prozessbeschreibungen der Modelle (Tabelle 1). Im Hinblick auf die simulierte Wasserbilanz hatte das durch die Gebietsbegehung erworbene Prozessverständnis großen Einfluss im Vergleich zu den später bereitgestellten zusätzlichen Daten, deren Erhebung zum Teil recht aufwändig ist. Zwar bedarf das Verständnis von Systemzusammenhängen Daten [7], jedoch können diese in Übereinstimmung mit [6] auch qualitativer Natur sein. Nach dem dritten Modellierungsschritt waren die Modellierer vor allem an ergänzenden Daten zur Quantifizierung der räumlichen Variabilität der hydraulischen Bodeneigenschaften interessiert, die nach [3] deutlich größer ist, als es in einem homogenen, künstlichen Einzugsgebiet zu erwarten wäre, zumal die Übertragbarkeit von Pedotransferfunktionen von natürlichen auf künstliche Einzugsgebiete aufgrund des anthropogenen Einflusses nur begrenzt möglich ist. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass der Einfluss der zusätzlich bereitgestellten Daten auf die Simulationen geringer war als der von Workshop und Gebietsbegehung. Das Verbesserungspotenzial durch zusätzliche Daten ist also möglicherweise begrenzt. Die Bodenwassergehalte und Grundwasserstände unterstützten die Modellierer vor allem bei der Wahl der Anfangsbedingungen, die im Falle einer initialen Einzugsgebietsentwicklung problematisch ist, da sich das Gebiet noch nicht im hydrologischen „Gleichgewicht“ befindet. Der letzte Modellierungsschritt der Kalibrierung auf Basis von Daten ausgewählter Abflussereignisse eines Teileinzugsgebiets wird zeigen, wie groß der Einfluss der Kalibrierung auf die Simulationsergebnisse ist.

5 Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Wahl geeigneter Methoden (Modell, Parametrisierungsansatz) entscheidenden Einfluss auf die Simulationsergebnisse hat. Der Modellierer nimmt aber mit seinen Entscheidungen mindestens ebenso großen Einfluss. Die Erfahrung des Modellierers scheint sogar wichtiger zu sein als das Modell. Der Modellierer entscheidet, wie Informationen genutzt und in Parameter, Anfangs- und Randbedingungen umgesetzt werden, welche Prozessbeschreibungen als geeignet angesehen werden. Es hat sich gezeigt, dass qualitative Informationen Modell-Setup und Modellergebnisse erheblich verändern können, mehr als es zusätzliche Daten in dieser Studie

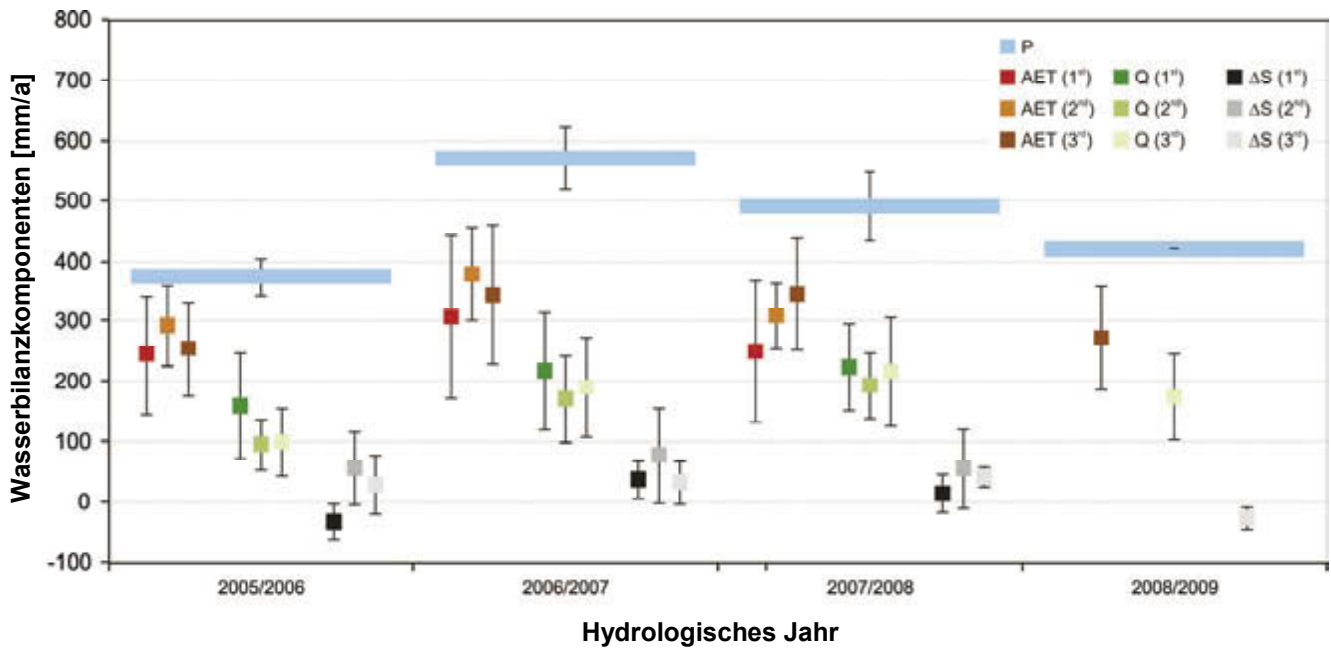


Abb. 3: Änderung in den simulierten jährlichen Wasserbilanzen (Mittelwert, Standardabweichung) in den drei Modellierungsschritten. Die Variabilität im Niederschlag ergibt sich aus der von einzelnen Modellen durchgeführten Niederschlagskorrektur

getan haben. Der visuelle Eindruck eines Gebietes mit geübtem Auge führt eventuell sogar eher zu einer Anpassung des Modellkonzepts als ein Datensatz unbekannter Qualität. In dieser Studie haben die zusätzlich erhobenen Daten im Wesentlichen die zuvor getroffenen Entscheidungen bestätigt. Dieses Ergebnis ist besonders bedeutsam für die Simulation der Wasserflüsse „unbeobachteter“ Einzugsgebiete. Hier stellt sich die Frage, welche Daten es sich am ehesten zu erheben lohnt, und inwieweit zum Beispiel Fernerkundungssysteme terrestrische Datenerhebung und Begehung ersetzen können. Wenn im letzten Schritt alle Modelle auf Basis gemessener Abflüsse kalibriert worden sind, kann hierzu eine endgültige Aussage getroffen werden.

Dank

Die Autoren danken der DFG für die Förderung des Transregio-SFB 38 „Strukturen und Prozesse der initialen Ökosystementwicklung in einem künstlichen Wassereinzugsgebiet“.

Literatur

[1] Diekrüger, B. et al. (1995): Validity of agroecosystem models – a comparison of results of different models applied to the same data set. *Ecological Modelling* 81(1-3), 3-29.
 [2] Fischer, T. et al. (2010): Initial pedogenesis in a topsoil crust 3 years after construction of an artificial catchment in Brandenburg, NE Germany. *Biogeochemistry*, 101, 165-176.
 [3] Gerwin, W. et al. (2009): The artificial catchment “Chicken Creek” (Lusatia, Germany) – A landscape laboratory for interdisciplinary studies of initial ecosystem development. *Ecological Engineering*, 35, 1786-1796.
 [4] Holländer, H. M. et al. (2009): Comparative predictions of discharge from an artificial catchment (Chicken Creek) using sparse data. *HESS*, 13, 2069-2094.
 [5] Huisman, J. A. et al. (2009): Assessing the impact of land use change on hydrology by ensemble modelling (LUCHEM) III: scenario analysis. *Advances in Water Resources*, 32, 159-170.
 [6] Seibert, J., McDonnell, J. J. (2002): On the dialog between experimentalist and modeler in catchment hydrology: Use of soft data for multi-criteria model calibration. *Water Resources Research*, 38 (11), 1241.

[7] Silberstein, R. P. (2006): Hydrological models are so good, do we still need data? *Environmental Modelling and Software*, 21, 1340-1352.
 [8] Sivaplan, M. et al. (2003): IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003–2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences. *Hydrological Sciences Journal*, 48(6), 857-880.

Autoren

- Apl.-Prof. Dr. Helge Bormann (Universität Oldenburg/Siegen)
 Dr. Hartmut M. Holländer (LBEG, Hannover)
 Dr. Theresa Blume (Geoforschungszentrum Potsdam)
 Dr. Wouter Buytaert (Imperial College London/Großbritannien)
 Dr. Giovanni B. Chirico (Universität Neapel Portici/Italien)
 Jean-François Exbrayat (Universität Giessen)
 Dr. David Gustafsson (KTH Stockholm/Schweden)
 Dr. Herwig Hölzel (BTU Cottbus)
 Philipp Kraft (Universität Giessen)
 Dipl.-Inf. Thomas Krauß (TU Dresden)
 Ali Nazemi (University of Saskatchewan Saskatoon/Kanada)
 Dr. Christian Stamm (EAWAG, Dübendorf/Schweiz)
 Dipl.-Hydr. Sebastian Stoll (ETH Zürich/Schweiz)
 Uni. Prof. Dr. Günter Blöschl (TU Wien/Österreich)
 Prof. Dr. em. Hannes Flüßler (ETH Zürich/Schweiz)

Korrespondenzautor:

Apl.-Prof. Dr. Helge Bormann
 Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
 Institut für Biologie und Umweltwissenschaften
 Ammerländer Heerstraße 114-118, 26129 Oldenburg

E-Mail: helge.bormann@uni-oldenburg.de

derzeit: Universität Siegen
 Department Bauingenieurwesen
 Lehrstuhl für Wasserwirtschaft
 Paul-Bonatz-Straße 9–11, 57068 Siegen

E-Mail: helge.bormann@uni-siegen.de

