Modellkampagnen - ein effektives Mittel zur Abbildung komplexer Wirkungsketten

Pfützner, B.; Mey, S. - Büro für Angewandte Hydrologie (BAH)

Büro für Angewandte Hydrologie
www.bah-berlin.de

Einleitung

Komplexe Wirkungsketten, deren modelltechnische Abbildung und damit quantitative Prognostizierbarkeit zunehmend interessant wird, sind z. B.:

- Änderung der Wasserstände im Gewässer durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen → Änderung der Grundwasserflurabstände → Änderung der Abflussbildungsbedingungen, vor allem des Verdunstungsregimes → Änderung der Grundwasserzuflüsse zum Gewässer und der Wasserstände
- Klimaänderung → Änderung des Feuchte- und Energieangebotes an die Pflanze → Anpassungsreaktionen der Pflanze → zusätzliche Verringerung der Grundwasserneubildung → Erhöhung der Speicherkapazität wasserwirtschaftlicher Anlagen zur Minimierung der Auswirkungen des verringerten Dargebotes.

Für die Charakterisierung einzelner Teilprozesse des hydrologischen Regimes existieren bislang leistungsfähige Modellfamilien, die den Fokus bei der Abbildung der Realität auf bestimmte Teilprozesse setzen, während andere Prozesse nur vereinfacht beschrieben oder als Randbedingung berücksichtigt werden. Der Versuch, Wirkungsketten über immer komplexere „Universalmodelle“ abzubilden, ist in der Vergangenheit oft gescheitert. Als Erfolg versprechender sehen wir Modellkampagnen an. Modellkampagnen sind nach unserem Verständnis Modellverknüpfungen, bei denen zwischen den verschiedenen Modellabarbeitungen Daten ausgetauscht werden, die als Eingangsgrößen oder Randbedingungen für das jeweils andere Modell fungieren. Über eine solche Kopplung verschiedener Modelltypen und eine zielorientierte Abarbeitungsmethodik kann erreicht werden, dass sich die spezifischen Stärken der einzelnen Modelle ergänzen.

Modellierungssystem ArcEGMO

ArcEGMO© (www.arcegmo.de) ist ein hydrologisches Modellierungssystem zum anforderungsgerechten Aufbau von Modellkampagnen. Zur Verfügung stehen:

- verschiedene Modelle bzw. Berechnungsansätze aus einer umfangreichen Modulbibliothek (programmintern)
- Schnittstellen zu externen Programmen / Modellen

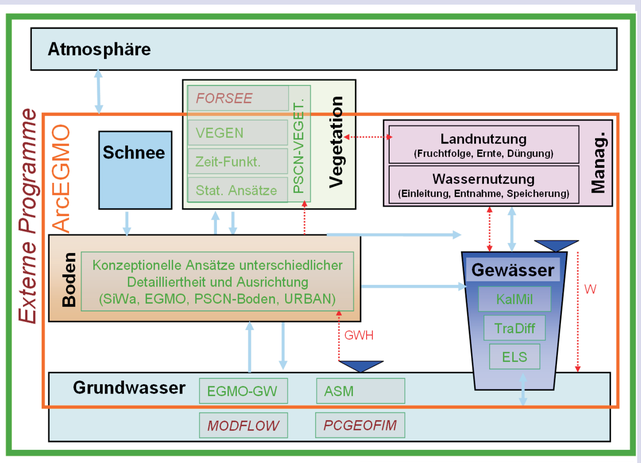
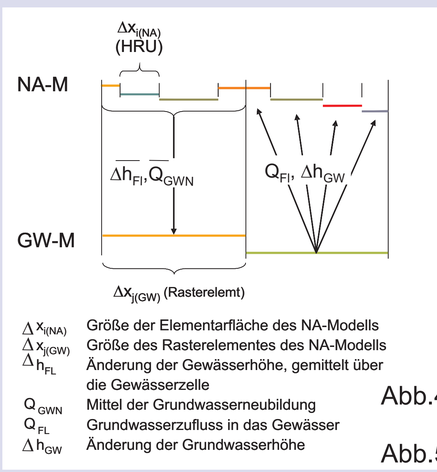


Abb.1: Module zum Aufbau von Modellkampagnen mit ArcEGMO

Interaktionen zwischen den Modellen werden über verschiedene Austauschgrößen (Transpirationsmengen, Versickerungs- und Aufstiegsmengen, influente und effluente Flüsse durch die Gewässersohle) realisiert, die über Potentialdifferenzen von Wasserständen und Bodenfeuchte gesteuert werden.

Modellsynchronisation

Die Modellkampagnen unterscheiden sich nicht nur durch die verwendeten Modelle, sondern auch in der Art der räumlichen und zeitlichen Diskretisierung (Polygon, Raster – Sekunden bis Tage).



$\Delta x_{(NA)}$ Größe der Elementarfläche des NA-Modells
$\Delta x_{(GW)}$ Größe des Rasterelementes des NA-Modells
Δh_{FL} Änderung der Gewässerhöhe, gemittelt über die Gewässerzelle
Q_{GWN} Mittel der Grundwasserneubildung
Q_{FL} Grundwasserzufluss in das Gewässer
Δh_{GW} Änderung der Grundwasserhöhe

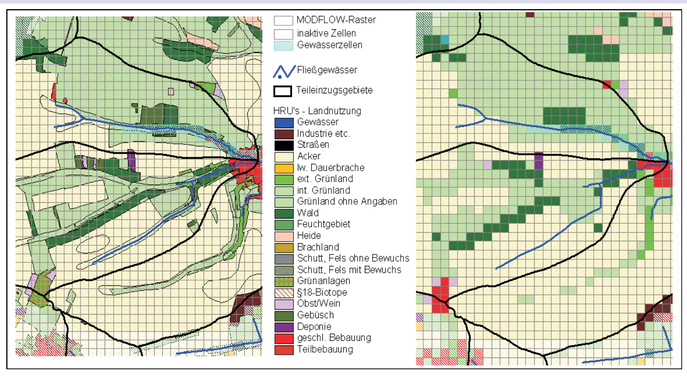
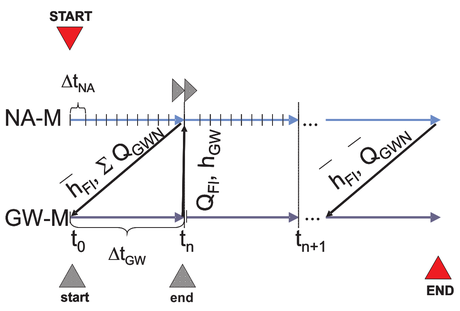


Abb.4: Organisation des Datenaustausches zwischen räumlich unterschiedlich diskretisierten Modellen nach Sommer [3]
Abb.5: Unterschiede zwischen Raster- und Vektordaten

Während die verwendeten Grundwassermodelle rasterbasiert arbeiten, erlaubt ArcEGMO die Nutzung von Rastern oder (vorzugsweise) Vektoren (Abb.4 und 5). Über Vektoren ist eine Diskretisierung ohne Informationsverluste möglich. Die Häufigkeit der Interaktionen zwischen den Modellen muss an die Prozessdynamik angepasst werden. Dabei wird ein Optimum zwischen Prozessnähe und numerischer Realisierbarkeit (DT 1s bis 1h) und einer ökonomisch akzeptablen Simulationsdauer (DT h bis mehrere Tage) angestrebt (Abb.6). Durch eine Reduzierung des Berechnungszeitschrittes werden Schwingungen vermindert (Abb.7).



Δt_{NA} Zeitschrittweite des NA-Modells
Δt_{GW} Zeitschrittweite des GW-Modells
$\overline{h_{Fl}}$ Flusswasserstand, gemittelt über Δt_{GW}

SQ_{GWN} Summe der Grundwasserneubildung
$\overline{h_{GW}}$ Grundwasserstand, gemittelt über Δt_{GW}
Q_{Fl} Grundwasserzufluss in das Gewässer, gemittelt über Δt_{GW}

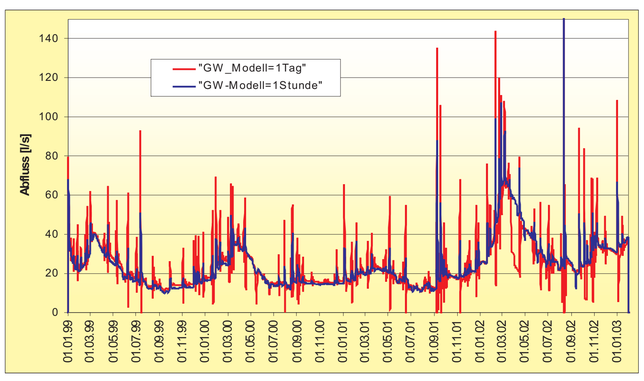


Abb.6: Organisation des Datenaustausches zwischen zeitlich unterschiedlich diskretisierten Modellen nach Sommer [3]
Abb.7: Abweichende Ergebnisse mit unterschiedlicher zeitlicher Diskretisierung

Anwendungsbeispiele

A. Modellkampagne zur Ermittlung des Zusatzwasserbedarfs landwirtschaftlicher Kulturen unter geänderten Klimabedingungen und Möglichkeiten zur Defizitminimierung durch zusätzliche Speicherbecken im Unstrut-Gebiet [1]. Miteinander verknüpft wurden hier :

- verschieden detaillierte Vegetationsmodelle,
- das klassische NA- Modell EGMO,
- Speicherbewirtschaftungsansätze.

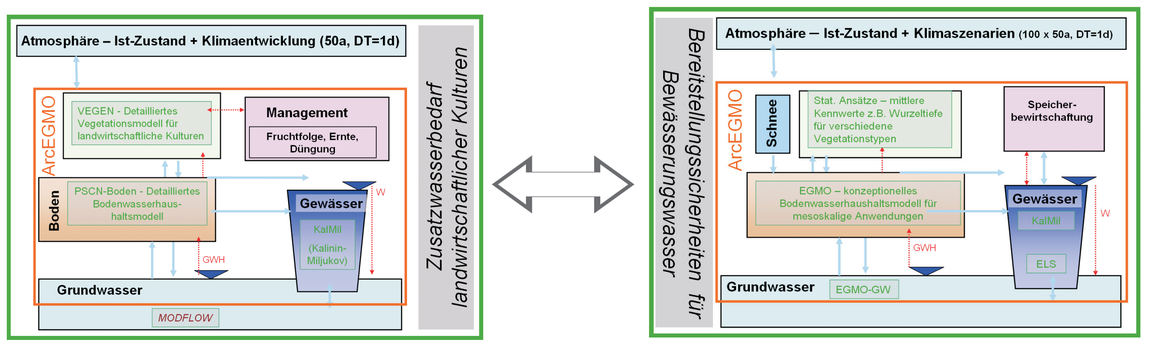


Abb.2: Modellkampagne zur Ermittlung von Zusatzwasserbedarf

B. Modellkampagne zur Beschreibung verschiedener Wasserbewirtschaftungsszenarien (u.a. jahreszeitabhängige Wehrsteuerungen, Zusatzwassereinleitung) zur Stabilisierung des Gebietswasserhaushalts (Lietzengraben [2], Hammerfließ [4]) unter Einbeziehung folgender Modelle:

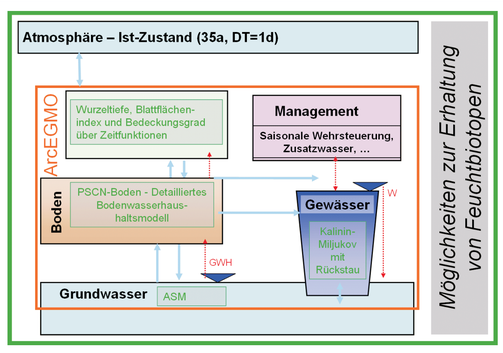


Abb.3: Modellkampagne zur Abbildung von Wasserbewirtschaftungsszenarien

- Vegetationsmodell (PSCN) incl. zeitvariabler Wurzeltiefen und Blattflächenindex
- Gewässermodell mit Abbildung von Rückstaueffekten zeitabhängig gesteuerte wasserbauliche Anlagen
- Grundwassermodell (ASM 2D, MODFLOW 3D).

C. Zur Stabilisierung des Wasserhaushaltes im Naturschutzgebiet „Kesselmoor Luchsee“ werden derzeit verschiedene Maßnahmen wie Waldumbau und Wasserstandsanhebung in benachbarten Teichen untersucht. Eine Quantifizierung der zu erwartenden Effekte ist über eine Modellkampagne analog der in B. beschriebenen vorgesehen.

D. Mit einer weiteren Kampagne werden z.Z. die Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs in bergbaugeprägten Gebieten im Leipziger Raum analysiert. Gekoppelt werden dazu ein physikalisch basiertes Bodenwasserhaushaltsmodell und das 3D-Grundwasserströmungsmodell PCGEOFIM©.

Ergebnisse und Ausblick

Mit den beschriebenen Modellkampagnen konnten komplexe Wirkungsketten plausibel und mit einem kalkulierbaren Aufwand abgebildet werden. Die Berechnungsergebnisse zeigten im Vergleich mit verschiedenen Arten von Messwerten (Gewässerabflüsse und –wasserstände, Grundwasserstände, Sickerwassermengen), dass die Simulationsergebnisse der gekoppelten Modelle realitätsnäher als die der (teilweise mit viel Aufwand) angepassten, ungekoppelten Einzelmodelle sind.

Der Schwerpunkt der zur Zeit laufenden Entwicklungsarbeiten liegt auf der Einbindung von / Kopplung mit Stofftransportansätzen.

Literatur

[1] Pfützner, B., Klöcking, B. (2005): Hydrologische Modelluntersuchungen im Einzugsgebiet der Unstrut als eine wesentliche Grundlage für die Flussgebietsbewirtschaftung. Hydrologie & Wasserbewirtschaftung 49/2, 77-82

[2] Pfützner, B., Mey, S., Nützmann, G. und Scheffler, E. (2006): Modellgestützte Analyse des Gebietswasserhaushaltes für ein Einzugsgebiet im Berliner Nord-Osten, Hydrologie & Wasserbewirtschaftung 50/1, 12-19

[3] Sommer, Th. (Hgb.) (2005): Wasserhaushalt und salinare Gewässerbelastungen im Einzugsgebiet der Unstrut - Untersuchungen und Modellierungen. Gemeinsame Mitteilungen des DGFZ e.V. und seiner Partner, Hille Dresden (in Vorbereitung), (ISSN 1611-5627)

[4] Bronstert, A., Itzerott, S. (Hgb.) (2006): Bewirtschaftungsmöglichkeiten im Einzugsgebiet der Havel, in: Schriftenreihe der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam, Mai 2006, (ISBN 3-939469-17-3)