

ISSNEW: Ein Informations- und Simulationssystem für die Einzugsgebietmodellierung im Kontext der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie: Konzeption der Software

J.-Martin Hecker¹, Olaf Arndt², Harald von Waldo³

¹ZALF Landschaftssystemanalyse
Eberswalderstr. 84
D-15374 Müncheberg

²WASY GmbH
Waltersdorfer Straße 105
D-12526 Berlin-Bohnsdorf

³ZALF Landschaftswasserhaushalt
hecker@zalf.de
o.arndt@wasy.de
waldow@zalf.de

Abstract: ISSNEW (Information and Simulation System to Evaluate Non-Point Nutrient Entries into Water Bodies) besteht aus (i) einem GIS- und Datenbank gestützten Informationssystem und (ii) einem komponentenbasierten Simulationssystem. Das Softwaredesign wird dargestellt sowie die einzelnen Komponenten charakterisiert. Das System ermöglicht eine Zustandsbeschreibung der N-Quellen und N-Senken in Raum und Zeit und ist um weitere Umsetzungsprozesse und Eintragspfade erweiterbar.

1 Einleitung

Die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie erfordert unter anderem die Abschätzung diffuser Stoffeinträge in die Gewässer. Ziel von ISSNEW (Information and Simulation System to Evaluate Non-Point Nutrient Entries into Water Bodies) ist die Entwicklung einer Informations- und Simulationsumgebung zur Unterstützung dieser Aufgabe. Das System basiert einerseits auf (i) einem GIS- und Datenbank gestützten Informationssystem und andererseits auf (ii) einem komponentenbasierten Simulationssystem. Die einzelnen Softwarekomponenten des Simulationssystems kommunizieren untereinander sowie mit dem Informationssystem über (iii) intelligente Schnittstellen. Das Simulationssystem koppelt über diese Schnittstellen drei Modelle: Ein Pflanzenwachstums-, Wasser- und Stickstoffhaushaltsmodell, ein Modell des ungesättigten Flusses unterhalb der Wurzelzone und ein Grundwasser-Transportmodell.

2 Das Grundgerüst des Softwaresystems

Das System setzt sich im Wesentlichen aus fünf Komponenten zusammen: einem Geografischen Informationssystem (GIS), den drei Modellen Feflow, uzModul, newSocrates

sowie dem `issnewController` (siehe Abb. 1).

- Die Datenhaltung und -bereitstellung sowie die Informationsaufbereitung und Visualisierung erfolgt auf Basis von ArcInfo (ESRI). Im Diagramm wird es als GIS Komponente aufgeführt. Hier werden die Basisdaten, die zu simulierenden Szenarien und deren Ergebnisse persistent gespeichert.
- Die Wasser- und Stoff-Umsetzungsprozesse an der Bodenoberfläche bzw. in der Wurzelzone werden mit dem Modell `newSocrates` berechnet.
- Die vertikale Verlagerung der am unteren Rand der Wurzelzone auftretenden Sickerwasserqualitäten und -quantitäten wird vom `uzModul` modelliert und an das Grundwassermodell weitergereicht.
- Innerhalb von ISSNEW ist dies das 3D-Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodell FEFLOW (WASY GmbH).
- Ein zentraler Bestandteil des Verbundes ist die Komponente `issnewController`. Sie koordiniert die einzelnen Prozessmodelle, sie übernimmt die Bereitstellung der Eingangsdaten für die einzelnen Prozessmodelle und die Kontrolle der Datenflüsse während der Simulation. Außerdem stellt diese Komponente die grafische Benutzerschnittstelle (GUI) für die Definition des Simulationsszenarios und die Ablaufkontrolle durch den Benutzer.

Der Entwurf sieht für jedes Teilmodell (`feflow`, `newSocrates`, `uzModul`) jeweils einen Port für die Datenbankbindung (M,L,I) und je einen für die Kommunikation während des Simulationslaufs (N,H,K) vor.

3 Die Komponenten

Mit *FEFLOW* wird ein 2D- oder 3D-Grundwassermodell zur Simulation der Grundwasserströmung und des Stofftransports realisiert. Das `uzModul` und `newSocrates` hingegen operieren auf sogenannten *Topoi* – Elementarflächen, die hinsichtlich bestimmter Eigenschaften wie Landnutzung, Grundwasserflurabstand etc. als homogen angesprochen werden können. Die Landschaft wird vom GIS dahingehend klassifiziert. Die resultierende Liste der *Topoi* stellt die Initialisierungsdaten für `newSocrates` und `uzModul`.

Die „Komponente“ **feflow** entspricht dem Grundwasser-Modellierungssystem FEFLOW (WASY GmbH). Die räumliche Diskretisierung des Modellgebiets erfolgt hier über die Finite-Elemente-Methode und erlaubt eine flexible Anpassung des Berechnungsnetzes an die örtlichen Gegebenheiten. Durch leistungsfähige Lösungsalgorithmen ist die Verwendung von FEFLOW auch für regionale und überregionale Fragestellungen möglich. Durch seine offene Programmierschnittstelle ist FEFLOW außerdem für die Kopplung mit externen Softwaremodulen geeignet. Über diese Schnittstelle kann die gesamte Simulation gesteuert und der Datenaustausch zwischen den Modulen organisiert werden.

Das **uzModul** implementiert ein analytisches Modell zur Abbildung der Wasserbewegung in der ungesättigten Zone zwischen dem unteren Rand der Wurzelzone und der Grundwasseroberfläche. Die Beschreibung des üblicherweise durch die Richards-Gleichung modellierten Prozesses wird durch die Vernachlässigung des Matrixpotenzialgradienten vereinfacht. Das eindimensionale Flussfeld kann dadurch als Sequenz von Bereichen konstanter Flussdichte und solchen Bereichen beschrieben werden, in denen

sich die Flussdichte aus der Lösung der kinematischen Wellengleichung ergibt. Diese kann mit der Methode der Charakteristiken gelöst werden [Ch84]. Ein Vorteil dieses Ansatzes besteht in den dynamisch, frei und unabhängig voneinander wählbaren räumlichen und zeitlichen Diskretisierungen der Eingangs- und Ausgangsdaten. Dadurch ist sowohl die Ausnutzung der vollen Auflösung des Eingangsdatensatzes möglich, als auch eine effiziente numerische Lösung der nachgeschalteten Stofftransportgleichung umsetzbar.

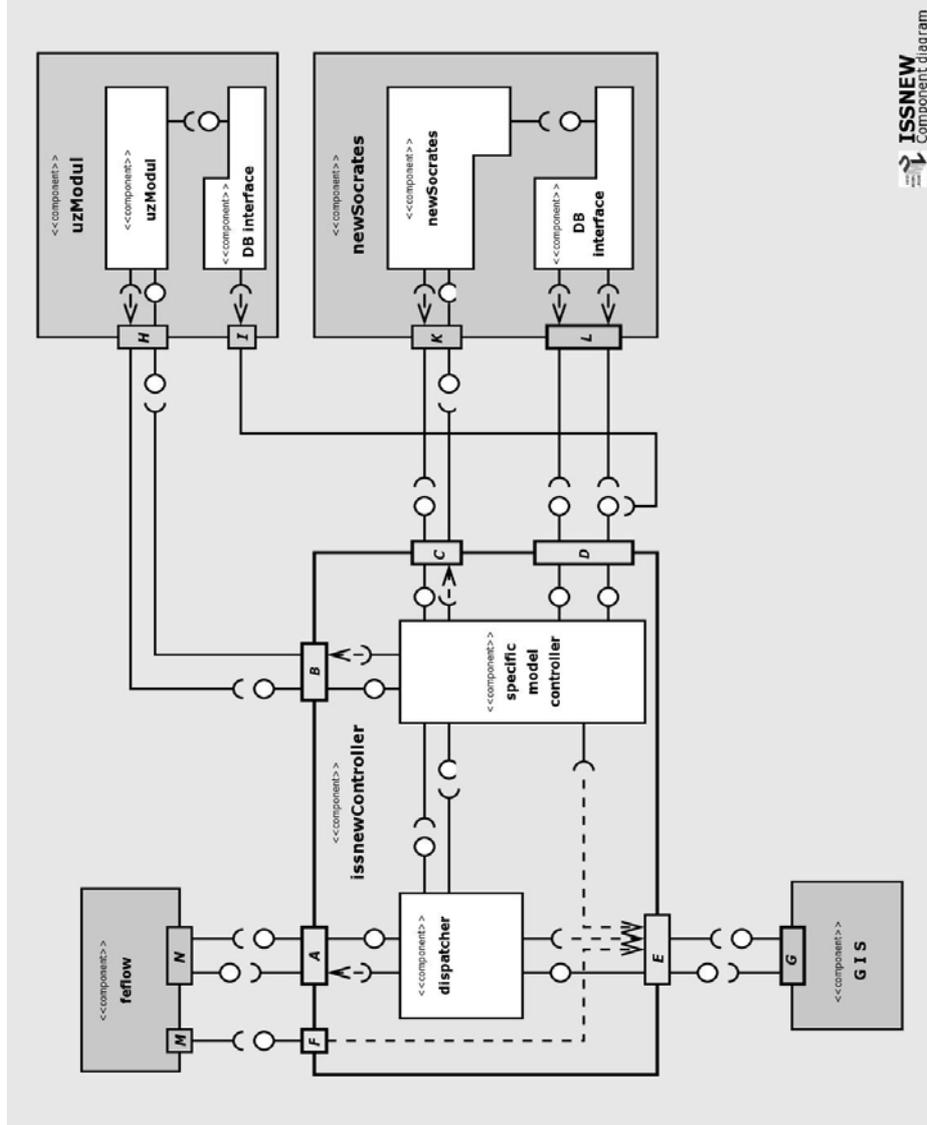


Abb. 1: Softwarekomponenten des ISSNEW Projekts

Das Standortmodell **newSocrates** besteht zum einen aus einem Pflanzenwachstumsmodell, das, von einer Ertragsschätzung ausgehend, die Biomasseakkumulation dynamisch

mittels des Evolon-Ansatzes errechnet [Mi02]. Zum Anderen aus einer Kombination von kapazitiven Plattenmodellen, die den Wasserhaushalt [We00] und den Stickstoffumsatz [Ke95] modellieren. Die Infiltration wird über einen empirischen Ansatz berechnet. Der Wassergehalt bzw. -fluss wird mittels einer nicht linearen Speicherkaskade beschrieben. Innerhalb des N-Modells werden die Netto-Mineralisation, die Denitrifikation und der Nitrattransport, vermittelt durch die Wasserbewegung, abgebildet. Die Kopplung und Steuerung der Modellkomponenten erfolgt durch den **issnewController**. Hierzu definiert der Controller einheitliche Schnittstellen zum Datenaustausch (Provider- und Consumerschnittstellen) und eine Schnittstelle zur Synchronisation des Simulationsablaufs (Participatorschnittstelle). Diese Schnittstellen müssen von allen Komponenten (bzw. von zusätzlichen Mittlerkomponenten), die am Simulationsverbund teilnehmen sollen, implementiert werden. Die Definition der Abhängigkeiten der Daten und des Ablaufs der Simulation wird über die grafische Benutzerschnittstelle (GUI) festgelegt, die vom **issnewController** zur Verfügung gestellt wird. Dieses GUI ermöglicht es dem Benutzer, die Reihenfolge der Zeitschritte der einzelnen Simulationskomponenten festzulegen und Simulationsparameter mit Inhalten des Geografischen Informationssystems (GIS) grafisch zu verknüpfen. Zusätzlich stellt der **issnewController** Verfahren zur Verfügung, mit deren Hilfe die GIS-Informationen auf Knoten oder Elemente der Simulationskomponenten regionalisiert werden können. Nach der Initialisierung des Systems durch eine datenbankgestützte Szenariobeschreibung erfolgt die Berechnung jedes Teilmodells in Tagesschritten. Die Ergebnisse eines jeden Zeitschrittes werden innerhalb des **issnewControllers** abgelegt und den beteiligten Modulen zur Verfügung gestellt. Sofern diese Ergebnisse Eingangsdaten für ein beteiligtes Modul darstellen, können sie zum nächsten Zeitschritt abgerufen werden. So fließen beispielsweise Ergebnisse des Grundwassermodells FEFLOW in den nächsten Zeitschritt des **uzModuls** ein. Die Endergebnisse werden abschließend in das GIS eingelagert.

4 Schlussbemerkungen

Der wesentliche Fortschritt liegt in der echten Kopplung unterschiedlicher Modelle zu einem Simulationssystem. Das System ermöglicht eine Zustandsbeschreibung der N-Quellen und N-Senken in Raum und Zeit und ist um weitere Umsetzungsprozesse und Eintragspfade erweiterbar.

Literaturverzeichnis

- [Ch84] Charbeneau, R. J. (1984): Kinematic Models for Soil Moisture and Solute Transport. *Water Resources Research*, 20(6): 699-706.
- [Ke95] Kersebaum, K. C. (1995): Application of a simple management model to simulate water and nitrogen dynamics. *Ecological Modelling*, 81: 145-156.
- [Mi02] Mirschel, W.; Wieland, R.; Jochheim, H.; Kersebaum, K.C.; Wegehenkel, M.; Wenkel, K.O. (2002): Einheitliches Pflanzenwachstumsmodell für Ackerkulturen im Modellsystem SOCRATES. In: Gnauck, A. (ed.): Theorie und Modellierung von Ökosystemen, Shaker Verlag, Aachen, 225-243.
- [We00] Wegehenkel, M. (2000): Test of a modelling system for simulating water balances and plant growth using various different complex approaches. *Ecological Modelling* 129: 39-64.