Stationär oder instationär? Verwendung vertikaler Temperaturprofile zur Quantifizierung von Oberflächen-Grundwasseraustausch

C. Anibas[1], J. Fleckenstein [2], O. Batelaan[1,3], K. Buis[5], P. Meire[5], R. Verhoeven[4]

[1]Vrije Universiteit Brussel, Department Hydrology and Hydraulic Engineering, canibas@vub.ac.be

[2]Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Hydrologie, jan.fleckenstein@uni-bayreuth.de

[3]Katholieke Universiteit Leuven, Department Geography-Geology

[4] Universiteit Gent, Civil Engineering Department, Hydraulics Laboratory

[5]Universiteit Antwerpen, Department of Biology, Ecosystem Management Research Group (ECOBE)

Wärme als natürlicher Tracer findet zunehmend Verwendung bei der Quantifizierung von Austauschflüssen zwischen Oberflächen- und Grundwasser (Stonestrom und Constantz 2002). Vor allem in Fluss-Grundwassersystemen sind Temperaturmessungen zur Charakterisierung und Quantifizierung des Austausches sowohl qualitativ als auch quantitativ eingesetzt worden (Conant 2004, Schmidt Et Al. 2006). Ein Ansatz zur Quantifizierung der Austauschflüsse ist die Bestimmung des konvektiven Wärmetransports aus einer inversen Simulation gemessener, vertikaler Temperaturprofile. Unter der Annahme quasi-stationärer Randbedingungen stehen für die inverse Anpassung analytische Lösungen der Wärmetransportgleichung zur Verfügung, die auch für Fluss-Grundwassersysteme erfolgreich eingesetzt wurden (Conant 2004, Schmidt Et Al. 2006). Für viele Oberflächen-Grundwassersysteme ist die Annahme quasi-stationärer Randbedingungen jedoch nur eingeschränkt gültig und eine instationäre Lösung der Wärmetransportgleichung ist erforderlich.

In dieser Studie werden verschiedene Ansätze zur inversen Simulation vertikaler Temperaturprofile für mehrere Oberflächen-Grundwassersysteme verglichen. Dabei kommen einfache, analytische Lösungen (z.B. Stallmann 1965, Schmidt Et Al. 2006), instationäre Wärmebilanzmodelle auf der Basis der Modellplattform FEMME sowie die numerische Simulation des gekoppelten Wasser- und Wärmeflusses mit dem USGS-Code VS2DH zum Einsatz. Das Modell FEMME (Flexible Environment for Mathematically Modeling the Environment, Soetaert Et Al.. 2002), ist eine auf FORTRAN basierende Simulationsumgebung. FEMME wurde entwickelt um ökologische Systeme auf analytischer Basis zu simulieren. In das bestehende Modellsystem wurde in ein vertikales, auf analytischen Lösungen von Stallmann (1965) und Lapham (1989) basierendes 1D Wärmetransport Modell integriert.

Für die Vergleichsstudie wurden Temperaturprofile der hyporheischen Zone verwendet, die in Fluss- und See-Grundwassersystemen gemessen wurden. Bei der Simulation der Temperaturprofile und der dabei erfolgenden Inversion der Austauschraten wurde vor Allem der Frage nachgegangen, unter welchen Bedingungen eine einfache stationäre und wann eine instationäre Simulation erforderlich sind, um verlässliche Austauschraten bestimmen zu können.

Literatur

B. Conant Jr. (2004) Delineating and quantifying groundwater discharge zones using streambed temperatures. Groundwater 42(2), 243-257

W. M. Lapham (1989) Use of temperature profiles beneath streams to determine rates of vertical ground-water flow and vertical hydraulic conductivity. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2337

M. Schmidt, M. Bayer- Raich, M. Schirmer (2006) Characterization of spatial heterogeneity of groundwater-stream water interactions using multiple depth streambed temperature measurements at the reach scale. Hydrology and Earth System Sciences 10, 849–859

K. Soetaert, V. De Clippele, P. Herman (2002) FEMME, a flexible environment for mathematically modeling the environment. Ecological Modelling 151(2-3), 177-193

S. Stallman (1965) Steady one- dimensional fluid flow in the semi- infinite porous medium with sinusoidal surface temperature. J.Geophys.Res. 70(12), 2821-2827

D.A. Stonestrom, J.Constantz, (2003) Heat as a tool for studying the movement of ground water near streams USGS Circular 1260, U.S. Geological Survey, Denver, CO.