

TP 4

Prozessbasierte Erfassung des Stoffeintrags ins Grundwasser aus Kanalleckagen: Entwicklung eines Expertensystems

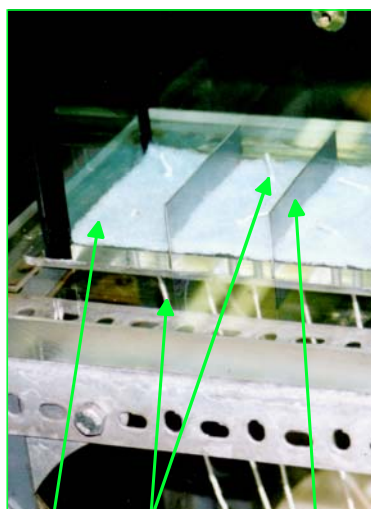
G.H. Jirka, U. Mohrlök, M. Bücken-Gittel, C. Cata
Institut für Hydromechanik

Ziel des Teilprojekts 4 der Forschergruppe „Kanalleckagen“ ist die Erfassung des Stoffeintrags ins Grundwasser ausgehend von Kanalleckagen auf Basis der strömungsmechanischen, chemischen und biologischen Prozesse des Stofftransports und der Stoffumsetzungen sowie deren Zusammenwirken. In der ersten Förderphase wurden am Institut für Hydromechanik zweidimensionale Versickerungsexperimente zur detaillierten Untersuchung des Wassertransports in der ungesättigten Bodenzone durchgeführt. Das dadurch gewonnene Prozessverständnis führte zu der Entwicklung eines Wasser-Transport-Modells (WTM), welches, ergänzt um die in den anderen Teilprojekten untersuchten chemischen und biologischen Prozesse, die Simulation des Abwassertransports durch die ungesättigte Zone für unterschiedliche Standort- und Randbedingungen ermöglicht. So können Parameterstudien erfolgen, die die Entwicklung von vereinfachten Bilanzierungsansätzen erlauben, welche in ein im Rahmen der zweiten Förderphase zu entwickelndes Expertensystem einfließen werden. Dieses Expertensystem wird ein Prognoseinstrument darstellen, mit welchem die unter gegebenen Standort- und Randbedingungen von einer Kanalleckage ausgehende Gefährdung abgeschätzt werden kann. Dieses Expertensystem soll dann beispielsweise als Entscheidungshilfe bei der Festlegung von Prioritätsplänen zur Kanalsanierung verwendet werden.

Die 2D-Versickerungsexperimente wurden in einer Versuchsrinne durchgeführt, die einen kleinskaligen, idealisierten Querschnitt durch eine Kanalbettung und den umgebenden Bodenkörper im Nahbereich einer Kanalleckage darstellt (Abb. 1).

Detail:

Segmentierte
Auslaufkonstruktion



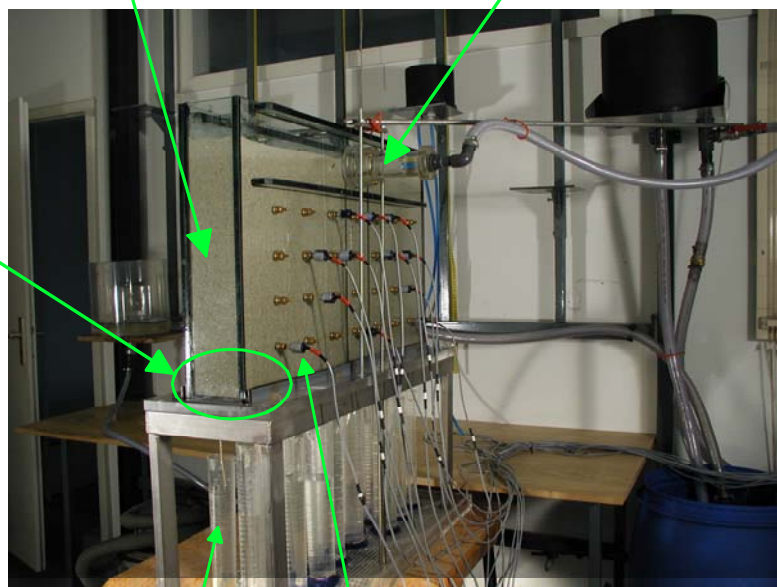
Vlies

Faden

Trennblech

Glasrinne 80x50x10 cm³

Rohr mit Leckage



Messzylinder

Mikrotensiometer (→Wassergehalt)

Abb. 1: 2D-Versuchsrinne zur Untersuchung der Wasserversickerung aus Kanalleckagen

Bei Beginn der Versickerung in den ungesättigten Sand bildete sich eine radiale Infiltrationsfront aus, deren vertikale Ausdehnung bei weiterer Versickerung aufgrund des zunehmenden gravitativen Anteils stärker zunahm als die laterale (Abb. 2). Die Infiltrationsrate und damit auch der Wassergehalt ist abhängig von den Bodenparametern und der Leckagengröße sowie der Überstauhöhe im Rohr. Ein Einfluss der Fließgeschwindigkeit im Rohr konnte nicht beobachtet werden.

Das zur Modellierung des dreidimensionalen Wassertransports im ungesättigten Boden entwickelte Wasser-Transport-Modell (WTM) basiert auf der Anwendung des Random Walk Ansatzes auf den ungesättigten Wasserfluss. Bei diesem Ansatz wird das Porenwasservolumen auf Partikel mit definiertem Volumen verteilt. Diese Partikel werden in jedem Zeitschritt um einen advektiven und um einen diffusiven Schritt bewegt. Der advektive Schritt stellt die gravitativ begründete Bewegung dar. Der diffusive Schritt repräsentiert eine stochastische Bewegung, die aus den Unterschieden der Kapillarkräfte auf Porengrößenskala resultiert. Durch die Überlagerung sehr vieler solcher Partikelbewegungen ergibt sich eine Wassergehaltsverteilung, welche die stochastische Differentialgleichung für die ungesättigte Wasserbewegung (Fokker-Planck-Gleichung) erfüllt. Bei der Anwendung von WTM auf ein Versickerungsexperiment wurde die Ausbildung einer erst radialen, später elliptischen Infiltrationsfront gut nachgebildet (Abb. 3).

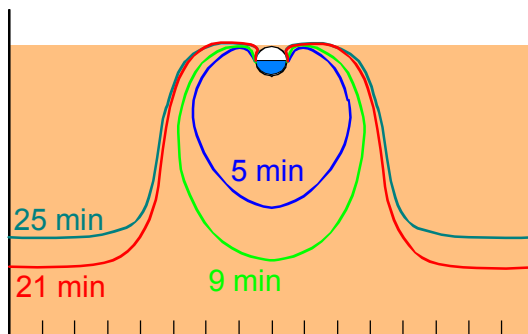


Abb. 2: Zeitabhängiger Verlauf der Infiltrationsfront im Experiment

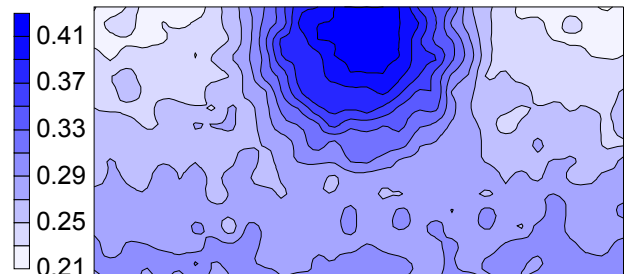


Abb. 3: Wassergehaltsverteilung nach 5 Minuten simulierter Versickerung

Die Simulation des Stofftransports erfolgt mit dem modular aufgebauten Programm WTM durch eine stoffliche Beladung der Wasserpartikel. Dadurch kann der advektiv-dispersive Stofftransport zusammen mit der gravitativ-diffusiven Wasserbewegung in der ungesättigten Zone in einem Berechnungsschritt erfolgen. Die in den anderen Teilprojekten der Forschergruppe bestimmten mikrobiellen und chemischen Stoffumsetzungen sowie die Kolmationsprozesse werden in eigenen Modulen bilanziert.

Veröffentlichungen:

BÜCKER, M., MOHRLOK, U. (2000): "Wasser- und Stofftransport in 2D-Versickerungsexperimenten". HydroGeoEvent 2000, 29.09. – 04.10.2000, Heidelberg, Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Kurzfassungen, Heft 12, 164.

BÜCKER, M., MOHRLOK, U. (2001): "Water and Solute Transport in 2D Seepage Experiments". 26th General Assembly of the European Geophysical Society, Nice, France, 25.03. – 30.03.01, Geophysical Research Abstracts, Vol. 3 (CD-ROM).

BÜCKER-GITTEL, M., MOHRLOK, U. (2002): "Transient point infiltration in the unsaturated zone". 27th General Assembly of the European Geophysical Society, Nice, France, 21.04. – 26.04.02, Geophysical Research Abstracts, Vol. 4 (CD-ROM).

BÜCKER-GITTEL, M., MOHRLOK, U., JIRKA, G.H. (2002): "Modelling the unsaturated water transport using a random walk approach". Proc. 4th Intern. Conf. Calibration and Reliability in Groundwater Modelling, Prague, Czech Republic, 17. - 20.06.02, Acta Universitatis Carolinae, Geologica, Vol. 46, No. 2/3, S. 5-7.

BÜCKER-GITTEL, M., MOHRLOK, U. (2003): "Unsaturated Water Flow beneath a leaking Pipe: Experiment and Simulation". 28th General Assembly of the European Geophysical Society, Nice, France, 06.04. – 11.04.02, Geophysical Research Abstracts, Vol. 5 (CD-ROM).