

## 4.5

### Parameteridentifikation in Mehrphasensystemen Identification of relevant parameters in multi fluid flow systems

---

<b>Beteiligte Mitarbeiter:</b>	J. Allan, J. Braun, H. Kobus
<b>Zeitraumen:</b>	1997 - 1999
<b>Auftraggeber / Finanzierung:</b>	Deutsche Forschungsgemeinschaft, DFG

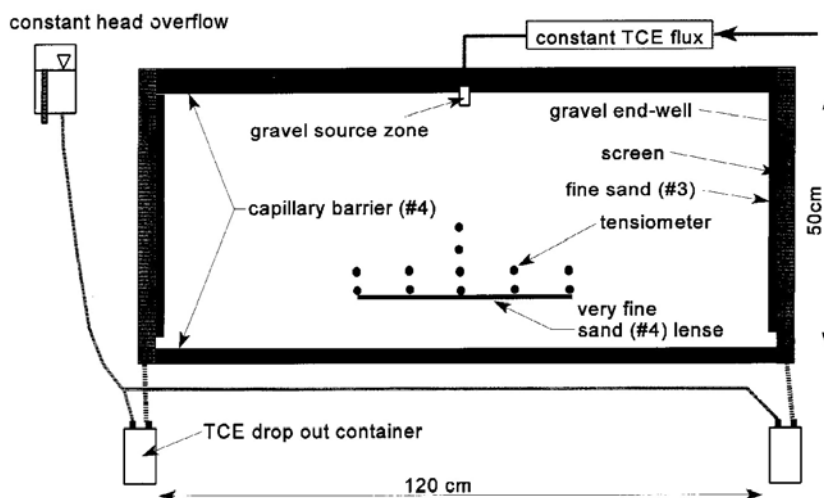
---

#### Abstract:

The behaviour of a DNAPL in the saturated zone was investigated during this research work. Focussing on the infiltration of TCE in a heterogeneous porous aquifer, experimental and numerical methods were used and compared to describe the relevant processes and parameters for the propagation of a DNAPL.

**Problemstellung:** Viele Grundwasservorkommen weltweit sind durch schlecht wasserlösliche Kohlenwasserstoffe (NAPL, engl. für non-aqueous phase liquid) verunreinigt. Eine besondere Bedeutung besitzen die chlorierten Kohlenwasserstoffe (CKW) aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften. Vor allem durch ihre hohe Wasserlöslichkeit und ihre Toxizität zählen sie zu den problematischsten Schadstoffen im Wasserkreislauf. CKW haben eine größere Dichte als Wasser und werden deshalb zu den DNAPL (dense NAPL) gezählt. DNAPL haben aufgrund ihrer Dichte ein hohes Kontaminationspotential sowohl für ungesättigte als auch für gesättigte Aquiferbereiche.

Das hohe Gefährdungspotential macht es notwendig, möglichst viel über die Ausbreitung und das Verhalten von CKW im Untergrund zu erfahren. In diesem Forschungsvorhaben wurden anhand von TCE-Infiltrationen in verschiedenen, heterogenen Modellaquiferen der Einfluss dieser Heterogenitäten auf die TCE-Ausbreitung untersucht und zur Beschreibung instabiler Ausbreitung relevante Parameter bestimmt.



**Abb.1: Experimentelle Rinne**

**Methode:** Zur Beschreibung der Infiltration des TCE in den Untergrund wurden experimentelle (Versuchsaufbau Abb. 1) und numerische (Programm MUFTE) Methoden eingesetzt und miteinander verglichen.

#### Ziel der Untersuchungen:

- Bestimmung der relevanten Parameter für die Ausbreitung eines DNAPL im Untergrund.
- Untersuchung des Einflusses von Heterogenitäten und Instabilitäten auf die Ausbreitung eines DNAPL in der gesättigten Zone.
- Erstellung sowohl eines qualitativen (Fotos) als auch eines quantitativen (Parameter) Datensets, das Informationen über die Prozesse während der DNAPL-Ausbreitung liefert.

- Vergleich der experimentellen Daten mit den Ergebnissen der numerischen Modellierung

### **Ergebnisse:**

- Die Ausbreitung des DNAPL fand im makroskopisch homogenen Medium sehr schnell statt und war aufgrund von mikroskopischen Heterogenitäten durch abwärts gerichtete „Finger“ dominiert.
- Bei heterogenen Befüllungen konnten diese Instabilitäten im Bereich des makroskopisch homogenen Mittelsandbereichs ebenfalls nachgewiesen werden, sie wurden jedoch durch die makroskopische Heterogenität des porösen Materials (Fein- und Grobsandlinsen) stabilisiert; damit wurde die Ausbreitung des TCE verlangsamt.
- Sobald die Finger eine Grobsandlinse erreicht hatten, fand darin eine horizontale Ausbreitung, als horizontales Channeling bezeichnet, statt, bis diese Linse mit TCE angereichert war. Danach setzte wiederum vertikales „Fingering“ im umliegenden Mittelsand ein.
- An den Grenzschichten zu Feinsandlinsen fand eine horizontale Umleitung des TCE statt. Dabei wurde nur eine sehr geringe Akkumulation von TCE auf diesen Linsen beobachtet.
- Da die Front sich hauptsächlich durch Fingering ausbreitete, wurde sehr wenig TCE im Mittelsand zurückgehalten. Die einzige Akkumulation von TCE fand in den Grobsandlinsen statt.
- Aufgrund der experimentellen Ergebnisse wurden Möglichkeiten und Grenzen des Mehrphasenmodells „MUFTE“ aufgezeigt. Das auf Kontinuität basierende numerische Modell ist für die Infiltration von TCE in homogenem porösen Material nicht anwendbar, da die Ausbreitung des TCE durch vertikales „Fingering“ kontrolliert wird. Bei den heterogenen, stochastischen Modellansätzen waren die numerischen Voraussagen besser, trotzdem sagte das Modell auch hier eine zu geringe Ausbreitungsgeschwindigkeit und eine zu geringe TCE-Sättigung in den homogenen Mittelsandbereichen, in denen eine instabile Ausbreitung stattfand, voraus.

In einem weiteren Schritt wurde das numerische Modell modifiziert, um eine instabile Ausbreitung von DNAPL in der gesättigten Zone besser bestimmen zu können:

- Im „Fingerporositätsmodell“ wurde die Porosität des makroskopisch homogenen Mittelsandes derart verändert, dass nur ein reduzierter Anteil der Poren an der Ausbreitung beteiligt war (Finger). Dies führte zu einer schnelleren und auch räumlich ausgedehnteren Ausbreitung des TCE und somit zu einer guten Übereinstimmung mit den experimentellen Daten.
- Besonders wichtig, auch im Hinblick auf die Feldanwendung, ist, dass das Fingerporositätsmodell nicht nur die Ausbreitung, sondern auch die letztendliche hydrostatische TCE-Verteilung in einem gesättigten Aquifer besser voraussagt und somit auch die gezielte Implementation von Sanierungstechnologien ermöglicht.

### **Veröffentlichungen:**

- Allan, J.; Ewing, J.; Helmig, R.; Braun, J.: „Scale Effects in Multiphase Flow Modeling“, Vortrag, First international conference on remediation of chlorinated and recalcitrant compounds, Monterey, Ca, USA, 17.05 - 21.05.1998  
 Institutsbericht 00/07 (HG 274)
- Ewing, J.; Allan, J.; Helmig, R.: „Upscaling in Multiphase Flow Modeling“, Vortrag, VEGAS-Statuskolloquium, Universität Stuttgart, 10. Oktober 1997