

„Tracertechniken und hydrodynamische Untersuchungen in gefluteten Untertagebergwerken“

Andrea Hasche

Bearbeitungszeitraum: Mai 2002 – voraussichtlich Mitte 2005

Das Dissertationsvorhaben besteht aus zwei Teilprojekten: Entwicklung eines innovativen, feldtauglichen Mikrosphärendetektors und Klärung der hydrodynamischen Prozesse in ausgewählten, gefluteten Bergwerken (Flussspatbergwerk Straßberg/Harz, Zinngrube Ehrenfriedersdorf, South Crofty Tin Mine). Im Hinblick auf das erste Teilprojekt eignen sich partikuläre Tracer bevorzugt zur Klärung von schadstoffbezogenen Transportvorgängen im Grubenwasser. Die Auswahl an solchen Tracern (u.a. *Lycopodium*-Sporen, Mikrosphären) ist aber auf Grund schwieriger Präparationstechniken limitiert oder hat eine zeitaufwendigen Detektions- und Analysemethodik zur Folge. Fluoreszierende Mikrosphären (ultrareine Polystyrolketten), bekannt aus Medizin und Mikrobiologie, werden seit einigen Jahren auch in gefluteten Bergwerken eingesetzt, um die potentielle Gefährdung des Grundwassersystems durch mikrobielle Kontamination sowie Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit zu bestimmen (WOLKERSDORFER & HASCHE 2001; WOLKERSDORFER et al. 2002).

Die Grubengeometrie eines Bergwerkes ist ein kompliziertes Netzwerk von Schächten, Stollen und Querverbindungen. Strömungen und Transport werden im erheblichen Maße von diesem hochdurchlässigen „Röhrensystem“ beeinflusst. In den zahlreichen, nach der Schließung des Bergbaus verbliebenen untertägigen Hohlräumen kommt es durch einsickernde, sauerstoffhaltige Wässer, besonders an sulfidischen Resterzen, zu komplizierten Oxidations- und Lösungsvorgängen. In deren Folge werden große Mengen gelöster Schadstoffe mit dem Grubenwasser über die Stollensysteme ausgetragen und können zu Grundwasser- und Oberflächenwasserkontaminationen führen (WOLKERSDORFER & YOUNGER 2002). Aus Tracerversuchen lassen sich Informationen über hydraulische Verbindungen, Fließgeschwindigkeiten oder Schadstoffausträge im Grubengebäude gewinnen sowie durch geeignete bauliche Maßnahmen das Strömungsverhalten günstig beeinflussen und somit der Schadstoffaustrag minimieren.

Hinsichtlich des maßgeblichen Einflusses der Injektionstechnik auf das Tracertestergebnis unter den komplizierten VorOrt-Bedingungen im gefluteten Grubengebäude u.a. große Tiefen, hohe Drücke oder schlechte Zugangsmöglichkeiten zum Wasserkörper im Grubengebäude, wurde im Rahmen eines Tracertests (Flussspatgrube Straßberg April – Mai 2003) der bisherige Injektionsmechanismus modifiziert. Dieser neuentwickelte Tracerinjektionsapparat („*TinA*“) erlaubt es nun, die Tracerstoffe auch über kleine Rohrzugänge in den Grubenwasserkörper einzuspeisen. Bei dieser Aufgabesonde wurden die Hauptkriterien: Bestimmbarkeit des Freisetzungszeitpunktes des Tracers, ortsgenaue Tracereinspeisung, Vermeidung von Tracerverlusten und Verhinderung einer Kontamination des durchfahrenen Wasserkörpers mittels unkontrolliert freiwerdenden Tracers, berücksichtigt.

Die bisher angewandte Probenahmetechnik (Spezialfiltersystem) erlaubte eine tiefengenaue Beprobung des Wasserkörpers, aber einhergehend mit einem nachteiligen, sehr zeitintensiven Probenahmeaufwand. Deshalb stand die Entwicklung einer einfachen, robusten, innovativen Probenahmetechnik (*Mefisto: Multiple Filter Storage Tool*) am Anfang des Projektes. Mit Hilfe der entwickelten Methode wird der bereits erwähnte zeitintensive Probenahmeaufwand kompensiert, auf Grund eines elektronisch ansteuerbaren Wasserprobenstromes in die jeweilige Filtersystemeinheit. Durch das individuell wählbare Zeitintervall für den auto-

matischen Filtersystemwechsel, der teufengenauen Beprobung und dem geringen apparativen Aufwand, eignet sich die Methode modifiziert auch für Fragestellungen im Grundwasserbereich. Die Entwicklung soll mit den vorgenommenen Überprüfungen im Labor sowie in mehreren Feldversuchen (Ehrenfriedersdorf, South Crofty) vorraussichtlich bis Ende 2003 abgeschlossen sein.

Bisher erfolgte die Detektion und Analyse von Mikrosphären in hydrogeologischen Untersuchungen durch eine zeitintensive und langwierige Auszählprozedur unter dem Fluoreszenzmikroskop, nachdem die Wasserproben zunächst gefiltert wurden. NIEHREN (1999) entwickelte einen feldtauglichen Mikrosphärenzähler für Grundwasseranwendungen, der die Fluoreszenz mit Hilfe einer Einzel-Photonen zählenden Avalachediode detektiert. Nachteilhaft sind die ausschließlichen Einsatzmöglichkeiten im Grundwasserbereich und die Detektion einer einzigen Mikrosphärenfarbe. Im Rahmen der Dissertation soll ein On-line-Detektor entwickelt werden, der für Grubenwässer geeignet ist sowie mehrere Mikrosphärenfarben gleichzeitig detektieren kann. Das Grundprinzip des On-line-Detektors besteht darin, dass die zu vermessenden Teilchen (Mikrosphären) in einem feinen Flüssigkeitsstrom an einem Detektor vorbeigeführt werden, der die Fluoreszenzintensität der verschiedenen Mikrosphärenfarben erfasst. Auf Grund des besonderen Herstellungsverfahrens, müssen die Mikrosphären für die Vermessung nicht mehr vorbehandelt werden.

Des Weiteren sollen die hydrodynamischen Verhältnisse in den untersuchten Bergwerken numerisch modelliert werden. Am geeignetsten für solche Simulationen sind FEM-Modelle (Finite-Elemente-Methode), da sie große Knotenzahlen ermöglichen, an denen Wasserströmungen, Druckänderungen oder andere Parameter verändert werden können. Mit der ausgewählten Software (ANSYS 6.1) und mit dem Modul FLOTRAN können sowohl reine Strömungsprobleme ohne Berücksichtigung der Temperatur als auch thermisch beeinflusste Probleme modelliert werden. Die Konstruktion des Modells erfolgt über „keypoints“, deren Lage aus den Grubenplänen des jeweiligen Bergwerkes abgeleitet wird. Die Diskretisierung des geometrischen Modells erfolgt in Abhängigkeit von den Resultaten des Tracerversuchs. Je präziser die Vernetzung und die Parameterbestimmungen sind, desto einfacher kann das Simulationsmodell des Bergwerkes am Ende ausfallen. Eine Kalibrierung des Modells wird mit den Ergebnissen der Tracerversuche und den physikochemischen Messungen erfolgen.

Literatur

- NIEHREN, S. (1999): Neue Methoden zur Grundwassermarkierung – Entwicklung eines feldtauglichen Mikrosphärenzählers. – Schriftenreihe des Institutes für Hydromechanik und Wasserwirtschaft, 1: 92 S., 56 Abb., 6 Tab.; Zürich.
- WOLKERSDORFER, Ch. & HASCHE, A. (2001): Tracer Test in the abandoned Fluorspar Mine Straßberg/Harz Mountains, Germany. – 5 Abb., 5 Tab.; Belo Horizonte (Proceedings, IMWA Symposium Belo Horizonte).
- WOLKERSDORFER, CH. & YOUNGER, P.L. (2002): Passive Grubenwasserreinigung als Alternative zu aktiven Systemen. – Grundwasser, 7/2: 67-77, 7 Abb., 2 Tab.; Berlin Heidelberg.
- WOLKERSDORFER, Ch., HASCHE, A., UNGER, K. & WACKWITZ, T. (2002): Tracer Techniken im Bergbau - Georgi-Unterbau bei Brixlegg/Tirol. – Wissenschaftliche Mitteilungen, 19: 37-43, 4 Abb.; 1 Tab.; Freiberg.