

## **Probabilistische Unsicherheitsquantifizierung für Strömung im Boden angewandt auf radioaktive Endlagerung und CO<sub>2</sub>-Abscheidung**

Ingolf Busch, Oliver G. Ernst, Elisabeth Ullmann (Institut für Numerische Mathematik und Optimierung) Gerald van den Boogaart, Silke Seemann (Institut für Stochastik)

Unsicherheitsquantifizierung / Strömung in porösen Medien / stochastische Modellierung / radioaktive Endlager

Das Modellieren der Strömung von Grundwasser sowie anderer Fluide im Gestein der Erdkruste besitzt viele Anwendungen, von denen zwei in letzter Zeit entscheidende Bedeutung erlangt haben: die Endlagerung radioaktiver Abfälle und die Abscheidung von Kohlendioxid ( $CO_2$ ). In Anbetracht der dringenden Notwendigkeit, ( $CO_2$ )-Emissionen zu reduzieren erwägen viele Staaten, darunter Großbritannien und die Bundesrepublik, einen weiteren Ausbau der Kernenergie zur Stromerzeugung. Für eine weitgehende öffentliche Akzeptanz einer solchen Politik muss das Problem der sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle zufriedenstellend gelöst werden. Es besteht weitgehend Einigkeit darüber, dass unterirdische Lagerung radioaktiver Abfälle in tief liegenden stabilen geologischen Formationen die sicherste langfristige Lösung darstellt. Bei Entweichen von Radionukliden aus einer solchen Endlagerstätte stellt der Transport mit dem Grundwasser den wahrscheinlichsten Mechanismus für deren Eintritt in die Biosphäre dar.

Eine weitere, derzeit aktiv verfolgte Strategie zur Reduktion von ( $CO_2$ )-Emissionen ist das Auffangen von ( $CO_2$ ) bei der Entstehung (etwa in Kohlekraftwerken), gefolgt von Kompression, Transport und unterirdischer Lagerung in geeigneten geologischen Formationen. Trotz verbleibender Probleme bei dieser Technologie wird ( $CO_2$ )-Abscheidung, etwa durch die IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) als wirtschaftliche Methode erachtet, einem drohenden Klimawandel entgegenzuwirken. Das Verständnis des Fließverhaltens von ( $CO_2$ ) nach dessen unterirdischer Injektion ist eine wesentliche Voraussetzung bei der Einschätzung der Effektivität und Sicherheit dieser Technik.

Permeabilität bezeichnet die Durchlässigkeit von Gestein für Fluide. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Analyse der beiden o.g. Verfahren besteht darin, dass Gesteinspermeabilität nur an wenigen Messpunkten bekannt ist. Eine entscheidende Aufgabe ist somit die Bestimmung des Permeabilitätsfeldes aus den verfügbaren Messdaten. Aufgrund der Unvollständigkeit dieser Daten verbleibt bei solchen Berechnungen ein Rest an Unsicherheit. Die Charakterisierung und Quantifizierung dieser Unsicherheit ist ein wesentlicher Bestandteil der Modellierung und steht im Mittelpunkt dieses Projektes.

Wir verfolgen hier einen stochastischen Ansatz der Unsicherheitsquantifizierung, bei dem folgende Schritte erforderlich sind:

1. Konstruktion eines stochastischen Modells der unsicheren Größen (hier der Permeabilität).
2. Lösung des resultierenden stochastischen Problems.
3. Post-processing der stochastischen Simulation zur Bestimmung der interessierenden Größen.

#### 4. Interpretation der Ergebnisse.

Ziel dieses Projektes, welches gemeinsam von Mitarbeitern der Institute Numerik und Optimierung sowie Stochastik der TU Bergakademie Freiberg und der Gruppe von Prof. Andrew Cliffe, Division of Applied Mathematics der Universität Nottingham (UK) bearbeitet wird, ist es, den Stand der Forschung in diesem Gebiet durch Anwendung der oben skizzierten Methodik in einer praktischen Fallstudie zu evaluieren, nämlich der Referenzdaten des Waste Isolation Pilot Plant, eines im Betrieb befindlichen Endlagers für radioaktive Abfälle in der Nähe von Carlsbad, New Mexico (USA). Wir werden unsere Simulationsergebnisse vergleichen mit denen einer vorausgegangenen Studie des US-amerikanischen Department of Energy.

Um unsere Resultate sowie die oben skizzierte Methodik der Unsicherheitsquantifizierung den deutschen und britischen Regulierungsbehörden für radioaktive Endlager zugänglich zu machen ist gegen Ende der Laufzeit des Projektes ein Workshop in Nottingham geplant.

Förderung: Deutscher Akademischer Austauschdienst / British Council (2008-2010)