

Unsicherheitsquantifizierung der Sicherheitsberechnungen von Endlagern für radioaktiven Müll

Bearbeiter: O. Ernst, B. Sprungk, S. Konsulke, G. van den Boogaart, A. Cliff et. al., Nottingham

Die Unsicherheit über die tatsächlichen Leitfähigkeiten im Culebra-Dolomit-Grundwasser-leiter unmittelbar oberhalb der (Nuclear) Waste Implantation Pilot Plant Site (WIPP-Site) der US Energiebehörde wurde mittels eines geostatistischen Modells quantifiziert. Verschiedene numerische Berechnungsalgorithmen (z. B. Stochastische Finite Elemente oder Gaussian Process Simulators) der Partner erlauben, diese Unsicherheit mit unterschiedlichen Rechenvereinfachungen schneller als die Standard-Monte-Carlo-Verfahren in Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die sicherheitsrelevanten Erstaustrittszeiten von Radionucliden in die Umwelt im Falle eines Versagens der inneren Schutzsysteme der WIPP-Site zu bestimmen. Standard-Monte-Carlo-Verfahren sind für diese Aufgabe zu langsam. Durch statistische oder stochastische Modellierung konnten verschiedene Aspekte gezeigt werden:

- Die Zielgröße Erstaustrittszeit ist nicht überall stetig vom Leitfähigkeitsfeld abhängig. Dadurch scheiden gewisse numerische Verfahren aus.
- Die „korrekte Berechnung“ mittels Monte-Carlo-Simulationen ist beliebig genau, bei allerdings sehr schnell ($\frac{1}{\epsilon^2}$) steigender Rechenzeit. Mittels statistischer Tests konnte gezeigt werden, dass Monte-Carlo-Verfahren im Rahmen der praktisch erreichbaren Rechengenauigkeit nicht signifikant besser als die approximativen Berechnungen der Partner sind. Da diese approximativen Berechnungen aber im Endeffekt eine höhere Genauigkeit in geringerer Rechenzeit erzielen können, sollten also diese Verfahren vorgezogen werden.
- Mittels genauer stochastischer Modellierung konnte ein Modellierungsfehler in den klassischen Ansätzen zu dieser Aufgabe entdeckt werden. Aufgrund der lokalen Durchmischung und Diffusion im turbulenten Fluss wird die effektive Erstaustrittszeit vom klassischen Modell erheblich überschätzt.
- Im Fall einer relativ genauen Beschreibung des geostatistischen Zufallsfeldes durch bedingende Messungen wird ein hochfrequenter Anteil mit vielen Eigenmoden für die Unsicherheitsquantifizierung wichtig. Dieser Anteil kann allerdings nicht mittels der klassischen Zerlegung in Stochastischen Finiten Elementen oder Stochastischer Kollokation aufgelöst werden. Berechnungen ohne diesen Anteil sind jedoch verzerrt. Es wurde ein Ansatz für eine Verzerrungskorrektur vorgeschlagen, der darauf basiert, dass tatsächlich nicht die konkrete Realisierung des hochfrequenten Anteils im Zufallsfeld für die Erstaustrittszeit wichtig ist, sondern der Rauheitsgrad des Zufallsfeldes.