

## 6.5

## Forschung und Entwicklung zur Langzeitsicherheit aus regulatorischer Perspektive



Dr. Martin Navarro

→ Regulatorische- und Genehmigungsbehörden sowie die für sie tätigen Sachverständigenorganisationen schaffen nicht nur den regulatorischen Rahmen für die Endlagerentwicklung und die Langzeitsicherheitsbewertung, sondern betreiben auch eigene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf diesem Themengebiet. Hierdurch wird auf regulatorischer Seite die Fachkompetenz entwickelt und erhalten, die erforderlich ist, um Regeln und Richtlinien fundiert zu erstellen, Genehmigungsunterlagen fach- und sachgerecht zu bewerten, weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu identifizieren und regulatorische Entscheidungen auf wissenschaftlich-technischer Grundlage zu treffen. Die GRS hat im Auftrag des Bundesumweltministeriums in einer Reihe von Vorhaben Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Bewertung von Langzeitsicherheitsnachweisen durchgeführt. Im vorliegenden Beitrag werden einige der wesentlichen Eckpunkte dieser Arbeiten am Beispiel des Vorhabens SR 2548 »Verfolgung und Bewertung der Fortentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik beim Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern« dargestellt.

### Ein internationales Forschungsfeld

**Globale Kooperationen.** Die Führung und Bewertung von Langzeitsicherheitsnachweisen umfasst ein weites Spektrum an Problemfeldern, das in angemessener Zeit nur in internationaler Zusammenarbeit bewältigt werden kann. Aus regulatorischer Sicht ist die internationale Perspektive von besonderer Bedeutung, um den Stand von Wissenschaft und Technik zu erfassen, weiterzuentwickeln und als Bewertungsmaßstab im eigenen nationalen Rahmen anzusetzen.

#### Internationale Projekte und Arbeitsgruppen.

Der Austausch mit internationalen Fachkreisen war daher wesentlicher Bestandteil des Vorhabens SR 2548, das von der GRS über einen Zeitraum von drei Jahren bearbeitet und im November 2008 abgeschlossen wurde. Das Vorhaben beinhaltet die Mitarbeit von Experten der GRS in Arbeitsgruppen und Projekten der IAEA, der OECD/NEA (AMIGO, EBS, P&T) und der EU (RedImpact, PAMINA) sowie eine Kooperation mit der franzö-

sischen Partnerorganisation IRSN. Darüber hinaus wurden internationale Entwicklungen durch detaillierte Analysen ausgewählter Sicherheitsberichte und Regelwerke verfolgt. Am Beispiel der Länder Frankreich, Schweden und Schweiz untersuchte die GRS, inwieweit die Empfehlungen der Nuclear Energy Agency (NEA) der OECD und der IAEO zum generellen Inhalt eines Langzeitsicherheitsnachweises Eingang in die nationalen Regelwerke und Sicherheitsberichte gefunden haben. Hieraus wurden Schlussfolgerungen für die Fortentwicklung der deutschen Sicherheitsanforderungen gezogen.

**Arbeitskreis Szenarienentwicklung.** Die Heterogenität der länderspezifischen Ansätze zur Führung und Bewertung von Langzeitsicherheitsnachweisen, aber auch die Heterogenität der in Deutschland anzutreffenden Sichtweisen machen eine Harmonisierung oder zumindest eine gegenseitige Verständigung in Bezug auf Terminologien, Strategien, Konzepte, Methoden, Anforderungen und Erwartungen erforderlich. Der Arbeitskreis Szenarienentwicklung, der im Vorhaben SR 2548 koordiniert wurde und den die GRS seit 1997 leitet, hat mit der Veröffentlichung eines Positionspapiers zur Problematik des menschlichen Eindringens in ein Endlager einen wichtigen Schritt in Richtung einer solchen Harmonisierung innerhalb Deutschlands vollzogen.

### **Codeentwicklung**

**TOUGH2 und MARNIE.** Ein Teilziel des Vorhabens SR 2548 war die Entwicklung, Prüfung und Anwendung numerischer Codes zur Simulation und Bewertung von Prozessen in Endlagersystemen. Die GRS verwendet in diesem Bereich unter anderem den Code TOUGH2 und die Eigenentwicklung MARNIE. Der Code TOUGH2 erlaubt detaillierte Prozessanalysen für den Mehr-

phasentransport in porösen Medien, der Code MARNIE hingegen ist vor allem für eine integrative Betrachtung des Endlagersystems, für probabilistische Analysen sowie für eine Berücksichtigung komplexer Streckennetze geeignet. Beide Modelle besitzen durch ihre Anpassungsfähigkeit eine hohe Flexibilität zur Behandlung problemspezifischer Fragestellungen und sind damit gut für die regulatorische Betrachtung alternativer konzeptueller und physikalischer Modelle im Rahmen von Genehmigungsverfahren geeignet. Für beide Codes wurden im Vorhaben SR 2548 Postprocessing-Werkzeuge entwickelt, die diesen Flexibilitätsansprüchen genügen.

**Integration sicherheitsrelevanter Prozesse.** Um die Möglichkeiten zur Simulation von thermo-hydro-mechanischen Wechselwirkungen und von Gastransportprozessen in Tonsteinen zu verbessern, wurden verschiedene Erweiterungen des Codes TOUGH2 vorgenommen. So erfolgte eine Kopplung an den geomechanischen Code FLAC3D, welche eine Simulation dreidimensionaler gekoppelter thermo-hydro-mechanischer Interaktionen erlaubt. Im Vorhaben SR 2548 sowie im Projekt PAMINA wurde der Code TOUGH2 um den Mechanismus der Mikrorissdilatanz erweitert, der die Gasausbreitung im tonigen Wirtsgestein und die Druckentwicklung im Endlager entscheidend beeinflussen kann.

**Codequalifizierung.** Die Leistungsfähigkeit der von der GRS verwendeten TOUGH2-Version konnte in der internationalen Benchmark-Übung »couplex gaz« demonstriert werden, bei der der Gastransport im Nah- und Fernfeld eines Endlagers im Tonstein simuliert wurde. Die Benchmark-Übung war Teil einer umfangreichen Codequalifizierung im Rahmen des hier vorgestellten Vorhabens.

### Beziehung zu anderen Vorhaben

Das Vorhaben SR 2548 steht in enger Wechselbeziehung zu anderen Vorhaben der GRS. Im Gegensatz zu den allgemeinen und standortunspezifischen Betrachtungen des Vorhabens SR 2548 wurden im Verbundprojekt VerSi Sicherheitsanalysen für detailliert spezifizierte generische Endlagerstandorte durchgeführt. Die internationale Zusammenarbeit im SR 2548 zu Fragen des Langzeitsicherheitsnachweises wurde durch die Mitarbeit in Arbeitsgruppen der OECD/NEA und IAEA im Rahmen weiterer Vorhaben unterstützt und ergänzt. Gleichzeitig wurden einige der im Vorhaben SR 2548 erzielten Ergebnisse in diese Arbeitsgruppen eingebracht. Die entwickelten numerischen Codes wurden im Rahmen der gutachterlichen Tätigkeit für den Standort Asse angewendet. ■