

| SICHERHEIT NUKLEARER ENTSORGUNG |

# Schachtanlage Asse II Technische Herausforderungen der Rückholung

Fachtagung  
des BfS

13. Februar 2014

Wolfenbüttel / Lindenhalle

Kurzfassungen der Vorträge



Bundesamt für Strahlenschutz

## **Anlass und Ziel der Veranstaltung**

Am 1. Januar 2009 hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) die Verantwortung für die Schachanlage Asse II übertragen bekommen. Das BfS hat den gesetzlichen Auftrag, die Anlage nach Atomrecht sicher stillzulegen. Dies soll – wenn möglich – nach Rückholung der radioaktiven Abfälle erfolgen.

Die Fachtagung setzt den im Jahr 2012 begonnenen Austausch des BfS mit externen Sachverständigen zum Projekt Asse fort. Ziel der Veranstaltung ist es, wichtige aktuelle Erkenntnisse und Fragen zu den Themenblöcken Rückholung der radioaktiven Abfälle sowie des gebirgsmechanischen und hydrogeologischen Zustandes der Schachanlage Asse II zu präsentieren und zu diskutieren.

## **Themen-Blöcke**

Im ersten Themenblock zur Rückholung und Bergungstechnik werden die Anforderungen und Charakterisierung der Abfälle sowie die Konditionierung behandelt. Hierbei ist natürlich die Bergungstechnik ein wichtiger Bestandteil. Darüber hinaus geht es um den aktuellen Stand der Rückholungsplanung und der Faktenerhebung.

Der zweite Themenblock behandelt Fragen zum gebirgsmechanischen und hydrogeologischen Zustand des Grubengebäudes. Gibt es Prognosemöglichkeiten für Lösungszutritte in das Grubengebäude und wären Gegenmaßnahmen möglich? Was sind die Grenzen gebirgsmechanischer Prognosen und hydraulisch-mechanischer Berechnungen?

Die Inhalte der Vorträge der externen Referenten müssen nicht mit der Auffassung und Meinung des BfS übereinstimmen.

### **Block 1.1: Abfälle**

Chairman: Dr. Martin Filß / TÜV Süd

### **Block 1.2: Bergungstechnik und Rückholung**

Chairman: Bernhard Fischer / BfS

### **Block 2.1: Lösungszutritte**

Chairman: Matthias Ranft / BfS

### **Block 2.2: Gebirgsmechanik**

Chairman: Prof. Karl-Heinz Lux / TU Clausthal

# Begrüßung und Einführung

Dr. Jörg Tietze, Matthias Ranft, Bundesamt für Strahlenschutz  
Einführung durch Matthias Ranft – Leiter des Projektes Asse im BfS

Dem BfS wurde ab dem 01. Januar 2009 die Verantwortung für die Schachanlage Asse II übertragen. Nach Änderungen des Atomgesetzes unterliegt die Schachanlage Asse II seit diesem Zeitpunkt neben den weiterhin geltenden bergrechtlichen auch atomrechtlichen Regelungen.

Der gesetzliche Auftrag umfasst die unverzügliche Stilllegung der Schachanlage Asse II. Er wurde 2013 dahingehend konkretisiert, dass die Stilllegung nach der Rückholung der radioaktiven Abfälle erfolgen soll.

In den zurückliegenden fünf Jahren seit der Übernahme der Betreiberverantwortung wurde viel erreicht. So wurde die fehlenden Umgangsgenehmigungen nach Strahlenschutzverordnung erarbeitet und dringliche Investitionen in die veraltete und auf Stilllegung im Jahr 2014 ausgerichtete Anlage vorgenommen. Das BfS hat innerhalb eines Jahres einen Vergleich von Stilllegungsoptionen durchgeführt. Die Faktenerhebung wurde geplant, die erforderlichen Genehmigungsunterlagen wurden erarbeitet und mit der Durchführung wurde begonnen. Frühzeitig nach Übernahme der Betreiberschaft wurde mit Stabilisierungs- und Vorsorgemaßnahmen begonnen (Firstspaltverfüllung, Notfalllager, Ausbau des Lösungsmanagements etc.). Es wäre Zeit auf die durch das BfS gemeinsam mit seinen Partnern, insbesondere der Asse-GmbH erreichten Ziele zurückzublicken.

Ziel dieser Fachtagung ist es jedoch nicht auf Vergangenes zu schauen, sondern den Blick weiter auf die Zukunft zu richten und die technischen Herausforderungen der Rückholung und des sicheren Betriebes der Schachanlage Asse II zu analysieren sowie die fachlichen Lösungsmöglichkeiten und Vorschläge zu diskutieren.

Sowohl die sichere Offenhaltung als auch die Rückholung und die nachfolgende Stilllegung sind von außergewöhnlichen in dieser Form einmaligen Herausforderungen gekennzeichnet. Diese bestehen einerseits in der gebirgsmechanischen Gesamtsituation der Schachanlage Asse II, die von einem weitgehenden Versagen wesentlicher Elemente des Tragsystems gekennzeichnet ist. Die Folgen der für eine längere Offenhaltung nicht ausreichenden Dimensionierung der Grube sind massive Schwierigkeiten und erhebliche Aufwendungen zur Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit der notwendigen Grubeninfrastruktur. Andererseits besteht seit 1988 ein Grundwasserzutritt. Infolge der anhaltenden Schädigungsprozesse kann es jederzeit zu einer Verlagerung oder Erhöhung des Lösungszutritts kommen. Eine nicht mehr beherrschbare Entwicklung des Lösungszutritts kann nicht ausgeschlossen werden.

Diese Sachverhalte geben neben weiteren betrieblichen und rechtlichen Faktoren die Randbedingungen vor, unter denen die Rückholung durchzuführen ist.

Bereits in einem im Januar 2012 durchgeführten Workshop wurde daher klar,

- dass ein neuer Schacht für die Rückholung zwingend benötigt wird,
- dass die für den zukünftigen Betrieb und die Rückholung erforderliche Infrastrukturräume neu aufgefahren werden müssen,
- dass die Entwicklung des Lösungszutritts nicht prognostizierbar ist,
- dass die Feststellung der Machbarkeit der Rückholung endgültig erst nach der Faktenerhebung erfolgen kann und
- dass alle Möglichkeiten zur Stabilisierung des Grubengebäudes schnellstmöglich umzusetzen sind um Zeit und Sicherheit für die Rückholung zu gewinnen.

Die technischen Herausforderungen liegen einerseits in dem heute nicht mehr anforderungsgemäßen Kenntnisstand über Menge, Inventar und Zustand der radioaktiven Abfälle sowie andererseits in der Notwendigkeit der Entwicklung und Erprobung von technischen Systemen zur Bergung und Handhabung von radioaktiven Abfällen unter bergbaulichen Bedingungen. Die entwickelten technischen Lösungen, z. B. fernmanipulierte Techniken oder Schleusensysteme, werden nur genehmigungsfähig sein, wenn ihre Funktion und der Strahlenschutz bei der Rückholung nachgewiesen werden kann. Dabei ist sowohl für das BfS als Strahlenschutzbehörde als auch auf Basis der gesetzlichen Vorgaben klar, dass es trotz der Dringlichkeit und Notwendigkeit der Rückholung keine Sicherheitsabschläge an den über Jahrzehnten entwickelten kerntechnischen Sicherheitsstandards geben soll und darf.

Daher besteht eine der wesentlichen planerischen Herausforderungen darin, möglichst viele der bestehenden Unsicherheiten und Annahmen durch Nachweise und Fakten zu ersetzen. Die Erfahrungen mit der Durchführung des ersten Schrittes der Faktenerhebung zeigen, dass die Durchführung von Genehmigungsverfahren auf Basis von konservativen Annahmen zu erheblichen Aufwendungen und Schwierigkeiten bei der zügigen Durchführung der Arbeiten führt.

Die Lösung der Asse Problematik kann nur als gemeinsame Aufgabe aller beteiligten Fachinstitutionen und Behörden bewältigt werden. Das BfS möchte mit den fachlichen Diskussionen weitere Impulse für die Planungsarbeiten gewinnen, um den sich stellenden Herausforderungen effizient zu begegnen.

# **Anforderungen an die Charakterisierung radioaktiver Abfälle für die Zwischen- und Endlagerung**

Karin Kugel, Bundesamt für Strahlenschutz

Für die Rückholung der radioaktiven Abfälle aus der Schachtanlage Asse II ist eine endlagergerechte Konditionierung der geborgenen radioaktiven Abfälle und des kontaminierten Salzes erforderlich. Dies schließt sowohl die radiologische als auch die stoffliche Beschreibung der dann hergestellten Abfallbinde ein. Bis zur Einlagerung in ein Bundesendlager ist eine ggf. längerfristige Zwischenlagerung von einigen Jahren bis zu einigen Jahrzehnten erforderlich.

Aus diesem Grund müssen bereits mit Beginn der Bergung möglichst viele Informationen gesammelt werden, die für die Charakterisierung der radioaktiven Abfälle notwendig sind. Hierbei sind alle Schritte zu betrachten, bis hin zu einer endlagerkonformen Verpackung der geborgenen Abfälle. Der Umfang der Dateninformationen soll die Erstellung einer für die Produktkontrolle vollständigen Dokumentation gewährleisten.

Die Datenlage aus der Einlagerungszeit bezüglich des radioaktiven Inventars, der Qualität der Abfallprodukte und der Fixierungsmittel für die einzelnen Gebinde reicht nicht aus, um nach heutigem Anspruch ausreichende und belastbare Endlagerdokumentationen zu erstellen. Eine vollständige radiologische und ggf. stoffliche messtechnische Analyse jedes einzelnen Gebindes ist jedoch auch im Sinne einer angestrebten möglichst schnellen Rückholung und Qualifizierung und aus Strahlenschutzgründen nicht zweckmäßig. Daher müssen zunächst die noch vorhandenen Erkenntnisse genutzt werden. Wo noch Lücken bezüglich der erforderlichen Information vorliegen, müssen sie durch Analogie- bzw. Plausibilitätsbetrachtungen oder Messungen ergänzt werden.

Als Grundlage für die Charakterisierung des nuklidspezifischen und stofflichen Inventars liegen die Einlagerungsdokumente und die Datenbank ASSEKAT sowie die Ergebnisse von Nachrecherchen vor. Aus der laufenden Faktenerhebung zur Rückholung der radioaktiven Abfälle liegen derzeit noch keine Ergebnisse vor; wenn diese vorliegen, sollen auch sie für die Charakterisierung der radioaktiven Abfälle verwendet werden.

Während der Bergung der Gebinde aus den Einlagerungskammern erfolgt bereits unter Tage eine visuelle Inspektion. Hier können erste Erkenntnisse zum Gebindezustand, zum Abfallprodukt, zur stofflichen Beschaffenheit und zur Kennzeichnung gewonnen werden.

Bei der Bergung ist davon auszugehen, dass die eingelagerten Fässer in der Schachtanlage Asse II hinsichtlich ihrer Integrität unterschiedliche Zustände aufweisen. Einige geborgene Fässer sind voraussichtlich noch intakt, andere

## **Block 1.1: Abfälle**

werden auf Grund mechanischer Einwirkungen oder von Korrosionen vollkommen zerstört sein. Zwischen diesen beiden Fällen sind alle Zustände zu erwarten.

Bei einer Erstuntersuchung erfolgen eine Wägung des geborgenen Gebindes, eine Durchstrahlungsmessung und eine Messung der Dosisleistung. Für die radiologische / stoffliche Charakterisierung über Tage werden übliche zerstörungsfreie und zerstörende Messtechniken eingesetzt. Hierbei handelt sich um erprobte radioanalytische Methoden wie z. B. Gammamessungen mit Fassscannern, Flüssigszintillationsmessungen für Beta-Strahler und Messkammern für Alpha-Strahler.

Durch eine geeignete Auswertung der vor der Bergung recherchierten oder im Rahmen der Bergung erfassten Daten werden möglichst einheitliche Chargen für die radiologische und stoffliche Charakterisierung gebildet. Können Gebinde einer Charge zugeordnet oder mehrere Gebinde zu einer Charge zusammengefasst werden, sind messtechnische Untersuchungen nicht mehr an jedem einzelnen Gebinde erforderlich. Es müssen dann nur noch stichprobenweise Kontrollmessungen und Plausibilitätsprüfungen durchgeführt werden, bei denen die Zuordnung zur Charge und die Angaben wie Abfallart, Aktivitätsinventar und Radionuklidzusammensetzung verifiziert werden.

Da sich abhängig von der Lesbarkeit der Kennung auf den Gebinden eine Zuordnung zum Ablieferer als schwierig erweisen kann, können andere Parameter wie

- Behältertyp (200-l-Fass mit Spannring, Hersteller, ggf. Behälterfarbe),
- Dosiskategorie (Farbring) und
- Dosisleistung

Aufschluss über die Zugehörigkeit zu einer Ablieferungscharge geben. Die Informationen aus der vorläufigen Chargenbildung werden in einer Sortieranweisung zusammengefasst und kontinuierlich weitergeführt.

Da noch nicht entschieden ist, in welches Endlager die geborgenen Abfälle eingelagert werden, ist davon auszugehen, dass sie längerfristig zwischengelagert werden müssen. Dementsprechend gelten die Vorgaben aus den ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung hinsichtlich der zu erfassenden Daten.

Ebenso wie für die Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (HAW- und MAW-Glasprodukte, kompaktierte Hülsenabfälle) liegen daher für die aus der Schachanlage Asse II geborgenen radioaktiven Abfälle auch noch keine Anforderungen bzw. Grenzwerte für die Endlagerung vor. Aufgrund der Notwendigkeit, bereits

## Block 1.1: Abfälle

heute Verfahrensqualifikationen für die Konditionierung dieser Abfälle durchzuführen, ist die Festlegung von endlagerrelevanten Eigenschaften erforderlich. Die Identifikation von endlagerrelevanten Eigenschaften soll weiter sicherstellen, dass die Sicherheitsanalysen notwendigen Daten zu den Abfallprodukten generell erfasst und frühzeitig bereit gestellt werden können. Die Festlegung von quantitativen Anforderungen kann erst am Ende dieses iterativen Prozesses stehen und ist derzeit noch nicht möglich.

Tab. 1: Endlagerrelevante Eigenschaften eines Abfallgebundes.

Nr.	Endlagerrelevante Eigenschaften
(1)	Gesamtaktivität des Abfallgebundes
(2)	Aktivität relevanter Radionuklide
(3)	Ortsdosisleistung an der Oberfläche und in 1 m bzw. 2 m Abstand
(4)	Oberflächenkontamination des Abfallgebundes
(5)	Zusammensetzung des Rohabfalls
(6)	Qualität des Abfallbehälters
(7)	Masse von Abfallgebunde, -produkt oder innerer Abschirmung
(8)	Produktzustand
(9)	Wassergehalt bzw. Restfeuchte
(10)	Thermisches Verhalten
(11)	Stapel- und Handhabbarkeit

Zunächst ist es für alle „neu“ hergestellten Abfallgebunde erforderlich, die Grundanforderungen an Abfallprodukte einzuhalten. Die Erfassung des Inventars an spaltbaren Stoffen ist für die o. g. Zielsetzung, insbesondere für den Nachweis der Einhaltung der Grundanforderungen an Abfallprodukte, von besonderer Bedeutung. Weiterhin sind mehrere nicht radiologische Aspekte bei der Behandlung und Verpackung zu berücksichtigen und nachzuweisen. So dürfen die Abfälle beispielsweise nicht faulen oder gären. Es dürfen keine selbstentzündlichen oder explosiven Stoffe zur Einlagerung gelangen. Die Gebinde müssen weitgehend drucklos an das Zwischen- und später an das Endlager angeliefert werden.

Zielsetzung der Verfahrensqualifikation ist es, die endlagerrelevanten Eigenschaften und Daten bereits bei der Konditionierung der Abfälle unter Beteiligung unabhängiger Sachverständiger im Rahmen einer Produktkontrolle so zu erfassen, dass spätere zerstörungsfreie oder zerstörende Untersuchungen an den Abfallprodukten zum Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen vermieden werden können.

## **Block 1.1: Abfälle**

Die detaillierte Festlegung der nuklidspezifisch zu erhebenden Daten zur Ermittlung und Beschreibung der endlagerrelevanten Eigenschaften erfolgt im Rahmen der Abwicklung der qualifizierten Verfahren. Auf dieser Grundlage werden die anzuwendenden Messverfahren unter Berücksichtigung verschiedener Parameter, wie z. B. Abfallart, Abfallbehälter, bereits vorliegende Daten zum Aktivitätsinventar zunächst geplant bzw. ausgewählt.

Kenntnisse zum Inventar an chemischen und chemotoxischen Stoffen in den eingelagerten radioaktiven Abfällen der Schachanlage Asse II liegen in gewissem Umfang bereits vor. Vorhandene Kenntnisse über z. B. Stoffvektoren von Misch- oder Laborabfällen, Verdampferkonzentraten sollten auf die Abfallgebinde übertragen werden können, um soweit wie möglich ohne Probennahmen und zusätzliche Analysen auszukommen. Ziel ist es, die Daten in einer Stoffdatenbank zu erfassen, um sie dann für weitere standortspezifische Untersuchungen an einem Endlagerstandort zur Verfügung zu haben.

Im Rahmen der Bergung und anschließenden Qualifizierung der radioaktiven Abfälle aus der Schachanlage Asse II für eine Endlagerung fallen eine Vielzahl von Informationen / Daten, wie z. B. Ergebnisse der visuellen Kontrolle, Messwerte zur radiologischen und Erkenntnisse zur stofflichen Zusammensetzung, Belege der durchgeführten Konditionierungsmaßnahmen an Abfällen und Behältern usw., an. Eine qualitätsgesicherte Dokumentation der bei der Bergung und anschließenden Qualifizierung für die Endlagerung anfallenden abfallspezifischen Daten / Informationen sind zunächst für die Planung der Zusammenstellung eines end- bzw. zwischenlagerfähigen Abfallgebundes notwendig (z. B. eines Konrad-Containers). Weiter hat die Dokumentation zum Zweck, dass im Rahmen der Produktkontrolle für die aus der Schachanlage Asse II rückgeholt Abfälle die endlagerrelevanten Eigenschaften belegt bzw. nachgewiesen werden können.



# **Erfahrungen bei der Konditionierung von Altabfällen**

Martina Köbler, GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH, Essen/D

## **1. Einführung**

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es radioaktive Abfallgebinde, die zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht die Konrad-Endlagerungsbedingungen erfüllen und somit der Nachqualifizierung zugeführt werden müssen. Diese Nachqualifizierung kann z. B. durch Ergänzung der stofflichen Deklaration erfolgen. Es existieren jedoch auch Altabfälle, die nach keinem qualifizierten Verfahren behandelt wurden, als Fassgebinde für das Endlager ERAM vorgesehen waren oder für die Zwischenlagerung volumenoptimiert verpackt worden und somit radiologisch überladen sind. Durch geeignete Nachqualifizierungsmaßnahmen ist es möglich, diese Abfälle in endlagerfähige Abfallgebinde zu überführen.

## **2. Anforderungen an das endlagerfähige Abfallgebinde**

Gemäß §74 (2) StrlSchV sind bei der Behandlung und Verpackung radioaktiver Abfälle zur Herstellung von endlagerfähigen Abfallgebinden Verfahren anzuwenden, deren Anwendung das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) zugestimmt hat. Diese BfS-Zustimmung kann gemäß den Endlagerungsbedingungen Konrad kampagnenspezifisch in Form eines Ablaufplanverfahrens oder kampagnenunabhängig in Form einer Verfahrensqualifikation erfolgen. Sofern die bisherige Abfallbehandlung nicht nach einem vom BfS zugestimmten Verfahren zur Herstellung von Konrad-Abfallgebinden erfolgte, so ist die Anmeldung einer Nachqualifizierungskampagne erforderlich. Dies gilt auch für Abfallgebinde, die nach einem für das Endlager ERAM zugestimmten Verfahren hergestellt wurden.

In den Konrad-Endlagerungsbedingungen sind die Abfallbehälter und deren Anforderungen beschrieben, die im Auftrag des BfS von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung überprüft werden. Abfallbehälter, die von der Form den Konrad-Behältertypen entsprechen, sind jedoch noch nicht automatisch für Konrad geeignet. Die Zulassung des jeweiligen Behälters für das Endlager Konrad erfolgt durch das BfS.

Für die Herstellung von endlagerfähigen Abfallgebinden sind aktuell die Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand Oktober 2010) - Endlager Konrad - zu berücksichtigen. Die Abfallgebinde beschreiben neben den vorgenannten Behältern auch die Anforderungen an das Abfallprodukt sowie die radiologischen und stofflichen Grenzwerte, d. h. bei der Konditionierung ist insbesondere die Erfüllung der Grundanforderungen (feste Form, nicht faulen und gären, keine freien Flüssigkeiten, etc.) oder höherwertigere Qualitätsmerkmale zu

## Block 1.1: Abfälle

berücksichtigen. Bei der Abfallbehandlung ist zudem darauf zu achten, dass ausreichende Maßnahmen zur radiologischen und stofflichen Deklaration sowie Produktkontrollmaßnahmen durchgeführt werden.

Der Nachweis, ob das hergestellte Abfallgebilde endlagerungsfähig ist, erfolgt mittels der Abfallgebindedokumentation, wobei die für das Endlager Konrad relevanten Abfallgebindedaten auf dem Abfalldatenblatt zusammengefasst sind.

### 3. Nachqualifizierungsmaßnahmen

Sofern der radioaktive Abfall nicht alle Anforderungen an das endlagerfähige Abfallgebilde erfüllt, so sind Nachqualifizierungsmaßnahmen erforderlich, die vom Zustand des Abfalls abhängig sind. Nachfolgend sind einige Beispiele genannt:

Zustand	Maßnahme
un- /vorbehandelter Abfall	Durchführung der Konditionierung
Abfallbehandlung ohne BfS-Zustimmung	Durchführung einer Nachqualifizierungskampagne
Abfallbehandlung gemäß ERAM-Ablaufplänen	Anmeldung einer Abfallkampagne für das Bundesendlager (BU-ALP)
Zustand	Maßnahme
Fassgebilde	Verpacken in Konrad-Behälter
defekter/nicht zugelassener Behälter	Umpacken der Abfallprodukte bzw. Einpacken in Konrad-Behälter
Überdruck	Durchführung von druckentlastenden Maßnahmen
fehlende Nachweise zur Produktqualität	Durchführung von Nachqualifizierungsmaßnahmen, z. B. - Datenanalyse - Gasprobenahme - visuelle Kontrolle - Trocknung - Verpressung
ungenau/veraltete Aktivitätsdeklaration	Durchführung von Nachqualifizierungsmaßnahmen, z. B. - Herkunftsanalyse - Probenahme und -analyse - Gammascan des Gebindes - Messung der Dosisleistung - Berücksichtigung von Prognosewerten - Korrelation der Konrad-Nuklide
Störfallsummenwert > 0,1	- Erhöhung der Abfallproduktqualität - Verpacken in höherwertigen Behälter, z. B. störfallfest - Verteilung der Aktivität auf mehrere Gebinde
fehlende/veraltete Dokumentation	- Datenanalyse - Beschreibung der Nachqualifizierungsmaßnahmen - Ergänzung des Konrad-Abfalldatenblattes
fehlende Stoffliche Deklaration	Beschreibung der Abfälle mittels Stoff-/Behälterlisteneinträgen unter Berücksichtigung der Abfallart und -zusammensetzung; ggf. Durchführung von visuellen Kontrollen und/oder Herkunftsanalyse

## **Block 1.1: Abfälle**

Bei der Durchführung der Maßnahmen ist immer darauf zu achten, dass die Abfallbehandlung nach einem vom BfS zugestimmten Verfahren erfolgt.

### **4. Verpackungskonzepte**

Je nach Aktivität und Abfallproduktqualität verfolgt die GNS verschiedene Verpackungskonzepte:

- a) Störfallsummenwert der Abfallproduktgruppe 01  $< 0,1$

Sofern die Abfälle die Grundanforderungen erfüllen, können diese ohne weitere Konditionierungsmaßnahmen nach einem vom BfS zugelassenen Verfahren in für Konrad zugelassene Abfallbehälter (Abfallbehälterklasse I, nicht störfallfest) verpackt werden. Ggf. sind vorab Maßnahmen zur radiologischen und stofflichen Deklaration erforderlich.

- b) Störfallsummenwert der Abfallproduktgruppe 02  $< 0,1$

Sofern die Abfälle aufgrund der Radiologie der Abfallproduktgruppe 02 zugeordnet werden müssen, jedoch - neben der Erfüllung der Grundanforderungen - auch schmelzbare oder brennbare Abfallbestandteile  $> 1\%$  enthalten, sind zusätzliche Maßnahmen (z. B. Verwendung einer feuerfesten Dichtung beim Innengebinde oder Verguss des Containers) erforderlich. Das Abfallprodukt wird in Abfallbehälter der Abfallbehälterklasse I, nicht störfallfest verpackt.

- c) Störfallsummenwert der Abfallproduktgruppe 02  $> 0,1$

Sollte das radiologische Inventar den Störfallsummenwert der Abfallproduktgruppe 02 von 0,1 überschreiten, ist das Verpacken der Abfälle in einen höherwertigen Abfallbehälter erforderlich. Im Falle der Verwendung eines störfallfesten Containers reicht es dabei aus, wenn das Abfallprodukt die Grundanforderungen erfüllt.

### **5. Praxiserfahrungen bei der Nachkonditionierung von Presslingscontainern und endlagergerechtes Verpacken von Fassgebinden**

Auf Basis der bereits vorliegenden Betriebsdokumentation werden die Presslinge aufgrund ihrer Abfallart und Dosisleistung den vorgenannten Verpackungskonzepten zugeordnet, so dass diese nach Entnahme aus den Produktcontainern und der Identifikation anhand der Nummer, Masse oder Dosisleistung in neue 200-l-Fässer - ggf. auch nach Abfallart und Kampagne - sortiert werden können. Während des Umpackens erfolgt zusätzlich eine optimale Zusammenstellung der Presslinge nach Ausnutzungsgrad des Fassvolumens bedingt durch die Presslingshöhen. Die neu erzeugten Fässer werden vollständig charakterisiert. Dazu gehören eine neue

## Block 1.1: Abfälle

Massenbestimmung, Dosisleistung, Kontamination und stichprobenartige gammaspektrometrische Scans. Mit Hilfe dieser Parameter werden die Aktivitäten der Fassgebilde ermittelt und einer Abfallproduktgruppe zugeordnet.

Die so hergestellten oder bereits bestehenden Fassgebilde werden je nach Radiologie und der erfüllten Qualitätsmerkmale des Abfallproduktes unter Berücksichtigung der Masse und der Schwerpunktlage so in einem Abfallbehälter zusammen verpackt, dass die neuen Fasscontainer jeweils einen Störfallsummenwert  $\leq 0,1$  haben. Hierzu werden ggf. an älteren Fassgebilden noch Nachqualifizierungsmaßnahmen durchgeführt bzw. die Fassgebilde mit einer feuerfesten Dichtung ausgestattet oder - nach Vorliegen einer Vorprüfaussage - im Container vergossen.

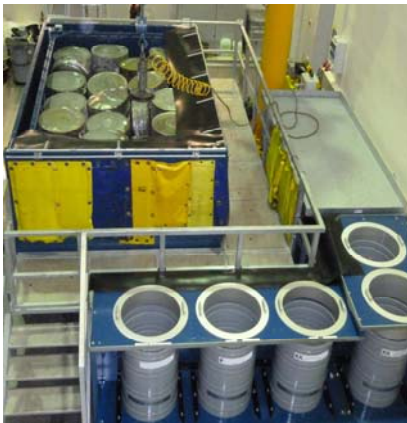


Bild 1: GNS-Umpackstation



Bild 2: Verpacken der Presslinge in Fässer



Bild 3: GNS-Verpackungs- und Verfüllstation

## 6. Fazit

Eine Nachqualifizierung von Abfällen ist erforderlich, wenn die Abfälle nicht nach einem vom BfS für das Bundesendlager zugestimmten Verfahren hergestellt wurden, der Abfallbehälter aufgrund seiner Bauart oder seines Zustandes nicht für das Endlager zugelassen ist, die Grundanforderungen nicht erfüllt bzw. der Störfallsummenwert  $> 0,1$  ist und die Endlagerfähigkeit mittels der Dokumentation nicht nachgewiesen werden kann. Durch geeignete Nachkonditionierungsmaßnahmen ist es jedoch möglich, die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen Konrad sicherzustellen. Hierzu müssen z. B. die Abfälle, die vorrangig unter dem Aspekt der Volumenreduzierung konditioniert wurden bzw. für die Ablieferung ans ERAM vorgesehen waren, umgepackt bzw. in Container verpackt werden. Im Falle der Nachkonditionierung der Presslingscontainer ist davon auszugehen, dass durch das Umpacken der Presslinge in Fässer und diese wiederum in Stahlblechcontainer ein größeres Abfallgebindevolumen entsteht.

# Kenntnisstand Abfallinventar Asse

Robert Artinger, Andrea Pangratz, Andreas Reichelt,  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Das Abfallinventar der Schachanlage Asse II ist für die Planung der Maßnahmen zur Notfallvorsorge und der Rückholung der eingelagerten Abfälle aus strahlenschutztechnischer Sicht von besonderer Bedeutung. Des Weiteren bildet das Abfallinventar auch die Grundlage für Planungen der Maßnahmen für die radiologische Charakterisierung der rückgeholt Abfälle zur Erlangung der späteren Zwischen- und Endlagerfähigkeit.

In die Schachanlage Asse II wurden in den Jahren 1967 bis 1978 insgesamt 125.787 Fässer und Gebinde mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen eingelagert. Die in die Asse eingelagerten Abfälle stammen von den Großforschungseinrichtungen, (insbesondere von den Forschungszentren Karlsruhe und Jülich), den Kernkraftwerken, der kerntechnischen Industrie (z. B. AEG, Siemens), der Brennelementfertigung (NUKEM, RBU) sowie sonstigen kleineren Forschungseinrichtungen und Ablieferern. Die Abfälle spiegeln damit hinsichtlich ihrer Herkunft den Brennstoffkreislauf (Brennelementfertigung, Stromerzeugung und Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente), die Großforschungsprojekte (insbesondere Wiederaufarbeitung, Schneller Brüter und Hochtemperaturreaktor) und die Verwendung sonstiger radioaktiver Stoffe in Forschung und Industrie in der Bundesrepublik Deutschland der 1960er und 1970er Jahre wider.

Der derzeitige Kenntnisstand des Abfallinventars in der Asse basiert auf den Angaben der Abfallablieferer, die begleitend zur Einlagerung der Abfälle in die Schachanlage Asse II erstellt wurden. Im Rahmen der Maßnahmen des Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit GSF (heute Helmholtz Zentrum München für Gesundheit und Umwelt, HMGU) zur Schließung der Asse wurden die Abfalldaten der Ablieferer in der Datenbank ASSEKAT vollständig erfasst und das Aktivitätsinventar 2002 erstmals nuklidspezifisch vervollständigt und berechnet.

Im Rahmen der Übernahme der Betreiberschaft der Schachanlage Asse II zum 1. Januar 2009 durch das Bundesamt für Strahlenschutz vom HMGU wurde das Abfallinventar von verschiedener Seite her überprüft bzw. nachrecherchiert (HMGU, TÜV NORD, Strahlenschutzkommission, Entsorgungskommission). Hierbei wurden in Bezug auf das mit der Datenbank ASSEKAT berechnete Aktivitätsinventar und die bilanzierte Kernbrennstoffmasse mehrere Unzulänglichkeiten bzw. Abweichungen festgestellt. Hervorzuheben ist hierbei eine in der ASSEKAT vorgenommene Verringerung des von den Ablieferern gemeldeten ca. 28,1 kg Plutoniums um einen Faktor von ca. 3 auf ca. 9,6 kg. Hierbei war fälschlicherweise davon ausgegangen worden, dass praktisch das gesamte Plutonium in den

## Block 1.1: Abfälle

Abfällen des Forschungszentrums Karlsruhe aus der Wiederaufarbeitung stammte. Diese fehlerhafte Reduktion der Plutoniummasse wie auch andere Defizite wurden zwischenzeitlich in der ASSEKAT behoben. Gemäß der ASSEKAT (Version 9.2.vom Februar 2010) resultiert folgendes radiologisches Abfallinventar:

- 125.787 Abfallgebinde (davon 1.293 Gebinde mit mittelradioaktiven Abfällen in der Kammer 8a/511m)
- 2,3 E15 Bq Beta/Gamma/EC-Strahler (Stichtag 1.1.2012, hiervon 5,0 E14 Bq MAW-Abfälle)
- 3,9 E14 Bq Alpha-Strahler (Stichtag 1.1.2012, hiervon 3,4 E13 Bq MAW-Abfälle)
- 28,1 kg Pu, 28,7 kg U-235, 13 g U-233 (von Ablieferern zum Einlagerungszeitpunkt als Kernbrennstoff gemeldet)

Zuletzt wurde das o. a. Abfallinventar im Auftrag des BfS durch die TÜV SÜD Industrie Service GmbH überprüft. Im Fokus stand hierbei eine Überprüfung der Kernbrennstoffmassen und des Aktivitätsinventars der in die Asse eingelagerten schwachaktiven Abfälle. Hierzu erfolgte eine Durchsicht der Einlagerungsdokumente und ein Abgleich mit den diesbezüglichen Werten in der ASSEKAT sowie eine abschließende Plausibilitätsprüfung. Als Ergebnis der Überprüfung wurden Empfehlungen formuliert, die das mit der ASSEKAT berechnete Aktivitätsinventar den eingelagerten Abfällen besser anpasst bzw. Aktivitätsunterschätzungen vermeidet. Hierzu gehört u. a. eine Anpassung des Plutoniuminventars von ca. 28,1 kg in der ASSEKAT um ca. 0,8 kg auf insgesamt ca. 28,9 kg. Dies ist in erster Linie auf eine konservative Bewertung von unterschiedlichen Plutoniumangaben in den Einlagerungsdokumenten zurückzuführen und nicht als eindeutiger Beleg einer zusätzlichen physischen Einlagerung von Plutonium zu werten. Darüber hinaus betreffen die Empfehlungen u. a. eine Korrektur von ausgewählten bei der Einlagerung deklarierten Aktivitätsangaben, eine Anpassung von abfallspezifischen Nuklidverteilungen und Berechnungsroutinen sowie eine Vervollständigung der Aktivitätsauswertung von eingelagerten Abfällen.

Eine Umsetzung aller o. a. Empfehlungen lässt hinsichtlich des Gesamtabfallinventars keine wesentlichen Änderungen erwarten. Die Empfehlungen wurden unabhängig von ihrer möglichen sicherheitstechnischen Bedeutung formuliert, um gegenüber den Randbedingungen zukünftig durchzuführender Sicherheitsanalysen möglichst offen zu sein. Unter Berücksichtigung der Empfehlungen wird das Gesamtinventar für die in die Asse eingelagerten Abfälle als ausreichend genau bewertet, um Planungen für Maßnahmen zur Notfallvorsorge vornehmen zu können.

## **Block 1.1: Abfälle**

Für die Planung von Maßnahmen zur Rückholung der Abfälle sind die möglichen Unsicherheiten des Aktivitätsinventars zu beachten, die ausgehend vom Gesamtinventar über einzelne Einlagerungskammern bis hin zu einzelnen Abfallchargen und -gebinden deutlich zunehmen. Rückschlüsse vom mit der ASSEKAT bestimmten Abfallinventar auf das Abfallinventar einzelner Gebinde werden hierbei ohne radiologische Messungen an den rückgeholt Abfällen nur bedingt bzw. nicht möglich sein.

Begleitend zur bzw. nach Abschluss der Aktualisierung des Abfallinventars in der ASSEKAT ist eine Aktualisierung und Vervollständigung der Verfahrensdokumentation zu empfehlen. Eine Überarbeitung der Struktur der Datenbank ASSEKAT ist zudem zu überdenken, um der Umsetzung zukünftiger Erkenntnisse, z. B. aus der Faktenerhebung, schneller und leichter gerecht zu werden und eine für alle Beteiligten hohe Nachvollziehbarkeit zu ermöglichen.

# Anforderungen an Bergungstechnik und bestehende Möglichkeiten

Prof. Sascha Gentes, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb umfasst in Lehre und Forschung die drei Säulen

- Bauausführung (TMBA),
- Facility Management (FM) und
- Rückbau kerntechnischer Anlagen (TMRK).

Im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten der Abteilung TMRK stehen die Technologien, die Verfahren und die ausführenden Menschen. Hierbei optimieren wir die Leistung bestehender Verfahren, wir erproben und entwickeln neuartige Verfahren und verbessern die Handhabung und die Automation von Abläufen. Das Management der Prozesse und die Arbeiterleichterung der Bediener spielen gleichermaßen eine zentrale Rolle.

Die Arbeiten im Bereich kerntechnischer Anlagen müssen neben den „konventionellen“ Anforderungen, wie z. B. der Arbeitssicherheit, auch den umfassenden Anforderungen aus dem Atomgesetz und der Strahlenschutzverordnung genügen. Das heißt, die eingesetzten Verfahren müssen genehmigungsfähig sein, insbesondere in Bezug auf den Strahlenschutz. Hinzu kommen weitere Aspekte, wie z. B. Waste Management oder auch Dekontaminierbarkeit und Schutz vor Kontaminationsverschleppung.

Das Know-how aus der Maschinenteknik des Institutes gepaart mit dem Wissen aus dem Bereich Kerntechnik wird zur Planung der Maschinenteknik für die Rückholung der Abfälle aus der Asse genutzt. Hierzu wird von der Abteilung Technologie und Management des Rückbaus kerntechnischer Anlagen die „Studie zur Eignungsfähigkeit und zum Entwicklungsbedarf von Gerätschaften/Werkzeugen für den Einsatz in der Schachanlage Asse II“ erarbeitet.

Hierbei stehen Anforderungen wie z. B. Fernsteuerung, Prozesssicherheit, Bedienbarkeit, Absaugung von Stäuben, Wartung und Arbeitsleistung im Mittelpunkt.

Aufbauend auf einer allgemeinen Recherche werden mögliche Geräte und Verfahren bewertet und untersucht. Darauf aufbauend wird am aktuellen Ist-Zustand einsetzbarer Maschinen ein Entwicklungsbedarf erarbeitet, der den benötigten Soll-Zustand widerspiegelt. Der notwendige



## **Block 1.2: Bergungstechnik und Rückholung**

Entwicklungsbedarf wird dann aufgezeigt und eine Schätzung zum Aufwand und Umfang der notwendigen Arbeiten erstellt. Somit soll am Ende der Studie ein Überblick stehen, welche Geräte am Markt vorhanden sind und welche Entwicklungsbedarfe nötig sind, um aufbauend auf dem Stand der Technik den Bedingungen der ASSE gerecht zu werden. Dies ist nötig, da die aktuellen Verfahren und Maschinen, die der Markt bietet, nicht ohne umfassende Entwicklungen und Optimierungen zur Rückholung der Abfälle eingesetzt werden können.

# **Erfahrungen beim praktischen Einsatz fernmanipulierter Technik (in der Kerntechnik)**

Dr.-Ing. Michael Gustmann, Kerntechnische Hilfsdienst GmbH

Seit den 1960er Jahren wird in der Kerntechnischen Hilfsdienst GmbH (KHG) und ihrer Vorgängerorganisation, dem Kerntechnischen Hilfszug, Fernhantierungstechnik entwickelt und eingesetzt. Aufbauend auf diesen Erfahrungen werden im Beitrag alle technischen Bereiche zwischen dem Arbeitsplatz der Bediener über die Leitstands-Konfiguration und die Datenübertragung bis hin zum Kamera unterstützten Einsatz der Handhabungssysteme und der angewendeten Bearbeitungsverfahren vorgestellt.

Neben grundlegenden Unterscheidungen hinsichtlich der System-Mobilität und der Bedienpersonal-Einbindung wird der Erfahrungsgewinn durch reale Einsätze erläutert, der in die Konzeption und Spezifikation neuer Geräte einfließt. Anhand zweier Beispiele aus dem vorhandenen Gerätepark der KHG lässt sich die Systematik der Konzeption von Fernhantierungstechnik für einen vielfältigen Einsatzbereich erkennen.

Die sichere Bedienbarkeit des Systems unter Berücksichtigung des Strahlenschutzes und die zuverlässige Kommunikation zwischen dem Leitstand und dem eingesetzten Endeffektor, z. B. mit Hilfe von Relais-Technologie, werden ebenso angesprochen wie die Komponenten zur Bedienerunterstützung in Form strahlentoleranter Kameras und Umgebungs-Sensorik.

Eine Zusammenfassung der Erfahrungen unter Berücksichtigung neuerer Erkenntnisse aus dem Einsatz von Fernhantierungstechnik nach dem Reaktorunglück in Japan rundet die Darstellung ab und zeigt die praktische Anwendung auf ein laufendes Inbetriebnahme-Projekt neuer Gerätschaften.

# Planungsanforderungen an die Rückholung am Beispiel einer Konzeptskizze

Dirk Laske, Bundesamt für Strahlenschutz

Aufgrund des desolaten Zustands des Salzgebirges in der heutigen Schachtanlage Asse II müssen zunächst alle nicht mehr notwendigen Grubenräume verfüllt und hierdurch die Schachtanlage bestmöglich stabilisiert werden. Erst nach der Stabilisierung und einer sich hieraus ergebenden Spannungsumlagerung können neue Zugangs- und Ausrichtungsstrecken zu den Einlagerungskammern aufgefahren werden. Dies ist unabhängig vom Sohlenniveau, von dem aus Kammerzugangs- und Ausrichtungsstrecken neu aufgefahren werden.

Im Rahmen einer Konzeptskizze hat die DMT GmbH & Co. KG verschiedene Zugangsvarianten zu den Einlagerungskammern identifiziert und miteinander verglichen. Hierbei wurden Zugangsvarianten von unterschiedlichen Niveaus aus betrachtet. Insgesamt lassen sich mehrere Zugangsvarianten identifizieren, die für die Rückholung der auf der 750- und 725-m-Sohle eingelagerten Abfälle geeignet wären.

Eine wesentliche Fragestellung für die Planung ist die Genehmigungsfähigkeit des Vorhabens, d. h. im Rahmen der Planungsarbeiten muss die technische Realisierbarkeit sowie die Funktionsfähigkeit der einzelnen Komponenten und Systeme gezeigt und es müssen die für die Genehmigungserlangung notwendigen Nachweise geführt werden. Dies gilt sowohl für den bestimmungsgemäßen Betrieb als auch für die zu berücksichtigenden möglichen Störfälle.

Die wesentlichen Planungsanforderungen für die vorgesehene Rückholungsplanung lassen sich in drei Bereiche einteilen:

- Rechtliche Anforderungen
- Sicherheitliche Anforderungen
- Betriebliche Anforderungen

Zum Beispiel muss bezüglich der bergbaulichen Sicherheit der Nachweis des Erhalts der Gebirgsintegrität bei der Auffahrung von neuen Kammerzugangs- und Ausrichtungsstrecken betrachtet werden. Hierbei gilt es nachzuweisen, dass bei bzw. nach der Auffahrung das Minimalspannungskriterium eingehalten wird. Bei Verletzung dieses Kriteriums könnte Deckgebirgslösung in die neu aufgefahrenen Strecken eindringen und im schlimmsten Fall zu einem unkontrollierbaren Lösungseinbruch führen.

# **Anforderungen an und Realisierungsmöglichkeiten für ein Schleusensystem für die Rückholung**

Dr. Jörg Feinhals, DMT GmbH

Im Rahmen des Projekts „Rückholung der radioaktiven Abfälle aus dem Endlager Asse – Faktenerhebung zur Beurteilung der Strahlenexposition bei der Rückholung“ werden in drei Schritten durch Anbohren und Öffnen der Einlagerungskammern (ELK) 7/750 und 12/750 sowie dem probeweisen Bergen von eingelagerten Abfallgebänden Erkenntnisse über den Zustand der ELK und der Abfallgebände gewonnen. Gleichzeitig werden dabei alle Vorgehensweisen, Verfahren und technischen Einrichtungen dahingehend ausgelegt und erprobt, dass deren Weiternutzung im Hinblick auf die technische Eignung, die Gebirgsbeherrschung und genehmigungsrechtliche Aspekte in der Rückholung gegeben ist. Folglich sind die im Rahmen des Schrittes 2 der Faktenerhebung (Öffnen von ELK 7/50 und ELK 12/750 und die Bewertung von Kammer- und Gebindezustand) geplanten Schleusensysteme derart ausgelegt, dass eine Weiternutzung während der Rückholung bei allen in den Überlegungen zur „Konkretisierung der Machbarkeitsstudie zum optimalen Vorgehen bei der Rückholung der LAW Gebinde“ entwickelten und bevorzugten Ausrichtungsvarianten möglich ist. Die grundsätzlichen Anforderungen für ein solches Schleusensystem sind

- die Vermeidung von Kontaminationsverschleppung,
- die Trennung von Strahlenschutzbereichen,
- die Eingrenzung von Auswirkungen bei Störfällen
- sowie die Zutrittssicherung verschiedener Bereiche (Strahlenschutz und Anlagensicherung).

Daher werden die Schleusensysteme im Rahmen der oben genannten Arbeiten u. a. mit einem sogenannten Doppeldeckelsystem so geplant und ausgelegt, dass loses Material und auch Abfallgebände kontaminationsfrei verpackt werden können. Ebenso können Material, Großkomponenten und Personen separat geschleust werden. Darüber hinaus steht ein Bereich für Instandsetzungs- und Dekontaminationsarbeiten zur Verfügung. Die Schleusensysteme folgen dabei einem zweistufigen Sicherheitskonzept, in dem der Innere Arbeitsbereich direkt vor der ELK durch eine sogenannte Innere Schleuse von dem Äußeren Arbeitsbereich abgetrennt ist. Der Äußere Arbeitsbereich wird wiederum durch eine sogenannte Äußere Schleuse vom Sonstigen Grubenraum abgetrennt.

Für das im Rahmen der Faktenerhebung bei dem Öffnen der ELK entstehende Haufwerk sowie Versatz- und Versturzmateriale, welches aus der ELK gewonnen wird, ist ein geeignetes Behälterkonzept zu wählen.

## **Block 1.2: Bergungstechnik und Rückholung**

Aufgrund der begrenzten Fördermöglichkeiten über den Schacht Asse 2 bis zur Fertigstellung und Inbetriebnahme des Schachtes Asse 5 ist ein 400-l-Fass als Umverpackung geplant. Für die probeweise Bergung von Abfallgebinden und die Rückholung ist jedoch eine größere Umverpackung, z. B. in Kleincontainern, erforderlich, da 400-l-Fässer nicht geeignet sind als Umverpackung beispielsweise für VBA-Gebinde. Die Schleusen sind daher so ausgelegt, dass sie ein Abfüll- und Transportsystem für 400-l-Fässer, für Kleincontainer oder eine Kombination von beiden aufnehmen können.

Während eine Äußere Schleuse immer zentral entsprechend der gewählten Ausrichtungsvariante angelegt werden kann, können die Inneren Schleusen ebenfalls zentral angelegt oder aber aus mehreren kammernahen Inneren Schleusen realisiert werden. Bei dem zentralen Schleusensystem umfasst der Innere Arbeitsbereich fast vollständig die Ausrichtungs- und Kammerzugangsstrecken und ist somit deutlich größer als beim kammernahen Schleusensystem. Das kammernahe Schleusensystem mit einer höheren Anzahl Innerer Schleusen belässt dagegen fast nur die Kammerzugangsstrecken zu den jeweiligen Einlagerungskammern als Inneren Arbeitsbereich. Die Auswahl der verschiedenen Schleusenstandorte und -systeme beeinflusst deutlich die Planung der Tätigkeiten zur Rückholung der Abfälle insbesondere hinsichtlich Gebirgsbeherrschung, aber auch aus radiologischer Sicht.

Die beiden – anhand der Lage unterschiedlich ausgelegten – Schleusensysteme haben jeweils Vor- und Nachteile, die in der weiteren Planung abzuwägen sind. Hierbei ist sowohl der Kontaminationsgrad des Bereiches vor der Inneren Schleuse als auch die Fernbedienbarkeit von Geräten über längere Strecken zu beachten. Auch die Bedingungen für ggf. notwendige Nachschneidearbeiten sowie der entsprechende Raumbedarf sind aus Sicht der Gebirgsbeherrschung hierbei zu berücksichtigen.

Für die beiden grundsätzlichen Realisierungsmöglichkeiten eines zentralen und eines kammernahen Schleusensystems sind daher aus einer Grundvariante verschiedene, für die jeweilige Positionierung im Grubengebäude optimierte Realisierungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Gebirgsschonung, z. B. durch Trennung der verschiedenen Bereiche der Schleusen in mehrere Strecken geringeren Querschnitts, entwickelt worden.

Die im Rahmen der Faktenerhebung entwickelten Schleusensysteme erfüllen neben den grundsätzlichen Anforderungen an Schleusen in kerntechnischen Bereichen auch die besonderen Anforderungen und Randbedingungen für die Rückholung der eingelagerten radioaktiven Abfälle aus einem Bergwerk (Schachanlage Asse II). Es werden Realisierungsmöglichkeiten geplant, die für die Rückholung geeignete Behälterkonzepte unterstützen und aus Aspekten der Gebirgsbeherrschung und aus radiologischer Sicht optimierte Lösungen für den Einsatz in allen betrachteten Varianten liefern.

# Faktenerhebung - Ergebnisse und Erfahrungen

Dipl.-Ing. Gisbert Terbach, Asse-GmbH

Die Asse-GmbH betreibt nach umfangreicher Vorbereitung seit Juni 2012 an der Einlagerungskammer (ELK) 7/750 den Schritt 1 der Faktenerhebung, bei dem der Zustand der ELK und des umgebenden Gebirges (Schweben, Sohle, Pfeiler) sowie mögliche Hohlräume in der ELK erkundet werden sollen.

Den eigentlichen Bohrarbeiten gingen ein umfangreiches Erprobungsprogramm und ein aufwändiges atom- und bergrechtliches Genehmigungs- und Zulassungsverfahren voraus.

Im Zeitraum zwischen Juni 2012 und August 2013 wurden zwei Bohrungen mit anschließendem Mess- und Erkundungsprogramm (geophysikalische Messungen, u. a. Radar Sondierungen) durchgeführt:

- Bohrung A 1 (06/12-01/13, Durchörterung des Verschlussbauwerks und mögliche Erkundung eines Hohlraums im Bereich der Firste der ELK): Die Durchführung der Bohrung wurde dadurch wesentlich erschwert, dass bereits nach kurzer Zeit eine Bitumenschicht angetroffen wurde, die sich in ihren technischen Eigenschaften anders verhalten hat, als ursprünglich angenommen. Im weiteren Bohrlochverlauf wurde durch Radar Sondierungen aus dem Bohrloch der tatsächliche Verlauf der Firstkontur dargestellt.
- Bohrung A 3 (04/13-08/13): Die Bohrung A 3 war im ursprünglichen Bohr- und Erkundungsprogramm nicht vorgesehen. Sie wurde basierend auf den Erkenntnissen der erwähnten Radar Sondierungen sowie einer zusätzlichen Stoßkonturmessung alternativ zur Bohrung A 2 entwickelt und geplant. Sie führte am Verschlussbauwerk vorbei durch den Pfeiler in Richtung der ELK. Bei einer Teufe von ca. 23 m wurde die ELK, nach weiteren 0,2 m ein VBA-Gebinde erreicht.

Der notwendige Aufwand für die Auflagenbearbeitung aus der atomrechtlichen Genehmigung sowie die Anpassung des betrieblichen Regelwerks an die Erfordernisse der Bohrungen hat einen wesentlich größeren Umfang angenommen, als ursprünglich eingeschätzt.

Die bisher durchgeführten Bohrungen und Erkundungen lieferten wertvolle Erkenntnisse über die Eignung des Geräts sowie über den Zustand der ELK, welche bei der Planung der weiteren Erkundungen genutzt werden.

## Block 2.1: Lösungszutritte

# Salzlösungszutritt Asse – Prognosemöglichkeit, Erkundung, Gegenmaßnahmen

Andreas Jockel, ERCOSPLAN Ingenieurgesellschaft Geotechnik und Bergbau mbH

Dr. Grit Gärtner, Dr. Jens Führböter, Bundesamt für Strahlenschutz

Im Rahmen des laufenden Monitoringprogramms zur Überwachung der in der Schachanlage Asse II festgestellten Austritte von Salzlösungen werden Untersuchungen zur Erfassung der hydrologischen, hydrochemischen und isotonenphysikalischen Charakteristik der Salzlösungen durchgeführt. Sowohl für die Auslegung dieses Überwachungssystems wie auch für die Wertung und Interpretation der damit erzielten Ergebnisse wurden Methoden und Erfahrungen aus der mehr als 170jährigen Betriebsgeschichte konventioneller Kalisalzbergwerke adaptiert und ferner auch Ergebnisse aktueller Forschungsarbeiten einbezogen.

Im Jahr 2012 wurden an 47 Austrittsstellen innerhalb des Grubengebäudes folgende Daten erhoben:

- hydrologische Parameter der ausgetretenen Salzlösungen
  - tägliche bzw. wöchentliche Erfassung der austretenden Lösungsvolumen (mit insgesamt mehr als 8.000 Einzeldaten)
  - Erfassung der in-situ Dichte und Temperatur der Lösungen sowie der Viskosität, des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit (für mehr als 400 Proben)
- hydrochemische Parameter für mehr als 400 Proben der ausgetretenen Salzlösungen unter Angabe der Konzentration für
  - die Hauptelemente und -verbindungen Na, K, Mg, Ca, Cl, SO<sub>4</sub>
  - sowie
  - die Spurenelemente C, Br, Rb, Li, Sr, Mn, Fe, Cu, Pb, B, Zn, Cs, Cd, Cr, Co, Ni, P, Al, Ba und U
- isotonenphysikalische Parameter der salinaren Lösungen in aufgabenspezifischen Messkampagnen.

Im Ergebnis dieses Überwachungsprozesses liegen für die auf Grund der bergbausicherheitlichen Bedeutung besonders unter Beobachtung stehenden Austrittsstellen entlang der Südflanke der Schachanlage Asse II Messreihen vor, die einen Zeitraum von mehr als zwei Jahrzehnten umfassen. Diese erlauben Feststellungen zur Verlagerung von Austrittslokalationen sowie der zeitlichen Veränderungen von Austrittsraten und den chemischen Zusammensetzungen der Salzlösungen. Alle diese

## **Block 2.1: Lösungszutritte**

Ergebnisse sind wichtige Eingangsgrößen für die Bewertung arbeits- und/oder bergbau- bzw. auch langzeitsicherheitlicher Aspekte.

Ein nationaler und internationaler Vergleich von Überwachungs- und Erkundungsmaßnahmen zeigt, dass das an der Schachanlage Asse II installierte Monitoringsystem sowohl hinsichtlich seines Umfangs als auch der Art der Untersuchungen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik entspricht. Die Erarbeitung belastbarer Prognosen zur künftigen Entwicklung der Salzlösungsausstritte ist allein anhand dieser Messreihen nicht möglich und aufgrund fehlender Kenntnisse zu hydraulischen Kenndaten des postsalinaren Deck- und Nebengebirges grundsätzlich schwierig. Dies hat zum einen seine Ursachen in der komplexen strukturgeologischen Situation der Salzstruktur Asse und insbesondere in der fehlenden hydraulischen Charakterisierung der für die Zutrittspfade maßgeblichen Bruchstörungen. Auch das methodische Inventar der hydrochemischen und isotonenphysikalischen Provinienzanalyse ist nur eingeschränkt nutzbar, da die Salzlösungen des Zutrittskomplexes an der Südflanke bereits durch Kontakt mit den im Bergwerk aufgeschlossenen Salzgesteinen, Grubenwettern und bergmännisch eingebrachten Versatzmaterialien verändert worden sind. Eine Weiterverfolgung der Fließpfade in das Neben- und Deckgebirge der Salzstruktur könnte diese methodischen Defizite zwar überwinden, scheidet aber aufgrund bergbausicherheitlicher Besorgnisse aus.

Das hinsichtlich der bestehenden Kenntnisdefizite bislang konzipierte geowissenschaftliche Programm umfasst

- Messstellenfunktionstests der vorhandenen Grundwassermessstellen
- Geologische Erkundungsarbeiten
  - Durchführung von Erkundungsbohrungen im postsalinaren Deckgebirge zur Verbesserung der Datenbasis
  - Revisionskartierung der Salzstruktur Asse
  - 3D-seismische Messungen.

Im Vortrag werden diese Ergebnisse synoptisch vorgestellt und exemplarisch interpretiert.



# Möglichkeiten und Grenzen der Zuflussmodellierung

Dr. J. Poppei, Dr. G. Resele, AF-Consult Switzerland AG, Baden, Schweiz

Dr. J. Führböter, Bundesamt für Strahlenschutz

Vor dem Hintergrund der Betriebssicherheit der Schachtanlage Asse II besteht ein nachvollziehbares Interesse,

- über Prognosen zur möglichen Entwicklung des Lösungszutritts mit möglichst weitem Zeithorizont zu verfügen,
- Frühindikatoren für bevorstehende wesentliche Änderungen zu kennen und diese zu überwachen und
- eine Bewertungsgrundlage zu haben, um vorgesehene Maßnahmen mit möglichem Einfluss auf den Lösungszutritt beurteilen zu können.

Diese Wünsche können – wenn überhaupt – höchstens mit einem Modell und i. d. R. lediglich teilweise erfüllt werden. Die Begriffe „Modell“ und „Modellierung“ umfassen hier allerdings mehr als die Bereitstellung und Anwendung eines Rechencodes mit zugehörigen Eingangsdaten. Die Modellierung, d.h. der Aufbau und die Anwendung eines Modells, umfasst mehrere Schritte, die sukzessive auszuführen sind: (1) Definition des zu modellierenden Systems und Bezeichnung der zu modellierenden Systementwicklung bzw. Systemreaktion auf externe Einflüsse, (2) Identifikation der relevanten Prozesse und Wahl der explizit zu modellierenden Prozesse, (3) Entwicklung des konzeptuellen Modells (modellmäßige Beschreibung der berücksichtigten Prozesse und deren Abhängigkeiten von inneren und äußeren Einflüssen, Vereinfachungen) sowie Benennung der maßgebenden Parameter, (4) wertmäßige Eingrenzung der maßgebenden Parameter und (5) Aufbau und Anwendung eines quantitativen, i.d.R. rechnergestützten Modells auf der Basis der Ergebnisse von (3) und (4).

Dabei sind alle zur Modellierung erforderlichen Schritte mit Ungewissheiten verbunden. Die Schritte (2), (3) und (4) erfordern systemspezifische Informationen. Wo Informationslücken bestehen, sind diese mit möglichst plausiblen Hypothesen und Annahmen zu überbrücken. Diese Hypothesen und Annahmen sind zu dokumentieren, im Verlauf der weiteren Arbeiten nach Möglichkeit zu überprüfen und in jedem Fall bei der Bewertung von Modellresultaten einzubeziehen. Zeigt der Vergleich von Modellergebnissen und Beobachtungen, dass eine oder mehrere der Hypothesen oder Annahmen unplausibel oder falsch sind, sind sie zu ersetzen und die entsprechenden Schritte der Modellierung zu wiederholen.

Die Umsetzung der genannten Schritte im Zusammenhang mit der Zuflussmodellierung wird im Vortrag dargelegt. Dazu werden in einem

## **Block 2.1: Lösungszutritte**

ersten Teil die Beobachtungen und die relativ belastbaren Kenntnisse zum Lösungszutritt rekapituliert und durch Hypothesen ergänzt. In einem zweiten Teil wird ein konzeptuelles Modell skizziert, das vom Modellierer als qualitativ kompatibel mit den Beobachtungen und Hypothesen eingestuft wird. Im dritten Teil werden die maßgebenden Parameter benannt und das Vorgehen zur Ermittlung ihres möglichen Wertebereichs beschrieben. Gegenstand des vierten Teils sind ausgewählte Ergebnisse einer Zutrittsmodellierung, die mit dem beschriebenen Vorgehen durchgeführt wurde. Durch Aufzeigen der Zusammenhänge zwischen den verwendeten Hypothesen und Annahmen und den Modellergebnissen werden die Möglichkeiten und Grenzen der Zuflussmodellierung dargelegt.

Als Schlussfolgerung ist zu vermerken, dass das entwickelte Zuflussmodell,

- aufgrund der bestehenden Informationslücken zu den Verhältnissen im Deckgebirge und zum nicht beobachteten Anteil des Lösungszutritts auf mehreren Hypothesen und Annahmen beruht, damit signifikante Ungewissheiten aufweist und
- deshalb die mögliche künftige Entwicklung des Lösungszutritts und dessen mögliche Veränderung aufgrund externer Einflüsse höchstens in gewissem Maße eingrenzen kann.

## Block 2.1: Lösungszutritte

# Handlungsoptionen zur Beeinflussung des Zuflussrisikos und der radiologischen Konsequenzen

Dr. Christoph Pieper, CDM Smith

Die seit der Machbarkeitsstudie von 2009 gewonnenen Erfahrungen lassen für die Rückholung einen langen Offenhaltungsbetrieb erwarten. Vor diesem Hintergrund kommt sowohl der technischen Beherrschung des Lösungszutritts über lange Zeiträume als auch der Minimierung der radiologischen Konsequenzen eine besondere sicherheitliche Bedeutung zu.

Die wesentlichen Handlungsoptionen dazu sind in die bekannte Notfallplanung eingegangen. Diese zielen u. a. sowohl auf die Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines technisch nicht mehr beherrschbaren und damit auslegungsüberschreitenden Lösungszutritts (AÜL) als auch auf die Minimierung der radiologischen Konsequenzen. Umfangreiche Vorsorgemaßnahmen der Notfallplanung sollen bis ca. 2024 die Notfallbereitschaft herstellen, um nach Eintritt des Notfalls die eigentlichen Notfallmaßnahmen umsetzen zu können.

Die aktuelle Situation des Lösungszutritts mit der weitgehenden Konzentration auf Abbaureihe 3 und fast vollständiger Fassbarkeit auf der Folie in Abbau 3/658 kann sich durch Veränderungen der Menge, der Fließwege und der Lösungszusammensetzung jederzeit verändern. Für die Planung des Erhalts und möglicherweise Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Drainage im Abbau 3/658 werden aktuell Konzepte erarbeitet. Als zusätzliche Zwischenspeicher für Lösungen und Hohlraum für die Verfestigung von radioaktiv kontaminierter Salzlösung im Notfall wurden auf der 800-m-Sohle 4 Sumpfstrecken aufgefahren. Die Maßnahmen zum Ausbau des Lösungsmanagements auf eine Kapazität von 500 m<sup>3</sup>/Tag befinden sich aktuell in der Beschaffung. Die Entsorgung insbesondere radioaktiv kontaminierter Lösung ist bisher auf geringe Mengen begrenzt. Für die Verarbeitung von Lösungen des Typs C<sub>1</sub> wird eine mobile Baustoffanlage beschafft, die die radioaktiv kontaminierte Salzlösung als Anmachflüssigkeit für Sorelbeton verwenden kann.

Mit der Erkundungsstrecke nach Süden aus Abbau 3/750 wurde eine Schwachstelle der Salinarbarriere durch eine Strömungsbarriere abgedichtet. Als weitere Schwachstelle wurde der Kopf von Blindschacht 2 verfüllt.

Die Firstspaltverfüllung soll die weiter andauernden Verformungen der Südflanke begrenzen. Sie ist zu ca. 35 % umgesetzt.

Die Optionen zur Konsequenzenminimierung werden erforderlich, weil die Optionen zur Beeinflussung des Zuflussrisikos insgesamt eingeschränkt sind. Sie sollen die Konvergenz behindern, die noch vorhandene Abdichtfunktion

## **Block 2.1: Lösungszutritte**

des Gebirges erhalten, die bergmännischen Hohlräume abdichten und die Menge an Hohlraum für zulaufende Lösungen begrenzen. Am Beispiel des Blindschacht 1 sowie des Bereichs vor Einlagerungskammer 12/750 werden der Stand der Arbeiten und die technischen Abhängigkeiten zwischen Minimierung der Konsequenzen und betrieblicher Umsetzung aufgezeigt. Zunehmende Entfestigungen insbesondere auf der 750-m-Sohle gefährden nicht nur die Stand- und Arbeitssicherheit, sondern erschweren auch die technische Umsetzung der Konsequenzenminimierung und führen ggf. zu einer geringeren Wirksamkeit der vorgesehenen Vorsorgemaßnahmen.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die vorhandenen Optionen zur Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit des Notfalls und der Konsequenzen gemäß Notfallplanung umgesetzt werden. Die zunehmenden Entfestigungen auf der 750-m-Sohle erfordern eine dringliche Umsetzung der Konsequenzenminimierung, wenn die gewünschte Wirksamkeit der Vorsorgemaßnahmen erreicht werden soll.

# Ergebnisse und Grenzen gebirgsmechanischer Prognosen am Beispiel der Schachtanlage Asse II

Dr.-Ing. habil. Peter Kamlot, Dr.-Ing. Ralf-Michael Günther,  
Institut für Gebirgsmechanik Leipzig

Dr. Grit Gärtner, Bundesamt für Strahlenschutz

Die gebirgsmechanische Bewertung der Pfeiler und Schweben, Abbaue und Streckensysteme im Bergwerk Asse II stellt aufgrund der komplizierten Geologie in dem Salzstock, des intensiven Auffahrungsgrades in den drei Baufeldern im Leine- und Staßfurtsteinsalz bzw. im Carnallit, der langen Standzeit sowie des festigkeitsverringernenden Einflusses durch Salzlösungen eine besondere Herausforderung dar. Das IfG Leipzig führt seit 1997 gebirgsmechanische Modellrechnungen mit dem Ziel durch, die großräumigen Wechselwirkungen zwischen den sich entfestigenden Tragelementen und dem gleichfalls gebrächen unmittelbaren südlichen Deckgebirge sowie dem stabilisierenden Versatzdruckaufbau nachzuvollziehen und zu bewerten. Für die Modellierung der standorttypischen Entfestigungs- und Bruchprozesse sowie der Dilatanz kommt dabei ein am IfG entwickelter visko-elasto-plastischer Stoffansatz zur Anwendung, der diese Phänomene in Interaktion mit dem zeitabhängigen Kriechen simuliert. Das Materialverhalten, inkl. des Lösungseinflusses, wurde in eigenen Laborversuchen ermittelt.

Im Vortrag werden zunächst die Auffahrungsparameter des Baufeldes an der Südflanke mit den daraus resultierenden Entfestigungs- und Brucherscheinungen sowie die Überzugswirkungen auf das südliche Deckgebirge mit dem Integritätsverlust der Steinsalzbarriere dokumentiert. Da eine Prognose der gebirgsmechanischen Entwicklung nur mit Rechenmodellen möglich ist, erfolgt eine Kurzbeschreibung der verwendeten Prognosemodelle mit der Darlegung der wichtigsten Befunde. Die Rechenergebnisse müssen, damit eine Prognose gerechtfertigt ist, mit den bisherigen Daten der Standortüberwachung übereinstimmen. Folgende Modelle kamen zur Anwendung:

### 3D-Streifenmodell in streichender Bergwerksmitte:

Breite 6,3 km und Höhe 2,5 km, streichende Erstreckung 36 m ( $\frac{1}{2}$  Pfeiler und  $\frac{1}{2}$  Abbau). Untersuchung der Lastumlagerungen aus dem Bergwerk auf das südliche Deckgebirge mit geringer Festigkeit und tektonischer Strukturierung, Simulation des horizontalen Verschiebungsanteils mit 90 % aus südlicher Richtung, Applizierung eines zusätzlichen Lösungsdruckes in diskreten Scherbändern.

## **Block 2.2: Gebirgsmechanik**

Berechnung der Bruchprozesse in den Schweben und Pfeilern, Lastumlagerungen auf das südliche Deckgebirge in Bergwerksmitte, Modellierung des Versatzdruckaufbaus mittels Randkräften, Prognose der Entwicklung bis 2020.

### 3D-Modell des halben Bergwerkes:

Abmessungen querschlägig 6,3 km, streichend 0,6 km, Höhe 2,5 km, äquivalente Fortsetzung der Geologie und Geometrie aus Bergwerksmitte in streichende Richtung. Räumlich/zeitliche Modellierung der Auffahrungen, des Versatzeinbringens und der Firstspaltverfüllung, Untersuchung der großräumigen Bruchprozesse, Simulation des Versatzes mit einem speziellen Stoffmodell, Prognose der Konvergenzentwicklung.

### 3D-Modell des halben Bergwerkes:

Abmessungen und Stoffmodelle unverändert, Geologie und Geometrie entsprechend des Risswerkes. Räumlich/zeitliche Modellierung der Auffahrungen und des Versatzeinbringens inkl. der Firstspaltverfüllung, Untersuchung lokaler Bruchprozesse. Bewertung und Prognose des Offenhaltungsbetriebes inkl. Faktenerhebung, etwa 2,7 Mio. Elemente.

Es liegt eine Prognose der Deckgebirgsverschiebungsraten unter dem Vorbehalt, dass sich die wesentlichen Systembedingungen der bisherigen Entwicklung nicht ändern, bis 2020 vor. Insbesondere wird ein weiterer Versatzdruckaufbau vorausgesetzt und es dürfen keine plötzlichen Scherbewegungen im südlichen Deckgebirge bzw. gebirgsmechanisch signifikante Zuflusssteigerungen auftreten. Aufgrund der Systeminstabilität und Sensitivität müssen die Modelle mittels der Daten der Standortüberwachung fortlaufend überprüft und ggf. angepasst werden.

Neben der Prognose des großräumigen Systemverhaltens wird zukünftig zunehmend die Notwendigkeit gesehen, lokale gebirgsmechanische Probleme des Offenhaltungsbetriebes zu bewerten und die Befunde der Faktenerhebung für eine Planung der Rückholung zu analysieren.

# Nutzen und Grenzen hydraulisch-mechanisch gekoppelter Berechnungen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Joachim Stahlmann, Dipl.-Ing. Christian Missal  
Technische Universität Braunschweig

*„Historiker erzählen, wie es war; Philologen, was Texte meinen; Physiker und Biologen erklären uns, wie die Welt ist, Philosophen, wie sie sein soll; Mathematiker verknüpfen logische Gebilde, die es gar nicht gibt; und Astronomen sehen nur das, was längst Vergangenheit ist. Doch Ingenieure, die haben es ungleich schwerer: Die arbeiten daran, was erst in der Zukunft sein wird. Insbesondere Bauingenieure verändern sehr sichtbar die Welt und dies oft irreversibel. Daher sind sie nicht nur für ihre Werke direkt verantwortlich, sondern auch für die gestaltete Welt, die sie zukünftigen Generationen hinterlassen.“*

(nach Heinz Duddeck, 2010)

Ingenieure haben das Verhalten der gebauten Umwelt derart zu bewerten, dass keine Gefahren für die Umwelt daraus entstehen. Hierzu ist es erforderlich, die Realität in Modelle zu überführen, die es ermöglichen, die zukünftige Entwicklung zu prognostizieren. Realität ist aber höchst komplex und so ist es unumgänglich Idealisierungen bzw. Vereinfachungen vorzunehmen. Die Kunst dabei ist, die Modelle so zu wählen, dass entsprechend der Aufgabenstellung ausreichend tragfähige Aussagen generiert werden.

Der Spannungszustand in einem wassergesättigten Untergrund setzt sich aus den effektiven und den neutralen Spannungen zusammen. Dabei ist die effektive Spannung bedingt durch den Kontakt der Körner im Untergrund, die neutrale Spannung resultiert aus dem in allen Richtungen in gleicher Größe wirkendem Wasserdruck (an dieser Stelle sei bemerkt, dass der Begriff Wasserdruck als Synonym für alle inkompressiblen flüssigen Medien verwendet wird). Hieraus resultiert, dass zwar die Körner unter Auftrieb stehen, aber die Verschiebungen im Korngerüst ausschließlich durch die effektiven Spannungen bedingt sind. Diese Situation lässt sich in mechanischen Berechnungen mit ausreichender Genauigkeit abbilden. Anders wird es, wenn das Wasser aufgrund eines Potentialunterschiedes in einem permeablen Medium strömt. Infolge der Strömungswiderstände werden gerichtete Volumenkräfte in dieses Medium eingetragen, die Auswirkungen auf das Korngerüst und damit die Verschiebungen in diesem haben. Von besonderer Bedeutung ist dies, wenn es in dem betrachteten

## **Block 2.2: Gebirgsmechanik**

Ausschnitt des Untergrundes, wie einem Abdichtungsbauwerk mit Kontaktzone, Auflockerungszone und Wirtsgestein, infolge von Permeabilitätsunterschieden und damit Strömungswiderständen zu unterschiedlich schnellem Fortschreiten der Fluidfront führt. Um dies zu erfassen sind gekoppelte hydraulisch-mechanische Berechnungen erforderlich. Gegenüber den reinen mechanischen Berechnungen stellen sie eine weitere Annäherung an die realen Verhältnisse dar, enthalten aber immer noch Idealisierungen und vereinfachende Annahmen. So ist es beispielsweise von großer Bedeutung, welche Art von Strömungsmodellen den Berechnungen zugrunde gelegt wird. Üblich ist der Ansatz poröser Medien, deren Durchströmung mit dem Darcyschen Gesetz hinreichend genau beschrieben werden kann. Allerdings liegt weder mit Fels, noch mit Salzgestein ein klassisches poröses Medium vor. Vielmehr handelt es sich hier um Medien, deren Durchströmung eher mit Kluftströmungsmodellen beschreibbar sind. Nur durch vereinfachende Annahmen lässt sich das reale Verhalten hier in das Verhalten eines porösen Mediums überführen. Damit stellt sich die Frage, ob ein Erkenntnisgewinn mit dem Ansatz hydraulisch-mechanisch gekoppelter Berechnungen für ausgewählte Fragestellungen wirklich erzielbar ist. Noch kritischer wird es, wenn die Ingenieurmodelle zum System, beispielsweise Wirtsgestein-Auflockerungszone-Kontaktzone-Abdichtungsbauwerk, der Realität nicht ausreichend entsprechen.

Die Abbildung der Realität in mathematischen Modellen und Ingenieurmodellen wird nie vollständig gelingen. Die Kunst wird es deshalb sein, entsprechend der Aufgabenstellungen Idealisierungen vorzunehmen, die mit ausreichender Sicherheit Gefahren nicht entstehen lassen aber trotzdem den Fortschritt nicht lähmen.

Im Vortrag werden diese Zusammenhänge verdeutlicht.



## Dank

Wir danken den Vortragenden und Chairmen für Ihre Beiträge und allen an der Vorbereitung und Durchführung Beteiligten für Ihren Einsatz.

Den Teilnehmern der Fachtagung dankt das BfS für die Bereitschaft und Ihr Interesse, die schwierigen aber interessanten Fachfragen zu diskutieren und so zur Bewältigung der Herausforderung der Rückholung und sicheren Stilllegung der Schachanlage Asse II beizutragen.

**Kontakt:**  
**Bundesamt für Strahlenschutz**  
Postfach 100149  
38201 Salzgitter  
Telefon +49 (0) 30 18333-0  
Telefax +49 (0) 30 18333-18 85  
Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)  
E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)



**Bundesamt für Strahlenschutz**