

INSTITUT FÜR TIEFLAGERUNG

Wissenschaftliche Abteilung

Technische Abteilung

Gesellschaft für Kernforschung mbH

Abteilung Behandlung radioaktiver Abfälle

ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

JAHRESBERICHT 1975

August 1976

GSF T 60
KFK 2309

Als Manuskript vervielfältigt.

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor.

Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, München
8042 Neuherberg, Post Oberschleißheim, Ingolstädter Landstr. 1
Tel.: (089) 38741 Telex: 05/23125

GESELLSCHAFT FÜR STRAHLEN- UND UMWELTFORSCHUNG MBH
MÜNCHEN

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG MBH KARLSRUHE

ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

JAHRESBERICHT 1975

Institut für Tieflagerung (GSF)

Wissenschaftliche Abteilung, Clausthal-Zellerfeld

Technische Abteilung, Wolfenbüttel

Abteilung Behandlung radioaktiver Abfälle (GfK)

K. Dürr, H. Feddersen, K. Klarr, K. Kühn, R. Proske, K. Schneider,
G. Staupendahl, E.-P. Uerpmann
(GSF - IfT/WA)

E. Albrecht, N. Jockwer, H. Kolditz, O. Opp, K. Thielemann
(GSF - IfT/TA)

W. Bechthold, W. Diefenbacher, H.J. Engelmann, W. Hild, E. Korthaus,
H. Krause, M.C. Schuchardt, E. Smailos
(GfK - ABRA)

August 1976

GSF - T 60
KfK 2309

Kurzfassung

Der vorliegende Bericht ist eine Gemeinschaftsarbeit der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München und der Gesellschaft für Kernforschung mbH Karlsruhe und gibt einen Überblick über die im Jahre 1975 durchgeführten Arbeiten auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle.

Es wird über die bergmännischen und baulichen Arbeiten berichtet, die im Salzbergwerk Asse bei Remlingen sowohl unter- als auch übertage zur Durchführung kamen und die der Instandsetzung, Erhaltung und Erweiterung des Betriebes entsprechend seinen zukünftigen Aufgaben dienen.

Die Einlagerung von schwachaktiven Abfällen auf der 750-m-Sohle und auch die versuchsweise Einlagerung mittelaktiver Abfallstoffe auf der 490-m-Sohle wurden im Berichtszeitraum fortgeführt.

Es wird weiterhin berichtet über die Entwicklung eines Umladebehälters U 2 und den Einsatz des Einzelabschirmbehälters E 2.

Die Vorarbeiten zur singulären Einlagerung von AVR-Brennelementen wurden planmäßig fortgeführt, so daß zum Ende des Berichtsjahres die Vorbereitungen für die Montage der Beschickereinrichtung getroffen werden konnten.

Im Zuge der Errichtung der Prototyp-Kavernenanlage für die Einlagerung mittelradioaktiver Abfälle auf der Schachtanlage Asse wurde der im Vorjahr begonnene Bohrschacht Asse 4 bis zur 750-m-Sohle fertiggestellt und mit den Vorarbeiten für das Weitererteufen begonnen.

Der Bericht gibt ferner Auskunft über den augenblicklichen Stand der Forschungsarbeiten, besonders auf dem Gebiete der Einlagerung hochaktiver Abfälle, der gebirgsmechanischen Untersuchungen und Sicherheitsstudien, sowie über deren Resultate.

Disposal of Radioactive Wastes, Annual Progress Report 1975

Abstract

This report is a joint effort of Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München and Gesellschaft für Kernforschung mbH Karlsruhe, presenting a survey of the work performed in 1975 in the field of disposal of radioactive waste.

The mining and construction work is discussed, which was carried out both underground and above at the ASSE Salt Mine near Remlingen and which was done for repair, maintenance and expansion of operation in accordance with its future purpose.

The disposal of low-level wastes on the 750-m-level and the experimental disposal of intermediate-level wastes on the 490-m-level were continued in the period under review.

Furthermore the construction of a reloading container and the operation of the single shielded container E 2 are reported.

The preparations for the single disposal of spent fuel elements of the AVR-reactor were continued so that at the end of the reported year preparations could be done to install the charging equipment.

The drilled shaft Asse 4 was finished up to the 750-m-level and preparatory work was done to continue the sinking.

Moreover, the report gives information on the present status of research and of its results, especially from work done in the field of disposal of high level waste, rock mechanics and safety studies.

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1.	Vorbemerkung	1
2.	Bergtechnischer Ausbau und bergbaulicher Betrieb des Salzbergwerkes Asse	3
2.1	Allgemeine Arbeiten untertage	3
2.2	Baumaßnahmen auf der Liegenschaft Asse	5
3.	Einlagerung von radioaktiven Abfällen	7
3.1	Gebührenordnung	7
3.2	Schwachaktive Abfälle	13
3.2.1	Einlagerungsbedingungen für schwachaktive Abfälle	13
3.2.2	Endgelagerte schwachaktive Abfälle	16
3.3	Mittelaktive Abfälle	17
3.3.1	Versuchseinlagerung	17
3.3.2	Transportabschirmbehälter	18
3.4	Betrieblicher Strahlenschutz und Umgebungsüberwachung	22
4.	Vorarbeiten für die Einlagerung von AVR-Brennelementen	23
5.	Prototyp-Kavernenanlage auf der Schachtanlage Asse	25
5.1	Erstellung der Prototyp-Kavernenanlage	25
5.2	Gebirgsmechanische Überwachung des Bohrschachtes Asse 4	29
5.3	Programm zur meßtechnischen Ausrüstung der Prototyp-Kavernenanlage	30
5.4	Untersuchungen zur Wärmeentwicklung aus spaltprodukthaltigen mittelaktiven Bitumenprodukten bei der Endlagerung in der Prototyp-Kaverne	33
6.	Beseitigung tritiumhaltiger Abwässer durch Einpressen in poröse Schichten des tiefen Untergrundes	38

		Seite
7.	Forschungsarbeiten	39
7.1	Einlagerung hochaktiver Abfälle	39
7.1.1	Temperaturversuche und -berechnungen	39
7.1.2	Planung des Transportabschirmbehälters	41
7.2	Untersuchungen zur Beseitigung von Neutronen- absorbern aus Leichtwasser-Reaktoren	42
7.3	Gebirgsmechanische Untersuchungen	43
7.4	Sicherheitsstudien	46
7.5	Geologische Untersuchungen	49
7.6	Hydrogeologische Untersuchungen	50
7.7	Systemstudie "Radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland"	52
7.7.1	Risikoanalytische Untersuchungen	52
7.7.2	Bewertung von Endlagertechnologien	54
7.8	Schachtanlage Konrad	55
7.9	Kernenergiedokumentation des Bundes- ministeriums für Forschung und Technologie	55
8.	Literatur	57
9.	Veröffentlichungen	58

1. Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht soll einen Überblick über die wesentlichen Arbeiten vermitteln, die auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle von der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München (GSF) zusammen mit der Gesellschaft für Kernforschung mbH Karlsruhe (GfK) im Jahr 1975 durchgeführt worden sind.

Im Rahmen der Aufgabenteilung auf diesem Gebiet bearbeitet die Wissenschaftliche Abteilung des Instituts für Tieflagerung (WA) die berg- und geowissenschaftlichen Probleme, die Technische Abteilung des Instituts für Tieflagerung (TA) ist für bergtechnische Arbeiten zuständig und betreibt das Salzbergwerk Asse, während die Abteilung Behandlung radioaktiver Abfälle (ABRA) für kerntechnische Studien sowie für die Entwicklung und Erprobung kerntechnischer Einrichtungen für Transport und Einlagerung radioaktiver Abfallstoffe verantwortlich zeichnet.

Einzelne Teilbereiche werden in Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen oder technischen Institutionen bearbeitet, z. B. gebirgsmechanische Untersuchungen mit der Technischen Universität Clausthal, geologische und hydrogeologische Fragen mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Hannover. Ein hydrogeologisches Forschungsprogramm wird gemeinsam mit dem Institut für Radiohydrometrie der GSF bearbeitet, an der Umgebungsüberwachung ist das Institut für Strahlenschutz der GSF beteiligt.

Technische Anlagen und Geräte zur Einlagerung und zum Transport von radioaktiven Abfällen werden in Zusammenarbeit mit der Abteilung RBT/PB der GfK entwickelt. Die Temperaturversuche und die dazugehörigen theoretischen Berechnungen werden gemeinsam mit dem Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Lehrauftrag Leistungsreaktoren der Technischen Hochschule Aachen und dem Referat Geothermik der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Hannover durchgeführt.

Allen Behörden und Institutionen, die bisher durch ihre Mithilfe die Durchführung unserer Arbeiten unterstützt haben, soll auf diesem Wege Dank gesagt werden.

Die Autoren danken schließlich ihren hier nicht namentlich genannten Kollegen, ohne deren Beiträge die in diesem Bericht beschriebenen Arbeiten nicht hätten durchgeführt werden können.

2. Bergtechnischer Ausbau und bergbaulicher Betrieb des Salzbergwerkes Asse

2.1 Allgemeine Arbeiten untertage

Zur Einlagerung der in verstärktem Maße anfallenden radioaktiven Abfälle war für die Aufrechterhaltung eines geregelten Betriebsablaufes auch im Berichtsjahr eine Reihe bergmännischer Arbeiten durchzuführen. Dazu gehörten die regelmäßigen Prüfungen an den maschinen- und elektrotechnischen Anlagen sämtlicher Seilfahrteinrichtungen sowie entsprechende Wartungsarbeiten gemäß den geltenden Bergverordnungen.

Zum Ausgleich vorhandener Konvergenzen wurden im Hauptschacht auf der 750-m-Sohle die Spurlatten verkürzt sowie im Blindschacht 3 Richtarbeiten durchgeführt.

Die mit rd. 10 % ansteigende Wendelstrecke von der 750-m-Sohle zur 490-m-Sohle wurde am 30. 1. 1975 nach weiteren 518 m Vortrieb oberhalb der 595-m-Sohle durchschlägig (Abb. 1). Bei einem Gesamthöhenunterschied von 259 m betrug die Höhendifferenz an der Durchschlagstelle nur 2 cm und die Querabweichung nur 1 cm. Für den Abtransport des anfallenden Salzes mußten zusätzlich 127 m Querschlag zu den Abbaukammern aufgeföhren werden. Anschließend erfolgte die Erweiterung der Wendelstrecke auf den Endquerschnitt von 15 m² und die Befestigung der Fahrbahn. Diese Arbeiten sind im April 1975 abgeschlossen worden.

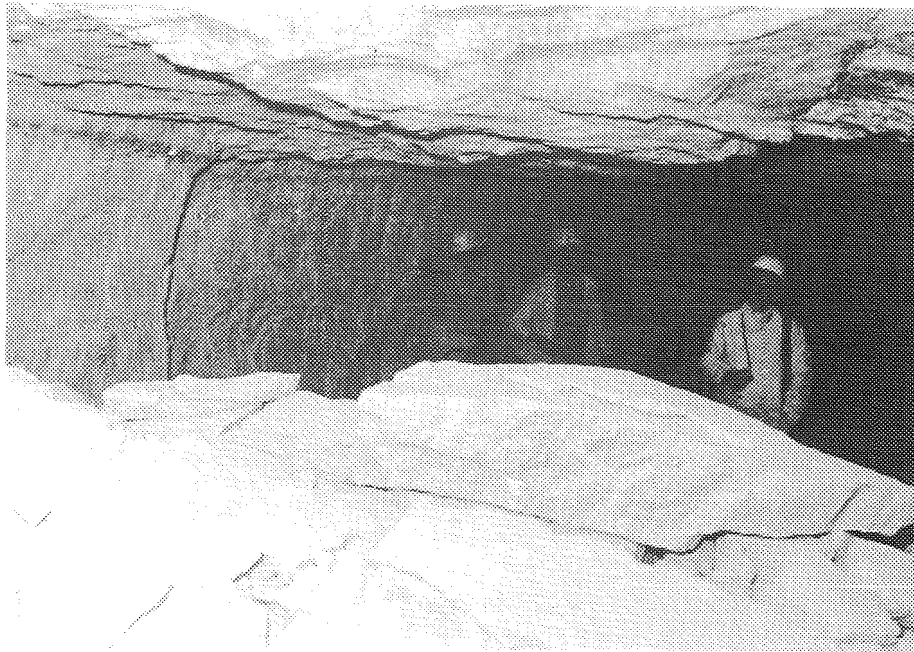


Abb. 1: Durchschlag der Wendelstrecke oberhalb der 595-m-Sohle

Zur Vorbereitung der Einlagerung schwachradioaktiver Abfälle wurden in den Kammern 3, 5, 6, 7 und 11 der 750-m-Sohle Beraubarbeiten durchgeführt. In den Kammern 8 und 10 erfolgte das Nachschießen der Kammerfirsten kontinuierlich mit dem Vorwandern der Einlagerungsböschung.

Um die Laugenwirtschaft weiter zu vereinfachen, wurden die Aufwältigungs- und Nachrißarbeiten in der Laugensammelstrecke der 750-m-Sohle und in der Zugangsstrecke zur Laugensammelstrecke fortgesetzt. Insgesamt wurden 162 m^3 Lauge zur 850-m-Sohle gepumpt. In Verbindung mit der Bohrspülung für die Schachtbohrung Asse 4 konnten 748 m^3 Lauge von der 850-m-Sohle in die übertägigen Bohrspülungsbecken gefördert werden.

Auf den zu den Einlagerungskammern führenden Hauptstrecken mußten Erneuerungsarbeiten an den Betonfahrbahnen durchgeführt werden.

Zur Reinigung der Fahrbahnen und zur gleichzeitigen Verhinderung der Staubbildung in den Grubenwettern wurde eine Saugkehrmaschine neu eingesetzt.

Außerdem konnte durch den Einsatz eines weiteren Befahrungsfahrzeuges (15-Sitzer) für den Belegschafts- und Besuchertransport in der Wendelstrecke der Hauptschacht von Zwischenseilfahrten während der Förderung entlastet werden.

Im Rahmen des Objektschutzes wurden auf der 750-m-Sohle an den wichtigsten Zugangsstrecken Absperrungen zur Verhinderung des unbefugten Zuges zu den Einlagerungskammern eingebaut.

Die Markscheiderei führte untertage eine Vielzahl bergmännisch bedingter Vermessungsarbeiten bei Streckenauffahrungen durch. Dazu gehörte hauptsächlich die Vermessungsarbeit beim Vortrieb der Wendelstrecke. Besonderen meßtechnischen Aufwand erforderten die Kontrollen der 35 Rohrschüsse und die Angaben für den Ausbau des Schachtes Asse 4, um sicherzustellen, daß der gesamte Rohrstrang eine Gerade bildete und damit ein reibungsloser Einbau gewährleistet war. Außerdem mußten übertage umfangreiche Messungen in Verbindung mit den Bautätigkeiten für den Gleisanschluß und die Schachthallenerweiterung durchgeführt werden.

2.2 Baumaßnahmen auf der Liegenschaft Asse

Für die im Rahmen der Erstellung einer Prototyp-Kavernenanlage zu errichtende Schachthallenerweiterung wurden die Ausschachtungsarbeiten durchgeführt und mit der Fundamentherstellung begonnen. Die Baumaßnahme wird vom Staatshochbauamt II Braunschweig überwacht.

Als Zwischenlösung für den in Aussicht genommenen Bau eines Mehrzweckgebäudes auf der Schachtanlage Asse wurden gemeinsam mit dem Staatshochbauamt planerische Unterlagen für die Errichtung einer Verwaltungsbaracke erstellt.

In Zusammenarbeit mit der Deutschen Eisenbahn Consulting GmbH in Frankfurt am Main (DEC), der als Planungsingenieur gleichzeitig die Oberleitung

der Bauausführung übertragen ist, wird vom Bundesbahnhof Wendessen zur Schachanlage Asse II ein 7,2 km langes Grubenanschlußgleis erstellt. Die im Bauabschnitt Wittmar - Asse II erforderlichen Erdarbeiten in Form von Erdeinschnitten und Dammschüttungen sowie die Erstellung von zwei größeren Stützmauern konnten abgeschlossen werden. Von den sechs neu zu errichtenden Brückenbauwerken konnten bis zum Jahresende zwei fertiggestellt und zwei weitere begonnen werden. Wegen der einsetzenden Witterungsschwierigkeiten mußten die Erdarbeiten im Bereich Wendessen - Groß Denkte Anfang Dezember unterbrochen werden.

3. Einlagerung von radioaktiven Abfällen

3.1 Gebührenordnung

Nach erfolgreicher Durchführung der versuchsweisen Einlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle werden ab 1. Januar 1976 Gebühren für die Einlagerung der Abfälle im Salzbergwerk Asse erhoben. Mit der Gebührenerhebung sollen folgende Ziele erreicht werden:

- Kostendeckung für Betriebs- und Investitionskosten
(außer Kosten, die für Forschungsaufgaben aufgewendet werden)
- Reduzierung der Dosisleistung an der Oberfläche der Behälter im Hinblick auf die Minimierung der Strahlenbelastung des Einlagerungspersonals
- Bessere Verfestigung und Verpackung der Abfälle im Hinblick auf die langfristige Sicherheit
- Minimierung des gesamten Abfallvolumens.

Für die Ermittlung der Einlagerungskosten wurden für Personal-, Sach- und Verwaltungsgemeinkosten Werte aus dem vorläufigen Wirtschaftsplan 1975 zuzüglich eines Teuerungszuschlages zugrunde gelegt. Abschreibung und Verzinsung der Investitionskosten wurden entsprechend den "Richtlinien für das Betriebliche Rechnungswesen im Steinkohlenbergbau" (RBS) ermittelt.

Zeitstudien bildeten die Grundlagen für die Ermittlung der Förder- und Einlagerungszeiten der verschiedenen und unterschiedlich schweren Abfallbehälter.

Die Aufstellung der Einlagerungsgebühren erfolgte unter Berücksichtigung folgender Annahmen:

1. Zu ermitteln war ein Grundkostenfaktor "A", der für alle abzuliefernden Abfallbehälter jeglicher Kategorie gleich ist.
2. Für die einzelnen Behälterarten sowie für die sich aus den Einlagerungsbedingungen ergebenden Dosisleistungskategorien wurden eine Reihe von

Zuschlagsfaktoren ermittelt, die den spezifischen Gegebenheiten bei der Einlagerung auf der Schachanlage Asse Rechnung tragen.

3. Die für die Berechnung der Einlagerungsgebühren zugrunde gelegte Anzahl der Abfallbehälter und ihre Aufteilung auf die einzelnen Abfallarten und Dosisleistungskategorien wurden durch Hochrechnung aus den 1974 tatsächlich eingelagerten Abfällen und deren prozentualem Anteil an den einzelnen Abfallsorten ermittelt.

Berechnungsformeln für die Ermittlung der Einlagerungsgebühren

$$1.) \quad A = \frac{K_g}{\sum B_{kx} \cdot Z_{fx}}$$

Darin bedeuten: A = Grundkostenfaktor je Behältereinheit

K_g = Gesamtkosten für die Einlagerung

B_{kx} = Behälteranzahl je Abfallkategorie
von 0-200 mrem/h

Z_{fx} = Zuschlagsfaktor für die einzelnen
Abfallkategorien von 0-200 mrem/h

$$Z_{fx} = (1 + C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4)_x$$

C_1 = Raumausnutzungsfaktor

C_2 = Handhabungsfaktor

C_3 = Dosisleistungsfaktor

C_4 = Abschirmbewertungsfaktor

Aus den Abbildungen 2 - 4 und Tabelle 1 sind die Werte für C_1 , C_2 , C_3 und C_4 abzulesen.

Abb. 2: Raumausnutzung C₁

$$C_1 = \frac{\text{Volumen des Abfallkörpers [l]}}{\text{Volumen Normbehälter 200 [l]}} \cdot V_B$$

V_B = Volumenbewertungsfaktor
 schwachaktiv V_B = 1
 mittelaktiv V_B = 5

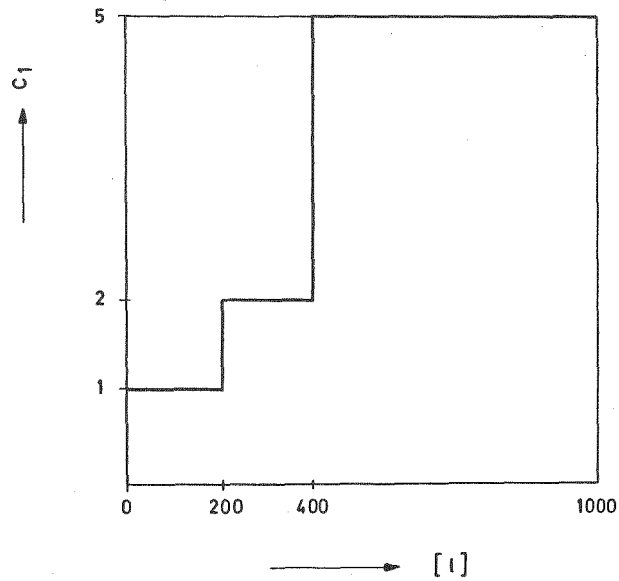


Abb. 3: Handhabung C₂

C₂ = Zeitfaktor · Gewichsfaktor

Zeitfaktor	Verpackung	Gewichsfaktor	Gewicht
1,0	200 l ≤ 700kg	1	→ 700 kg
1,2	400 l ≤ 700kg	2	→ 1250 kg
1,8	200 l > 700kg	2	→ 2500 kg
1,8	400 l > 700kg	4 (Betonbeh.)	→ 5000 kg
1,8	200 l in 400 l	4 (E1, E2)	9800 kg
4,8	N.B.		
6,4	S.B.		
10,4	E1/E2/S7V		

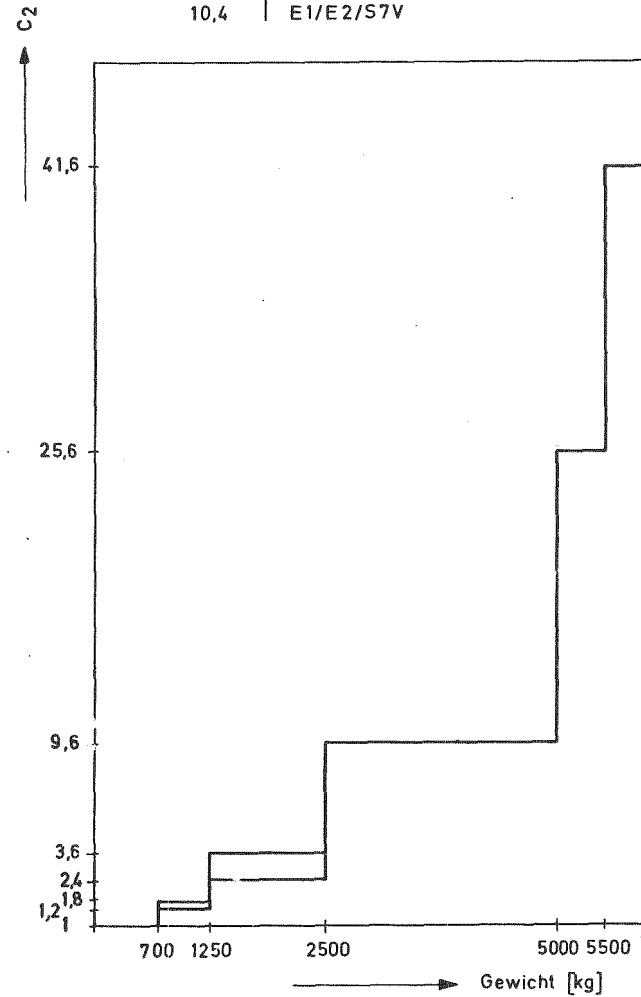


Abb. 4: Dosisleistungsfaktor C_3

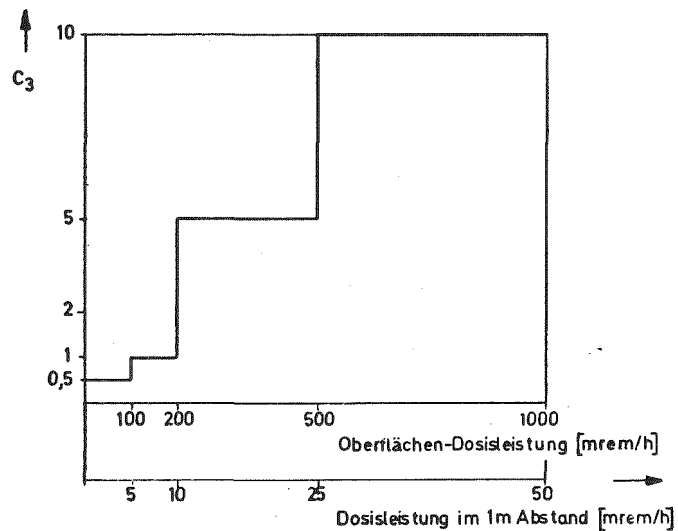
$$C_3 = \frac{\text{tatsächliche Dosisleistung (mrem/h)}}{\text{Dosisleist. des Normfasses (mrem/h)}} \rightarrow 200$$

- a.) Oberflächendosisleistung (200 mrem/h)
- b.) Dosisleistung im 1m Abstand (10mrem/h)

höherer Wert für C_3 aus a bzw. b entscheidet über Eingruppierung

für Kategorie 200-500 und 500-1000 (mrem/h)
Faktor von 2,0

$$C_3 \rightarrow 1000 = \frac{\text{tats. DL}}{\text{D des Normf.}} \cdot 2,0$$



Tab. 1: Abschirmungsbewertung C_4

$$C_4 = \frac{\text{Dosisleistung des Abfallbehälters [rem/h]}}{\text{Aktivität des Abfallbehälters [Ci]}} \cdot \frac{\text{Dosisleistung des Normfasses [rem/h]}}{\text{Aktivität des Normfasses [Ci]}}$$

Behälter	C_4
200l Faß	1
400l Faß	0,5
200l in 400l	0,25
Betonbehälter NB, BB und E1 usw.	0,1

Der Grundkostenfaktor A je Behältereinheit wurde durch Division der Gesamteinlagerungskosten K_g mit dem Summenfaktor aus Gesamtbehälterzahl multipliziert mit dem jeweils zugehörigen Zuschlagsfaktor Z_{fx} ermittelt.

Als Grundkostenfaktor A ergab sich ein Betrag von DM 100. -

$$2.) \quad G = A \cdot Z_f = A \cdot (1 + C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4)$$

Darin bedeuten: G = Einlagerungsgebühr je Behälter

A = Grundkostenfaktor je Behältereinheit

Z_f = Zuschlagsfaktor für jede Abfallkategorie
von 0-1000 mrem/h

$$(1 + C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4)$$

Nach Ermittlung der numerischen Werte für C_1 , C_2 , C_3 und C_4 konnte folgende Gebührentabelle für die unterschiedlichen Behältertypen je nach Gewicht und Dosisleistungsklasse aufgestellt werden (s. Tabelle 2).

Tab. 2: Gebührentabelle

Aktivitäts- kategorie	Behältertyp	Gewicht [kg]	Dosisleistung [mrem/h]			
			0 - 100	100 - 200	200 - 500	500 - 1000
schwach- radio- aktiv	200 l	bis 700	DM 150,-- 001*	DM 200,-- 002*	DM 600,-- 003*	DM 1.100,-- 004*
		700 - 1250	DM 230,-- 011*	DM 460,-- 012*	DM 1.900,-- 013*	DM 3.700,-- 014*
	400 l	bis 700	DM 160,-- 021*	DM 220,-- 022*	DM 700,-- 023*	DM 1.300,-- 024*
		700 - 1250	DM 280,-- 031*	DM 460,-- 032*	DM 1.900,-- 033*	DM 3.700,-- 034*
	200 l in 400 l	bis 1250	DM 190,-- 041*	DM 280,-- 042*	DM 1.000,-- 043*	DM 1.900,-- 044*
	Betonbe- hälter	bis 2500	DM 340,-- 051*	DM 580,-- 052*	-----	-----
		2500 - 5000	DM 740,-- 061*	DM 1.380,-- 062*	-----	-----
	mittel- radio- aktiv	E 1 / E 2 (S 7 V)	bis 9800	DM 2.180,-- 071*		

*) Diese Gebühren-Kennziffer wird bei Rechnungsstellung verwendet.

3.2 Schwachaktive Abfälle

3.2.1 Einlagerungsbedingungen für schwachaktive Abfälle

Die im Jahre 1971 vom Bergamt Goslar erteilte Genehmigung zur Einlagerung von schwachaktiven Abfällen galt bis zum 31. Dezember 1975. Im Zusammenhang mit dem Antrag auf Verlängerung der Genehmigung waren die Einlagerungsbedingungen zu novellieren und dem neuesten Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen [1]. Nachdem der Entwurf einem größeren Kreis von Interessenten vorgestellt und diskutiert worden war, wurde er überarbeitet und den Bergbehörden zur Genehmigung vorgelegt. Die neuen "Bedingungen für die Lagerung von schwachradioaktiven Abfällen im Salzbergwerk Asse" sind am 1.1.1976 in Kraft getreten. Ziel der Erarbeitung der Einlagerungsbedingungen war es, wie auch bereits bei den Einlagerungsbedingungen aus dem Jahre 1971, sicherzustellen, daß durch die Einlagerung der Abfälle in das Salzbergwerk Asse die Sicherheit des Personals, des Bergwerks und der Umgebung des Bergwerks nicht gefährdet wird. Entsprechend den beim Einlagerungsbetrieb in den vergangenen Jahren gemachten Erfahrungen wurden einige Änderungen vorgenommen, von denen die beiden wichtigsten im folgenden genannt werden:

1. Neben den bisher als Verpackung der Abfälle zugelassenen Behältern mit 200 l Inhalt (Blechtrommel, Rollsickenfaß, Rollreifenfaß) können nunmehr die Abfälle auch in den folgenden Behältern eingelagert werden:

Blechtrommel oder Rollsickenfaß, 400 l

Deckel mit verschraubtem Spannringverschluß befestigt,

Materialstärke mindestens 1,0 mm.

Rollreifen- oder Rollsickenfaß, 400 l, mit Flanschdeckel,

Materialstärke mindestens 1,5 mm.

Blechtrommel oder Rollsickenfaß, 400 l, mit allseitiger Betonauskleidung (Betonstärke mindestens 75 mm). Deckel mit verschraubtem Spannringverschluß befestigt, Materialstärke mindestens 1,0 mm.

200-l-Faß, zentrisch eingesetzt in ein 400-l-Rollreifen- oder Roll-sickenfaß oder eine 400-l-Blechtrommel, Zwischenraum mit Beton ausgegossen. Der Deckel ist mit verschraubtem Spannring zu befestigen oder als Flanschdeckel auszuführen.

Armierter Betonabschirmung mit eingesetztem Metall-Behälter von maximal 200 l Volumen (sog. Verlorene Betonabschirmung) (s. a. Abb. 5).

2. Die Anlage I, in der die zulässigen Aktivitäten pro Abfallbehälter angegeben werden, wurde umgearbeitet. Neben der Einfügung der o. a. Abfallbehälter wurde eine Neueinteilung der Abfallkategorien gemäß den Erfahrungen der letzten Jahre vorgenommen [1].

Die Ermittlung der maximal zulässigen Aktivitäten beruht auf folgenden Grundlagen:

1. Es muß sichergestellt sein, daß eine Gefährdung infolge von Radionukliden, die in die Grubenwetter gelangen können, auszuschließen ist.
2. Es muß sichergestellt sein, daß auch nach einem unerwarteten Volllaufen der Grube mit Wasser oder Lauge die Aktivität der in das Grundwasser gelangenden Radionuklide so gering ist, daß eine Gefährdung auszuschließen ist.
3. Die Strahlenbelastung des Einlagerungspersonals muß so niedrig wie möglich sein.

Zur Ermittlung der zulässigen Aktivitäten wurden die Risiken, die infolge der Einlagerung radioaktiver Abfälle denkbar sind, verglichen mit Risiken, die in der Natur vorhanden sind. Ausgedehnte Lager mit überdurchschnittlich hohem Gehalt an radioaktiven Stoffen existieren in der Natur in den Uranerz-Vorkommen. In einem dreiprozentigen Uranerz beispielsweise ist jedes Radionuklid der Uran-Zerfallsreihe mit einer Aktivität von 10^{-2} Ci/t (10 nCi/g) enthalten. Zu diesen Radionukliden gehören auch Ra 226,

das Nuklid mit der geringsten maximal zulässigen Konzentration (MZK) in Wasser, sowie Rn 222, ein gasförmiges Radionuklid [2] .

Bestimmend für die Begrenzung der Aktivität in unbehandelten Abfällen war das Risiko der Inhalation von Radionukliden nach der Beschädigung eines Abfallbehälters während der Einlagerung. Die in Bezug auf die Inhalation gefährlichsten Radionuklide sind die α -Strahler. Ihre Aktivität wurde begrenzt in Anlehnung an die Aktivität eines beliebigen Tochter-nuklids in der Uran-Zerfallsreihe von 10^{-2} Ci/t, wobei davon ausgegangen wird, daß der Inhalt eines 200-l-Fasses 100 kg wiegt. Bei Behältern, die gegenüber Rollreifenfässern erhöhtes Maß an Sicherheit bieten, wurden höhere Aktivitäten zugelassen.

Im Verhältnis zu den α -Strahlern haben β -Strahler eine um mindestens den Faktor 100 geringere Gefährlichkeit (s. a. A_2 -Werte aus [3]). Dementsprechend wird eine um diesen Faktor höhere β/γ -Aktivität zugelassen.

Wegen der zu geringen Widerstandsfähigkeit der Blechtrommeln und Roll-sickenfässer gegenüber den Beanspruchungen beim Einlagerungsbetrieb werden unbehandelte Abfälle in diesen Behältern nicht angenommen.

Bei Abfällen, in denen die Radionuklide in schwerlöslichen Materialien fixiert sind und bei denen die Behälter durch den festen und formstabilen Inhalt eine zusätzliche Festigkeit erlangen, ist nicht das Inhalations-Risiko maßgebend, sondern das Risiko der Ingestion von Radionukliden, die nach einem Vollaufen des Endlagers aus den Abfällen gelöst worden sind und bis in das Grundwasser gelangen könnten. Derartige Vorgänge sind in ferner Zukunft nicht mit letzter Sicherheit auszuschließen.

Ausgangswert für die Begrenzung der α -Aktivität in diesen Abfällen war ebenfalls die Ra 226-Konzentration in einem dreiprozentigen Uranerz. Da jedoch die maximal zulässige Konzentration von Ra 226 in Wasser um den Faktor 500 niedriger ist als die maximal zulässige Konzentration von beispielsweise Pu 239 in Wasser, sind die Abfälle der Kategorie C als ebenso

gefährlich wie ein dreiprozentiges Uranerz anzusehen, wenn ihr Plutonium-Gehalt bei 5 Ci/t bzw. bei einem mittleren Gewicht eines 200-l-Abfallbehälters von 400 kg bei 2 Ci pro Abfallbehälter liegt. Hierbei muß jedoch zusätzlich berücksichtigt werden, daß die radioaktiven Abfälle nach der Einlagerung in ein Salzbergwerk besonders gut von der Biosphäre isoliert sind, während die Uranerz-Lagerstätten in vergleichsweise geringen Tiefen anzutreffen sind und vom Biozyklus des Wassers berührt werden.

Die β - und γ -Aktivität in diesen Abfällen wird begrenzt durch die zulässige Dosisleistung an der Oberfläche der Abfallfässer von 200 mrem/h zum einen und durch das Verhältnis von β - zu γ -Aktivität zum anderen. Die biologische Gefährlichkeit eines verfestigten Abfalls mit der β - und γ -Aktivität von 5 Ci je 200-l-Faß ist weit niedriger als die von Uranerz.

3.2.2 Endgelagerte schwachaktive Abfälle

Die langfristige Einlagerung schwachradioaktiver Abfälle wurde auch im Berichtsjahr reibungslos fortgeführt. 17.164 Fässer sind in den Kammern 5, 8, 10 und 11 der 750-m-Sohle und in der Kammer 7 des Älteren Steinsalzes auf der 725-m-Sohle eingelagert worden, so daß nunmehr insgesamt 60.300 Fässer entsprechend 12.700 m^3 schwachradioaktiver Abfälle im Grubengebäude der Schachtanlage Asse lagern. Von den eingelagerten Fässern sind 1.371 mit verlorener Betonabschirmung versehen (Abb. 5).

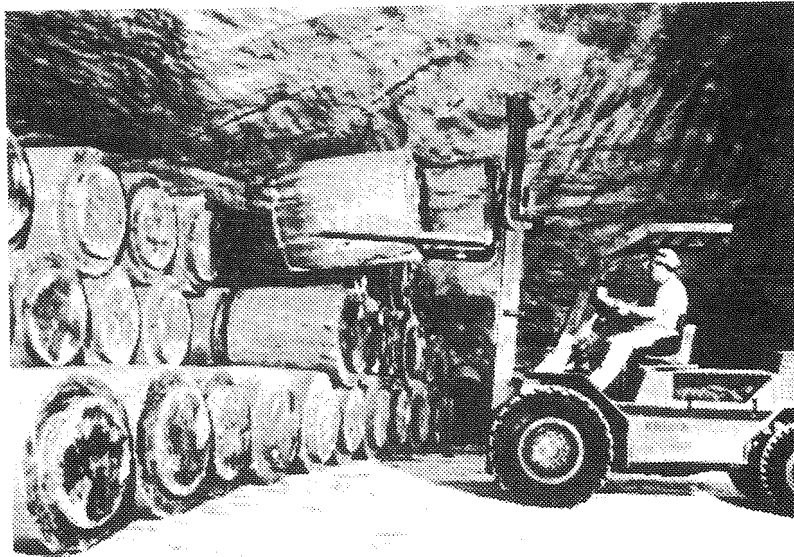


Abb. 5: Einlagerung schwachaktiver Abfälle in verloreener Betonabschirmung

Für die Anwendung des Einlagerungsverfahrens mit Abkippen der Fässer über eine Böschung wurden im Berichtsjahr auch die Kammern 5 und 11 durch entsprechende Streckenvortriebe von den Nachbarkammern aus vorge richtet. Der Zugang auf der Sohle der Kammer 11 wurde verschlossen.

Die bereits im Jahre 1974 gefüllte Kammer 12 wurde mit einem Salzbetonverschuß versehen.

3.3 Mittelaktive Abfälle

3.3.1 Versuchseinlagerung

Die versuchsweise Einlagerung mittelaktiver Abfälle wurde weitergeführt. Es wurden insgesamt 288 Fässer (je 200 l) eingelagert, so daß am

Jahresende insgesamt 660 Fässer mit einem Aktivitätsinventar von 12.000 Ci in der Kammer 8 a der 511-m-Sohle lagern.

Die maschinen- und elektrotechnischen Anlagen auf der 490-m-Sohle zur Einlagerung der mittelaktiven Abfälle in der Beschickkammer arbeiteten ohne nennenswerte Störungen. An den eingelagerten Abfallfässern traten keine nennenswerten Beschädigungen auf. In der Abluftfilteranlage konnten keine Kontaminationen festgestellt werden.

3.3.2 Abgeschirmte Transportbehälter

Im ersten Halbjahr wurde der Sammelbehälter S7V mit der Abschirmvariante 3 (145 mm Stahlguß) zum Transport von mittelaktiven Fässern mit einer Oberflächendosisleistung bis 140 rem/h eingesetzt. Der Transport mit dem Behälter verlief ohne nennenswerte Störungen, kleinere Reparaturen und Wartungsarbeiten wurden zwischen den einzelnen Transporten durchgeführt.

Da in naher Zukunft der Transport von Abfällen der Dosisklasse IV im Sammelbehälter S7V mit den Abschirmvarianten 1 und 2 vorgesehen ist, sind dafür Umladebehälter mit einer größeren Abschirmdicke, als sie der Einzelbehälter E1 besitzt, notwendig geworden (s. Abb. 6).

Die Ausschreibungsunterlagen für drei derartige Umladebehälter (U2) wurden erstellt. Die Ausschreibung wurde durchgeführt und die Fertigung an eine einschlägige Firma vergeben. Die Konstruktion der Behälter wurde termingerecht zum Ende des Jahres fertiggestellt. Nach Überprüfung der Unterlagen wurde mit der Fertigung begonnen. Die für die Zulassung des Behälters erforderliche Prüfung wurde eingeleitet und die Betriebsgenehmigung beantragt. Die Abwicklung der Entwicklungs- und Fertigungsarbeiten wird mittels Netzplan überwacht.

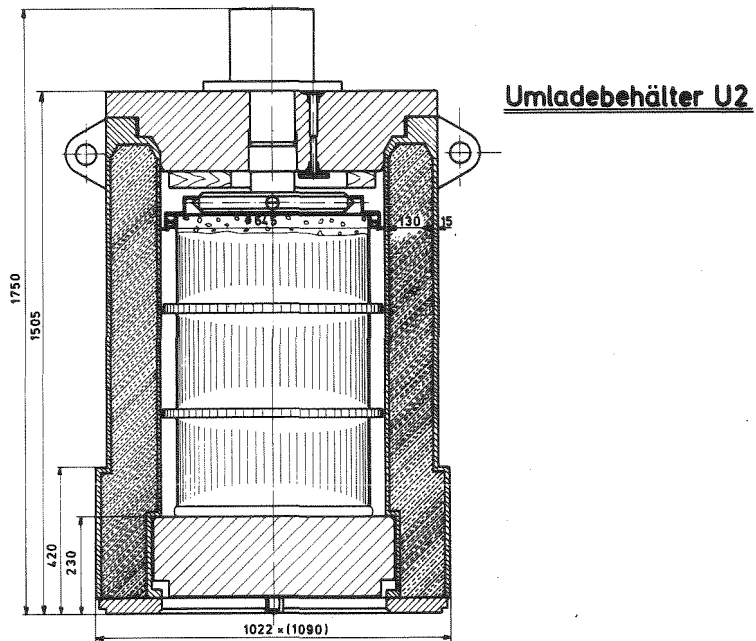


Abb. 6: Schnittbild durch den Umladebehälter U2 mit einer 13 cm dicken Bleiabschirmung

Ein Modell des Behälters im Maßstab 1 : 4 wurde gefertigt (s. Abb. 7), um die wichtigsten Komponenten (Schrauben, Schieberverriegelung usw.) im Hinblick auf ihre mechanische Festigkeit testen zu können.

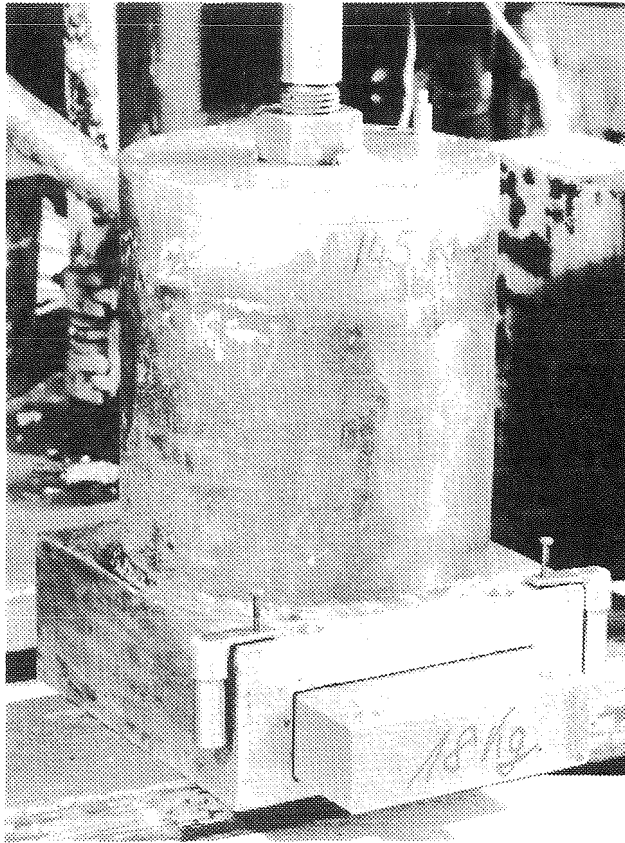


Abb. 7: Modell des Behälters U2 im Maßstab 1 : 4
vor dem Fallversuch

Die Inbetriebnahme der U2 - Behälter ist für Mitte 1976 vorgesehen.

Um bereits in der Zeit bis zur Verfügbarkeit des Umladebehälters U2 höher strahlende Abfallbehälter (>140 rem/h) im Sammeltransportbehälter handhaben zu können, wurde im Herbst 1975 ein Abschirmadapter zum Einzelbehälter E2 entwickelt und erprobt. Im Januar 1976 werden die ersten Transporte durchgeführt werden.

Die drei Einzelbehälter E2 wurden ab August in Betrieb genommen (Abb. 8). Je zwei E2 liefen abwechselnd bis zum Ende des Berichtsjahres fahrplanmäßig zweimal wöchentlich zwischen dem Kernforschungszentrum Karlsruhe und dem Versuchsendlager Asse (s. Abb. 9).

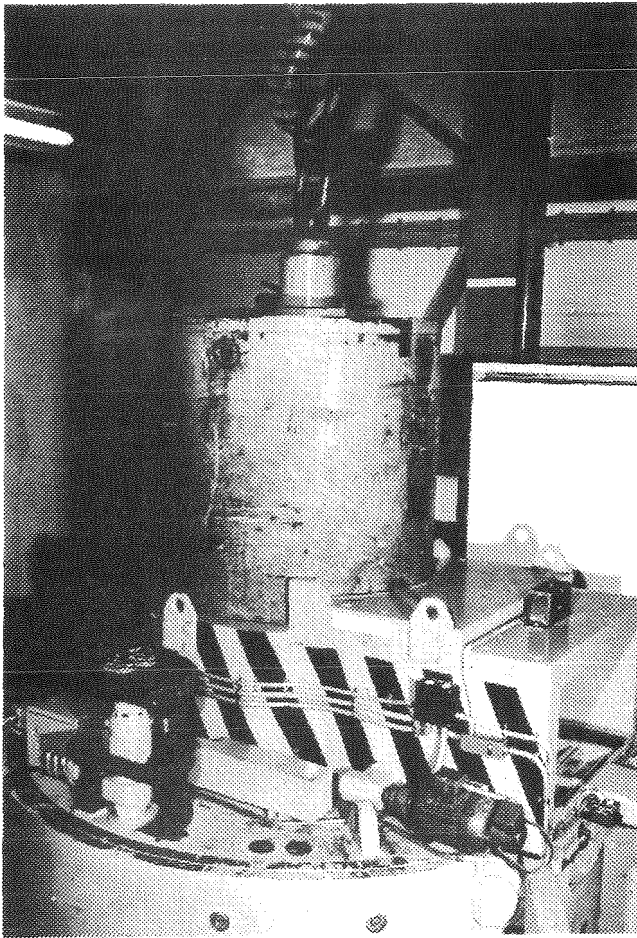


Abb. 8: Sammelbehälter S7V mit Abschirmvariante 1 und 2
und E2 als Umladebehälter

Nach Montage einer zusätzlichen Abschirmung an der Beschickungsbohrung und der Verstärkung des Verschlussschiebers durch eine Bleifüllung konnten Abfälle mit einer Aktivität bis zu 500 Ci pro Faß und Dosisleistungen bis zu 2.000 rem/h an der Faßoberfläche eingelagert werden.

Bei dieser Aktivität wurde an den Abschirmbehältern eine Oberflächendosisleistung von 30 mrem/h gemessen.

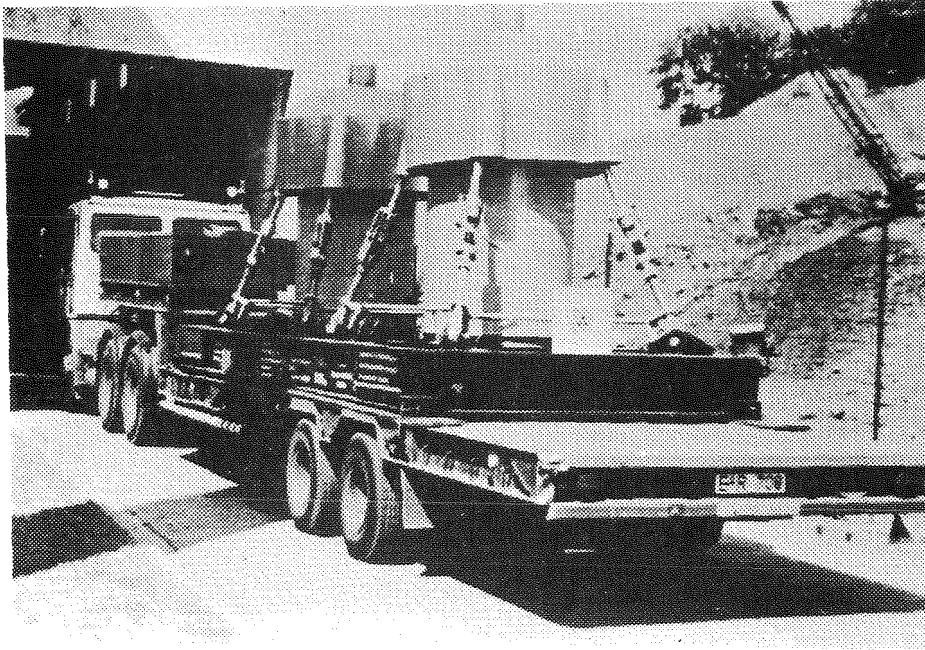


Abb. 9: Anlieferung mittelaktiver Abfälle
in E2 - Abschirmbehältern

3.4 Betrieblicher Strahlenschutz

Das bei der Einlagerung radioaktiver Abfälle eingesetzte Personal wurde entsprechend der 1. Strahlenschutzverordnung laufend überwacht. Ebenso erfolgten die Aktivitäts- und Kontaminationsmessungen der Luft unter- und übertage gemäß den Auflagen der Genehmigungsbehörde. Eine Überschreitung der zulässigen Personendosen und Aktivitätswerte ist nicht festgestellt worden.

Die regelmäßige Überwachung von Wasser-, Luft- und Bodenproben aus der näheren und weiteren Umgebung des Salzbergwerkes Asse bestätigte auch 1975 die bereits früher mitgeteilten Werte [4] .

4. Vorarbeiten für die Einlagerung von AVR-Brennelementen

Die Sicherheitsstudie "Endlagerung verbrauchter Brennelemente aus dem AVR-Versuchskernkraftwerk im Salzbergwerk Asse" wurde in Zusammenarbeit mit der KFA Jülich fertiggestellt [5]. In ihr werden die Anlagen für die Einlagerung und die Betriebsvorgänge bei der Einlagerung beschrieben, die Risiken und denkbaren Störfälle analysiert und die Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen aufgezählt.

Für die Analyse der Risiken und denkbaren Störfälle wurde die folgende Zeiteinteilung eingeführt:

- Zeitraum I: Vom Beginn bis zur Beendigung der Einlagerung der AVR-Brennelemente (maximal vier Jahre).
- Zeitraum II: Vom Verschließen der letzten Lagerbohrung für AVR-Brennelemente bis zur Beendigung des Einlagerungsbetriebes im gesamten Grubengebäude.
- Zeitraum III: Von der Beendigung des Einlagerungsbetriebes bis zum Abklingen der Aktivität der Spaltprodukte (ca. 500 Jahre nach der Einlagerung).
- Zeitraum IV: Vom Beginn des Überwiegens der Aktivität der Aktiniden bis zum Abklingen der Aktiniden (ab 500 Jahre bis ca. 10^6 Jahre).

Im Zeitraum I sind die denkbaren Störfälle hauptsächlich betrieblicher Natur und können durch entsprechende Gegenmaßnahmen entweder verhindert oder in ihren Auswirkungen beherrscht werden.

Als wesentlichstes Risiko im Zeitraum II wird der Austritt von radioaktiven Gasen nach der Korrosion der Brennelementkannen angesehen. Auch unter

extrem pessimistischen Annahmen würden geringe Wettermengen ausreichen, um die radioaktiven Gase bis auf die maximal zulässigen Konzentrationen (MZK) zu verdünnen.

Im Zeitraum III kann das Vollaufen des Salzbergwerks mit Wasser oder Lauge nicht mehr völlig ausgeschlossen werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß zwar in der im Grubengebäude stehenden Sole eine Kontamination auftreten könnte, eine Kontamination des Grundwassers jedoch mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann.

Im Zeitraum IV ist die Radioaktivität der Spaltprodukte soweit abgeklungen, daß ein Risikopotential nur noch durch die Aktiniden vorhanden ist. Kritikalitätsberechnungen und Untersuchungen zur Kontamination des Grundwassers führten zu dem Ergebnis, daß ein Risiko für die Umgebung des Salzstocks auch in diesem Zeitraum nicht vorhanden ist.

Als Ort der singulären Einlagerung der ca. 100.000 AVR-Brennelemente ist die 750-m-Sohle vorgesehen.

Dafür wurden der Querschlag vom Blindschacht 1 bis zur Sattelrichtstrecke nachgerissen und zusätzlich 110 m Strecke aufgefahren. Nachdem der Einlagerungsraum auf 6,25 x 6,00 m Querschnitt erweitert war, wurden eine vertikale Untersuchungskernbohrung abgeteuft und anschließend vier Einlagerungsbohrungen mit 700 mm Durchmesser und je 37,5 m Teufe niedergebracht. Bis zum Ende des Berichtsjahres wurden die Vorbereitungen für die Montage der zusammen mit der Kernforschungsanlage Jülich GmbH (KFA) konzipierten Beschickereinrichtung getroffen.

Der Antrag zur Endlagerung der verbrauchten AVR-Brennelemente im Salzbergwerk Asse wurde im Oktober 1975 bei den zuständigen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden gestellt.

5. Prototyp-Kavernenanlage auf der Schachtanlage Asse

5.1 Erstellung der Prototyp-Kavernenanlage

Im Zuge der Errichtung der Prototyp-Kavernenanlage für die Einlagerung mittelradioaktiver Abfälle auf der Schachtanlage Asse wurde der im Vorjahr begonnene Bohrschacht Asse 4 bis zur 750-m-Sohle fertiggestellt.

Nachdem die Schachtbohrung im Vorjahr bereits das Deckgebirge durchteuft hatte, wurde nach Erreichen von 411 m Teufe der Schachtausbau in Form von 35 aneinander geschweißten Rohrschüssen mit einem Innendurchmesser von 1,50 m eingeschwommen (Abb. 10).

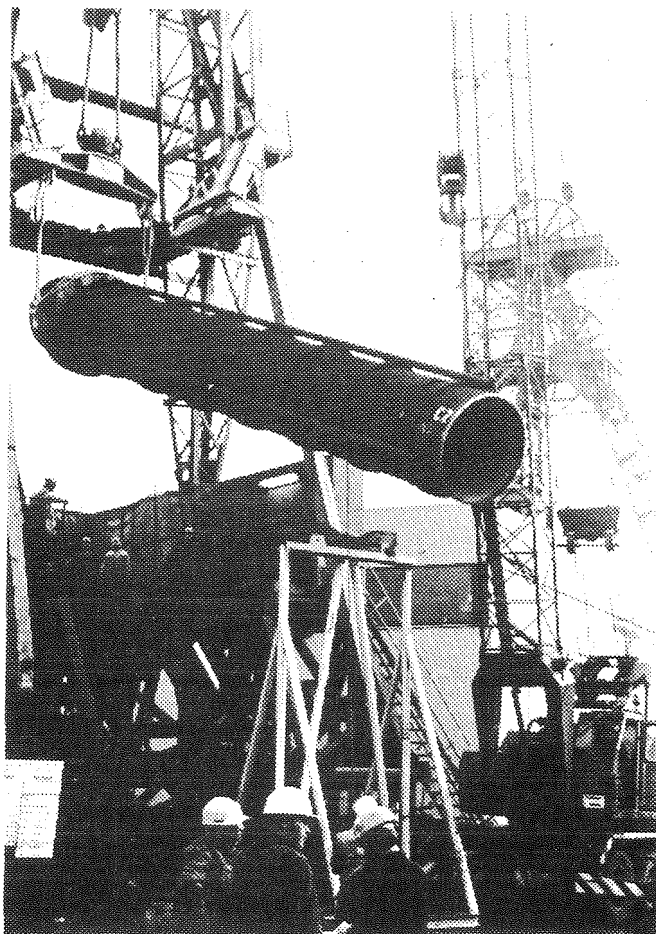


Abb. 10: Die Schachtverrohrung wird eingebracht

Die Zementation des Ringraumes erfolgte mit einem Tiefbohrzement "Class B". Die anschließende Prüfung bestätigte die vollkommene Dichtigkeit der Schachtröhre. Als Vorstufe für das Weiterteufen des Schachtes wurde ein Pilotbohrloch durch den Rohrschuh der Schachtverrohrung bis zur 750-m-Sohle gestoßen.

Dabei ergaben sich jedoch durch mehrfache Spülungsverluste im klüftigen Carnallit unterhalb der 490-m-Sohle erhebliche Schwierigkeiten, die zum Festbohren des Gestänges führten.

Von der 490-m-Sohle aus mußte der Bohrschacht angefahren und das Gestänge wieder gelöst werden. Beim Weiterteufen der Pilotbohrung mit Luftspülung kam es zu einer erheblichen Abweichung derselben aus dem Lot, so daß das Pilotbohrloch im Gegensatz zur Ursprungsplanung zunächst von der 490-m-Sohle aus nur bergmännisch und erst anschließend wieder im Bohrverfahren auf den Enddurchmesser von 2,40 m erweitert werden konnte. Der Schacht hat daher im Bereich von ± 0 m bis zur Teufe von 396 m einen Durchmesser von 1,50 m und im Salzbereich von 396 m Teufe bis zur 750-m-Sohle einen solchen von 2,40 m.

Mit der Erstellung des Schachtes Asse 4 wurde erstmalig im Salzbergbau der Bundesrepublik Deutschland ein Tagesschacht von 750 m Teufe im Bohrverfahren hergestellt.

Zum Jahresende wurde auf der 750-m-Sohle mit den Vorarbeiten für das konventionelle Weiterteufen des Schachtes und die Herstellung des eigentlichen Kavernenhohlraumes im Teufenbereich von 959 m bis 995 m als II. Bauabschnitt des Kavernen-Projektes begonnen.

Wegen der Notwendigkeit, die Schachtwandungen des unverrohrten Schachtteiles zwischen 400 und 750 m Teufe einmal gegen den Einfluß von Feuchtigkeit aus den Grubenwettern zu schützen, zum anderen sie so zu konservieren, daß eine spätere Beseitigung eventueller Kontaminationen ohne

Oberflächenzerstörung möglich ist, war einer auf diesem Gebiet erfahrenen Fachfirma und der Forschungs- und Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen der Universität Stuttgart ein Auftrag über Auswahl und Begutachtung geeigneter Beschichtungsmaterialien in Auftrag gegeben worden.

Die im Rahmen dieses Auftrages durchgeführten Labor- und in situ-Versuche wurden ausgewertet. Dabei ergab sich, daß ein 2-Komponenten-Kunststoff aus dieser Versuchsreihe zur Beschichtung von Steinsalz- und Carnallit-Partien besonders gut geeignet ist, und zwar sowohl im Hinblick auf seine gute Dekontaminierbarkeit als auch in Bezug auf Haftungs- und Diffusionseigenschaften.

Entscheidend für einen dauerhaften Schutz ist, und dies gilt insbesondere für die stark hygroskopischen Carnallit-Bereiche, daß die zu konservierenden Flächen absolut trocken sind.

Ebenfalls begonnen wurde mit dem III. Bauabschnitt, zu dem die Erweiterung der Schachthalle und die Herstellung der Umlade- und Ausschleuseeinrichtungen für die mittelradioaktiven Abfälle gehören. Die Errichtung der Gebäude liegt in der Hand des Staatshochbauamtes Braunschweig. Es wurden im Berichtsjahr die Baugrube ausgehoben und mit den Fundamentierungsarbeiten begonnen (s. Abb. 12).

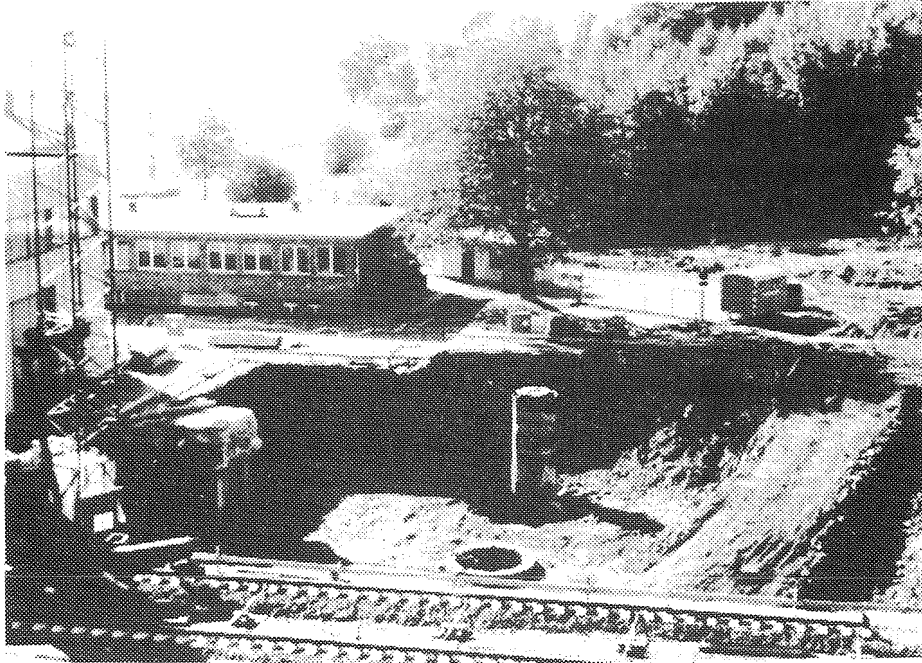


Abb. 11: Kelleraushub für die Schachthalle mit dem verrohrten Schacht Asse 4

Für den maschinen-, elektrotechnischen und lüftungstechnischen Teil der Anlage wurden in enger Zusammenarbeit mit den Genehmigungsbehörden, den Gutachtern und den Herstellern Detailfragen zur Auslegung der Anlage, besonders im Hinblick auf die Sicherheit der Einrichtungen, bearbeitet.

Besondere Untersuchungen, Detailkonstruktionen und Berechnungen waren des weiteren für die Abfallübernahme in der Schachthalle und der Heißen Zelle notwendig.

Der Abfall-Übernahmebehälter wurde neu konzipiert und eine elektromagnetische Verriegelungseinheit für den Bodenschieber dieses Behälters entwickelt und angefertigt.

Nach Festlegung der Spezifikationen der Geräte, die zum Einbau in die Heiße Zelle bestimmt sind und der Manipulation und Umfüllung von

bitumenfixierten Abfällen in Blechtrommeln dienen, wurde der Auftrag zur Fertigung dieser Einrichtungen erteilt.

Zur Untersuchung des Fallverhaltens der Abfallfässer in der untertägigen Faßentladestation wurde ein Modell im Maßstab 1 : 10 gebaut und die ersten Versuche durchgeführt. Die bisher erzielten Ergebnisse zeigten, daß die Faßentladeanlage den gestellten Forderungen einer einwandfreien Einführung der Fässer in den Abwurf nicht gerecht wird. Die Faßentladeanlage wird aufgrund der Ergebnisse der Modellversuche umgestaltet.

Für das gesamte Bauvorhaben wurde ein Bauzeitplan, bestehend aus Netz- und Balkenplänen, in Abstimmung mit allen an der Bauausführung beteiligten Stellen aufgestellt.

5.2 Gebirgsmechanische Überwachung des Bohrschachtes Asse 4

Zu Anfang des Berichtsjahres wurden die Dehnungsmessungen zur Überwachung der Stahlauskleidung des Bohrschachtes Asse 4 aufgenommen [6]. Zunächst wurden die an sechs ausgewählten Ausbauschüssen vermarkten Dehnungsmeßstrecken unmittelbar vor dem Absenken der Ausbauschüsse in das Bohrloch, also in unbelastetem Zustand und bei vertikal angeordneter Rohrachse, eingemessen. Es handelte sich hierbei um die sogenannte "Nullmessung", auf die sämtliche in der Folgezeit festgestellten örtlichen Dehnungsänderungen bezogen werden. Eine erste in situ-Messung nach Abschluß der Einbau- und Zementationsarbeiten am verrohrten Schachtabschnitt konnte bereits im Mai 1975 durchgeführt werden, als die Schachtröhre mit Hilfe einer Schachtbefahrungswinde befahren werden konnte. Die manuell durchzuführenden Dehnungsmessungen können erst nach vollständiger Fertigstellung des Schachtes - voraussichtlich im Jahre 1977 - fortgesetzt werden. Eine Auswertung und Analyse der Dehnungsmeßdaten ist erst bei Vorliegen weiterer Meßreihen zweckmäßig.

Ferner wurden im gebirgsmechanischen Labor eine Reihe von betontechnologischen Prüfungen an Zementsteinproben aus der Zementtrübe durchgeführt, welche zur Zementation des Ringraumes zwischen Bohrschachtausbau und Gebirge im Salinar und Deckgebirge eingepumpt worden war. Die Laboruntersuchungen betrafen insbesondere Fragen der Erhärtung des Zementsteines, vornehmlich die Druck-, Biegezug- und Spaltzugfestigkeit, das Verformungsverhalten sowie seine dynamisch ermittelten elastischen Parameter in einem Probenalter von 28 Tagen. Ferner wurden solche Stoffeigenschaften ermittelt, welche u. a. zur Kennzeichnung der Wasserundurchlässigkeit des erhärteten Zementsteines von Bedeutung sind. Dazu gehören effektive Porosität, Permeabilität, Größe und Verteilung der Porenradien. Wegen der Vielzahl der Proben und der an ihnen ermittelten Parameter konnte die Auswertung der Untersuchungen im Berichtsjahr noch nicht abgeschlossen werden. Eine erste Deutung erlaubt aber den Schluß, daß es sich offenbar um einen qualitativ sehr guten Zementstein handelt.

5.3 Programm zur meßtechnischen Ausrüstung der Prototyp-Kavernenanlage

Für die Überprüfung der bereits durchgeführten Berechnungen über Radiolyse- und Wärmeprobleme in der Kaverne sowie für die Erfassung von rechnerisch nicht bestimmbareren Größen (z. B. Staubkonzentration) wurde ein Programm für die meßtechnische Ausrüstung der Prototyp-Kavernenanlage erstellt, mit Hilfe dessen in situ-Untersuchungen von sicherheitstechnisch relevanten Größen durchgeführt werden können. Neben der Kontrolle des Verhaltens der eingelagerten Abfallprodukte, insbesondere dem rechtzeitigen Erkennen eventueller Abweichungen von erwarteten Betriebszuständen, sollen die gewonnenen Ergebnisse darüber hinaus zur optimalen Auslegung der Sicherheitsparameter künftiger Kavernen dienen.

Abb. 12 zeigt die räumliche Anordnung der Meßpunkte und die zur Installation der Meßeinrichtungen vorgesehenen Führungsrohre. Folgende Messungen sollen in der Kaverne durchgeführt werden (s. Abb. 12):

1. Temperatur des Einlagerungsgutes im Zentrum des Kavernenraumes.
 - a) In definierten Abständen in axialer Richtung mittels NiCr-Ni Thermoelementen, die in Abständen von jeweils 2 m innerhalb von Rohr 2b montiert werden.
 - b) Kontinuierlich in axialer Richtung mit einer Meßsonde (Infrarot-Thermometer), die mittels Seilwinde innerhalb des Rohres 1 verfahren wird.
2. Temperatur am Kavernenstoß in axialer Richtung mittels NiCr-Ni Thermoelementen, die in einem in einer Wandnut einzementierten Rohr (Nr. 3b) im Abstand von 2 m angebracht werden.
3. Radiolysegaskonzentration in verschiedenen Höhen des Kavernenraumes durch gaschromatographische Analyse von Gasproben, die in regelmäßigen Zeitintervallen entnommen werden. Für die Probenahme wird von der Gerätewarte durch Rohr 4 eine Gasentnahmekammer abgesenkt.
4. Staubkonzentration in verschiedenen Höhen des Kavernenraumes durch Messung von Filtern, die mit einem von der Gerätewarte durch Rohr 4 in den Kavernenraum abgesenkten Staubsauger bestaubt werden.
5. Luftkontamination in verschiedenen Höhen des Kavernenraumes durch Aktivitätsmessungen (α, β, γ) der für die Staubmessungen verwendeten Filter.

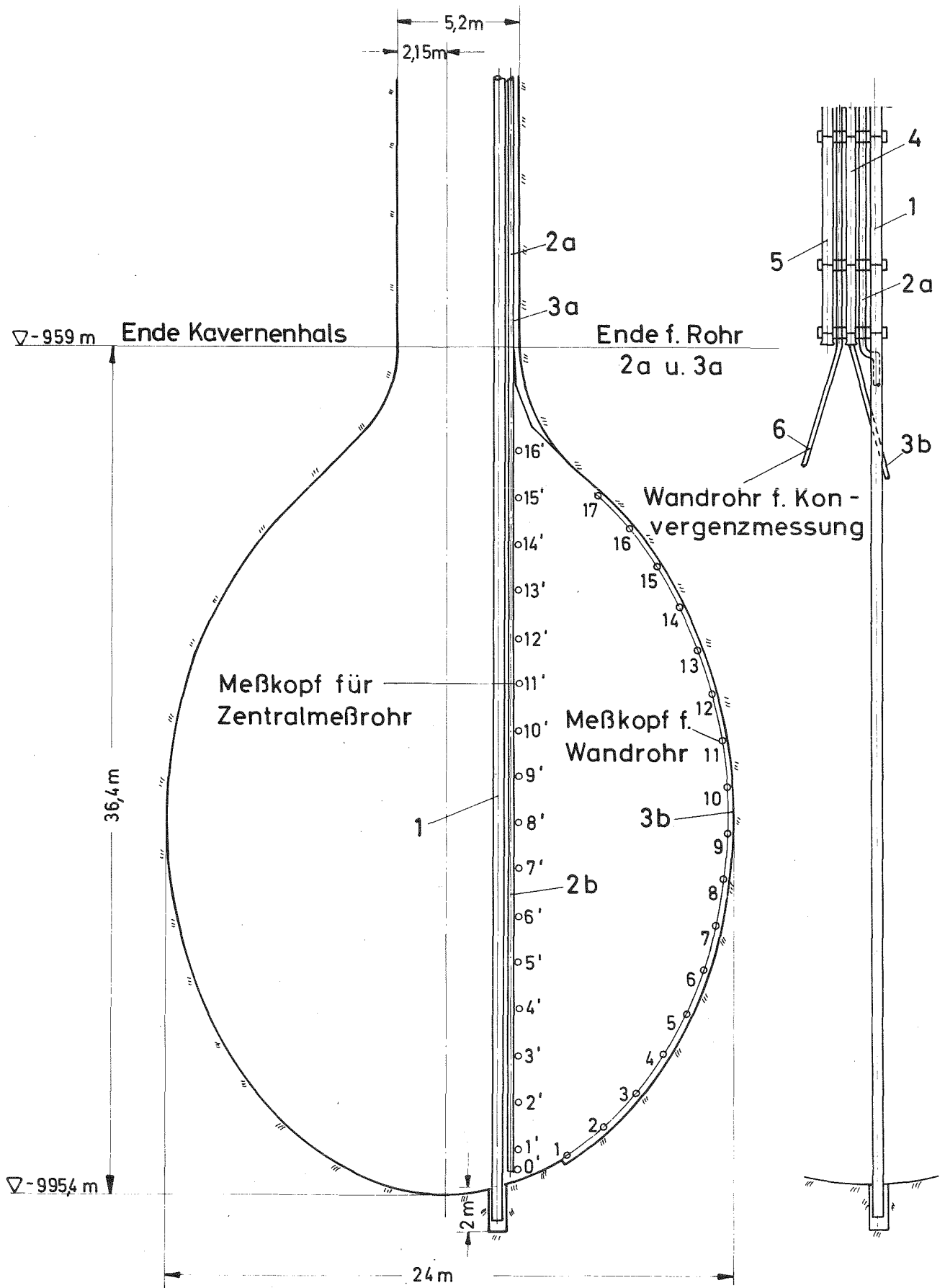


Abb. 12: Anordnung der Schutz- und Meßrohre in der Kaverne

6. γ -Dosisleistung innerhalb des Einlagerungsgutes mittels Ionisationskammer, die von der Gerätewarte innerhalb von Rohr 1 in den Kavernenraum abgesenkt wird und innerhalb der gesamten Kavernenhöhe beliebig verfahren werden kann.
7. Füllstand des Kavernenraumes mit der für die γ -Strahlungsmessungen verwendeten Ionisationskammer. Zur Messung wird das Gerät durch das Rohr 1 soweit abgesenkt, bis das auf der Gerätewarte befindliche Anzeigensinstrument eine markante γ -Pegeländerung anzeigt. Die Absenktiefe wird von dem mit der Kabeltrommel synchron laufenden Tiefenmeßgerät angezeigt. Der ermittelte Wert wird von der Gesamthöhe Kavernensole - Gerätewarte abgezogen und ergibt den Füllstand.

Ferner ist eine visuelle Kontrolle des Einlagerungsgutes mit einer Fotokamera vorgesehen, die durch Rohr 4 bis in die Höhe der Kavernendecke abgesenkt und dort fest positioniert wird. Infolge der aufzubringenden großen Lichtleistung ist die Verwendung eines Blitzlichtgerätes in Verbindung mit mehreren selbstauslösenden Sekundärblitzern vorgesehen.

5.4 Untersuchungen zur Wärmeentwicklung aus spaltproduktartigen mittelaktiven Bitumenprodukten bei der Endlagerung in der Prototyp-Kaverne

Im Rahmen der Untersuchungen zur Sicherheit bei der Endlagerung von mittelaktiven Abfällen in der Prototyp-Kaverne wurden Untersuchungen zur Wärmeentwicklung aus Bitumenprodukten bei der Endlagerung in der Prototyp-Kaverne durchgeführt [7] mit dem Ziel, Grenzwerte für die spezifische Aktivität in Bitumenprodukten zu bestimmen, bei denen unter den Bedingungen der Lagerung in der Kaverne eine unzulässige Erwärmung der Produkte während der gesamten Lagerzeit vermieden wird. Als maximal zulässige Temperatur für die Produkte wurde der Erweichungspunkt von Bitumen Mexphalt 15 (70°C) angenommen, der etwa 20°C

niedriger liegt als der Erweichungspunkt der hier betrachteten Bitumen/ NaNO_3 -Gemische. Bei den Untersuchungen wurde die maximal auftretende Temperatur in der Kaverne in Abhängigkeit von der Lagerzeit für verschiedene Befüllungsarten (instantan, stufenweise), spezifische Aktivitäten der Abfallprodukte und verschiedenes Alter der fixierten Spaltprodukte zur Zeit der Einlagerung berechnet. Für die Untersuchungen wurden folgende Modellannahmen gewählt:

Abfallart: Fixierte Spaltprodukte aus LWR (33.000 MWd/t; 30 MW/t); Bitumen Mexphalt 15/ NaNO_3 -Produkte (50 Gew. % Salze), Dichte 1,5 kg/l; spezifische Aktivität der Abfälle zur Zeit der Einlagerung 0,1 Ci/l bis 1 Ci/l; Alter der Spaltprodukte (zur Zeit der Einlagerung) 0,5 a, 1 a, 2 a.

Kaverne: Durchmesser 22,8 m, Höhe 36 m (entsprechend den größten Abmessungen der Prototyp-Kaverne; Approximation der wahren Kavernenform (gestrecktes Ellipsoid mit aufgesetztem Kreiskegel) durch einen Zylinder; Befüllung kompakt (bis zum jeweiligen Füllstand); Wärmeleitfähigkeit der Befüllung $0,31 \text{ W/m}^\circ \text{C}$ (entsprechend dem Abfallprodukt ohne Berücksichtigung des miteingelagerten Faßwerkstoffs); kein Luftspalt zwischen Befüllung und Kavernenwand; Anfangstemperatur des umgebenden Salzes 37°C .

Einlagerungsweise: Instantan oder stufenweise in konstanten Einzelschritten während 10 Jahren.

Für die Temperaturberechnungen wurden 3 verschiedene instationäre Wärmeleitungsprogramme verwendet [8].

Die Berechnungen sind aus folgenden Gründen konservativ:

- Die Annahme einer kompakten Befüllung ergibt eine höhere Wärmeleistungsdichte, als in Wirklichkeit auftreten wird.
- Durch die verwendete Approximation der wahren Kavernenform durch einen Zylinder wird die Wärmeableitung unterschätzt.

- Die effektive Wärmeleitfähigkeit der Kavernenfüllung wird unterschätzt, da der Einfluß des Faßwerkstoffs auf die Wärmeableitung nicht berücksichtigt wurde.

Als Beispiel für die Ergebnisse zeigt Abb. 13 den zeitlichen Verlauf der Maximaltemperatur in der Prototyp-Kaverne bei instantaner und stufenweiser Einlagerung von Bitumenprodukten mit einer spezifischen Aktivität der Produkte von 0,1 Ci/l und 0,3 Ci/l für 0,5 a alte fixierte Spaltprodukte.

Die aus den Temperaturberechnungen abgeleiteten Grenzwerte für die spezifische Aktivität in den bituminierten Abfällen, bei denen unter den hier gemachten pessimistischen Modellannahmen während der gesamten Lagerzeit die maximal zulässige Temperatur von 70^o C nicht überschritten wird, sind in Tab. 3 angegeben.

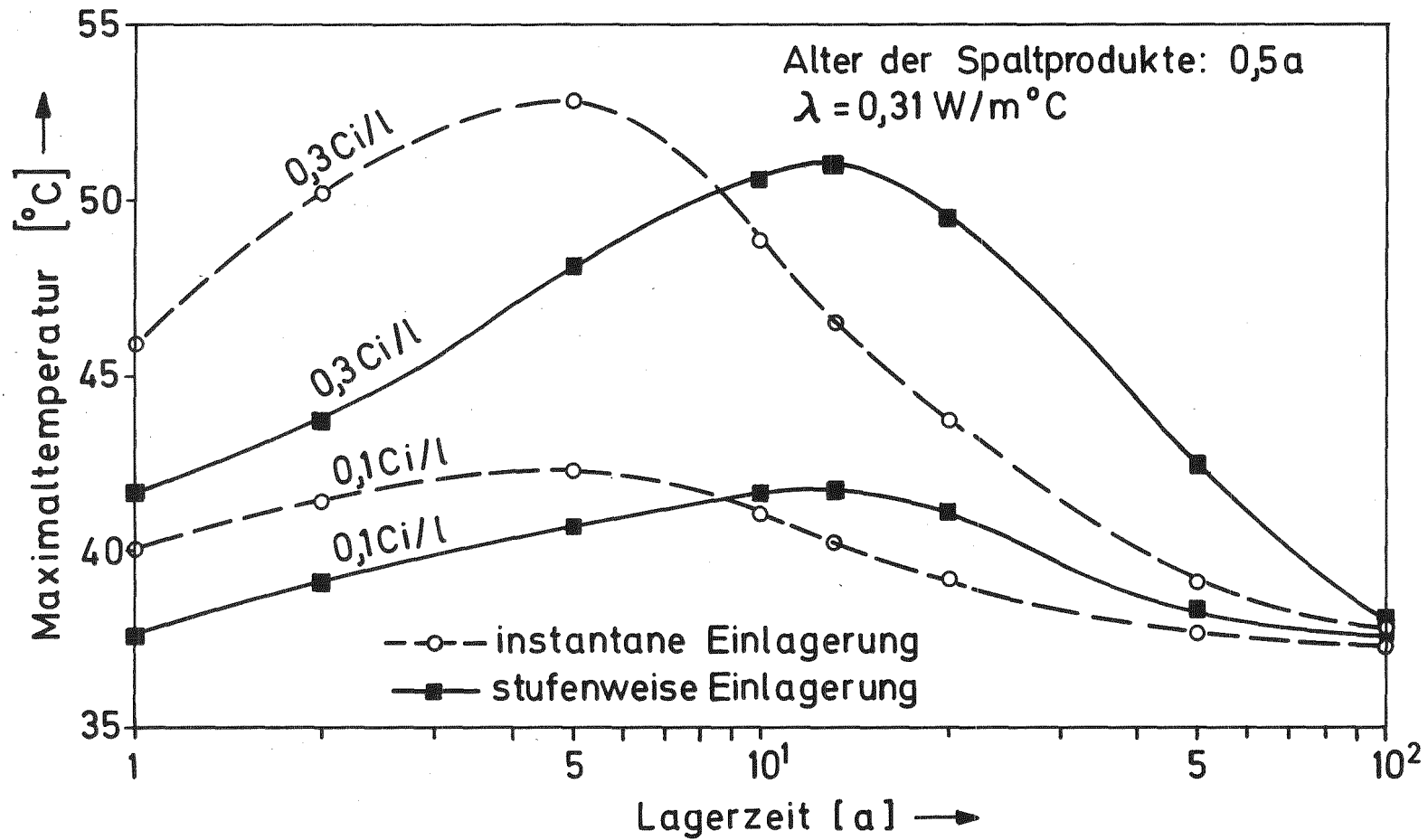


Abb. 13: Zeitlicher Verlauf der Maximaltemperatur in der Prototyp-Kaverne beim Lagern von Bitumen / NaNO_3 -Gemischen (50 Gew. % Salze)

Tab. 3: Grenzwerte für die spezifische Aktivität in den Bitumen/ NaNO_3 -Gemischen entsprechend einer Maximaltemperatur von 70°C

Alter der Spaltprodukte a	Grenzwerte der spezifischen Aktivität [Ci/l]	
	instantane Einlagerung	stufenweise Einlagerung
0,5	0,60	0,70
1	0,45	0,45
2	0,35	0,30

Aus den Ergebnissen geht hervor, daß die Wärmeentwicklung aus spaltprodukt-haltigen Bitumenprodukten mit wachsendem Alter der Spaltprodukte (bei gleicher spezifischer Anfangsaktivität) zunimmt. Hinsichtlich der maximal auftretenden Temperatur in der Kaverne ergeben sich zwischen instantaner und stufenweiser Einlagerung bei der hier betrachteten Abfallart keine wesentlichen Unterschiede. Bei anderen Kavernenabmessungen oder Abfalleigenschaften könnten jedoch durchaus größere Unterschiede auftreten. Ferner zeigen die Ergebnisse, daß aufgrund der Wärmeentwicklung von Bitumenprodukten eine obere Grenze für die spezifische Aktivität der Produkte bei der Endlagerung in einer Kaverne gesetzt werden muß. Sie liegt bei den hier gemachten Annahmen und betrachteten Verhältnissen unter dem Wert von 1 Ci/l, der vom Standpunkt der Strahlenbeständigkeit des Fixierungsmaterials Bitumen her noch zulässig wäre.

Bei den bisherigen Untersuchungen wurde der Beitrag der als Verunreinigungen in den Abfällen vorhandenen α -Strahler zur Wärmeentwicklung nicht berücksichtigt. Derartige Untersuchungen sowie Untersuchungen zur Wärmeentwicklung aus zementierten Abfällen bei der Endlagerung in einer Prototyp-Kaverne sind für 1976 geplant.

6. Beseitigung tritiumhaltiger Abwässer durch Einpressen in poröse Schichten des tiefen Untergrundes

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens zur Versuchsversenkung tritiumhaltiger Abwässer aus dem Kernforschungszentrum Karlsruhe in eine erschöpfte Erdöllagerstätte der Bohrung Lh 2 im Erdölfeld Leopoldshafen wurde eine Ergänzung des Antrages auf wasserrechtliche Genehmigung durch einen Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis notwendig. Die Antragsunterlagen wurden entsprechend den Forderungen und Wünschen der betroffenen Behörden überarbeitet und in abgestimmter Form dem Bergamt Baden-Württemberg zugeleitet. Das Offenlegungsverfahren soll im 1. Quartal 1976 durchgeführt und mit der Erteilung der ausstehenden atom- und wasserrechtlichen Genehmigung sowie der Baugenehmigung für die oberirdische Herrichtung abgeschlossen werden.

In diesem Zusammenhang wurde durch 9 Einpreßversuche in Chargen von jeweils 13 m^3 inaktivem Salzwasser das Aufnahme- und Druckverhalten der Bohrung demonstriert. Bei einem Pumpendruck zwischen 60 und 80 atü wurden Einpreßraten von etwa $5 \text{ m}^3/\text{h}$ erreicht. Dieses Ergebnis und der schnelle Druckabbau in der Steigrohrleitung nach Beendigung der Einpressversuche bestätigen die gute Aufnahmefähigkeit der Lagerstätte. Die während des Einpressens beobachtete Abnahme des Druckes im Ringraum beruht auf Volumenänderungen der Ringraumfüllung, die durch das Temperaturgefälle zwischen Einpreßflüssigkeit und Gebirge bewirkt werden.

7. Forschungsarbeiten

7.1 Einlagerung hochaktiver Abfälle

7.1.1 Temperaturversuche und -berechnungen

Auf der 750-m-Sohle wird zur Klärung gebirgsmechanischer Deformationen und Fragen der Wärmeausbreitung bei der Einlagerung wärmeentwickelnder hochaktiver Gläser das Temperatur-Versuchsfeld 3 eingerichtet. Im Berichtsjahr wurde die elektrische Installation für die in situ-Versuche fertiggestellt. Die Montage der mechanischen Einrichtung konnte abgeschlossen werden, so daß Anfang 1976 mit der Durchführung des Großversuches begonnen werden kann.

Der Bau und die Funktionstests der fünf Erhitzer für das Temperatur-Versuchsfeld 3 wurden abgeschlossen. Die Erhitzer haben zylindrische Form. Sie sind 1000 mm lang und besitzen einen Außendurchmesser von 200 mm. Als Baumaterial wurde V2A-Stahl verwendet. Zwischen den beiden konzentrisch angeordneten Rohren eines Erhitzers befindet sich eine keramikverperlte Heizmatte mit einer Länge von 80 cm. Der Ringraum zwischen den beiden Rohren ist über und unter der Heizmatte mit Steinwolle und Kaowool-Zement ausgefüllt.

Die Installationen zur Erfassung der Gesteinsdeformation wurden fertiggestellt. Zu diesem Zweck wurden rd. 230 Festpunkte im Gebirge verankert, die während des Versuches im Hinblick auf ihre Verschiebungen überwacht werden.

Das Versuchskonzept wurde in Abstimmung mit der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe dahingehend abgewandelt, daß alle Erhitzer gleichzeitig in Betrieb genommen werden und die Aufheizung nicht in 50 m, sondern in 27,5 m Gesteinstiefe vorgenommen wird. Der Versuchsbeginn ist für Januar 1976 vorgesehen.

Für die in-line Messung der Bohrlochkonvergenz wurde ein auf einer Kapazitätsmessung basierendes Verfahren entwickelt. Mit dem Bau der Meßeinrichtung und eines Hilfsgerätes für den Einbau der Meßeinrichtung in das Bohrloch wurde begonnen.

Die Entwicklung und Weiterentwicklung von Rechenprogrammen für die Temperaturberechnung wurden an der RWTH Aachen fortgeführt. Die Erstellung eines dreidimensionalen Programms, das eine genaue Erfassung der Lagergeometrie ermöglichen soll, wurde in Angriff genommen.

Die zweidimensionalen Programme TEFELD und ASYTE wurden inzwischen von ABRA übernommen und an die GfK-Rechenanlage angepaßt. Nach geeigneten Modifikationen und Erweiterungen konnte TEFELD für die Behandlung spezieller Wärmeprobleme bei der Prototyp-Kaverne eingesetzt werden. (Ausführliche Untersuchungen der Wärmeentwicklung in der Prototyp-Kaverne wurden mit zwei anderen bei ABRA entwickelten Rechenprogrammen durchgeführt).

Als Vorbereitung eines Temperaturversuchs mit einer verrohrten Lagerbohrung wurden Berechnungen der Temperaturverhältnisse, die bei unterschiedlicher Hinterfüllung der Verrohrung zu erwarten sind, durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, daß bei verrohrten Bohrlöchern der Verzicht auf eine Hinterfüllung zu niedrigeren Temperaturen in den Glaszylindern führen würde, als die Verwendung einer Hinterfüllung aus Beton.

7.1.2 Planung des Transportabschirmbehälters

Wegen der starken Mittelreduzierung konnten die Arbeiten für die Planung der Transportbehälter nur in stark reduziertem Umfang fortgesetzt werden.

Als Neutronenabschirmmaterial für den Transportbehälter für hochaktive Abfälle sollte im Mantelbereich ursprünglich Lithiumhydroxid mit einer Dichte $\rho = 1,8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ (amerikanische Literaturwerte) verwendet werden. Jedoch konnten Laborversuche diese Werte nicht bestätigen, es wurden Dichten zwischen 1,3 und 1,59 ermittelt. Durch diese Abweichungen konnte der bisher vorgesehene Aufbau der Abschirmung nicht aufrechterhalten werden, da der Behälter sowohl im Gewicht von 9,8 t als auch in den geometrischen Abmessungen die durch den Förderkorb der Asse gegebenen Grenzen überschritten hätte. Die Vergrößerung der Lithiumhydroxidschicht wirft ein weiteres Problem auf, da die Wärmeableitung durch die dickere Schicht schlechter wird; hieraus folgt eine höhere Betriebstemperatur, bei der eine Dehydratisierung des Lithiumhydroxids nicht mehr ausgeschlossen werden kann. Somit konnte das Projekt mit Lithiumhydroxid als Neutronenabschirmung nicht weiter verfolgt werden.

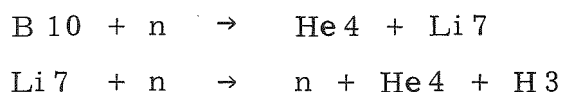
Als weiteres Neutronenabschirmmaterial wurde Polyamid untersucht, jedoch ergaben Strahlenschutzrechnungen unzulässige Dosisleistungswerte.

Boriertes Polyäthylen brachte gleiche Dosisleistungswerte wie Lithiumhydroxid, deshalb wurde das Projekt mit diesem Material weiterverfolgt. Labor- und Durchstrahlungsversuche werden anschließend durchgeführt, um die theoretischen Werte zu bestätigen.

Für Fallversuche, durch die die Dichtheit der Abfallverpackungen ("Kokillen") auch nach einem eventuellen Unfall nachgewiesen werden muß, wurden Probebehälter beschafft. Sie werden anschließend mit Glas gefüllt und danach in Zusammenarbeit mit der BAM in Berlin Fall- und Auslaugversuchen unterworfen.

7.2 Untersuchungen zur Beseitigung von Neutronenabsorbemern aus Leichtwasser-Reaktoren

In Leichtwasser-Reaktoren werden im Erstcore Neutronenabsorber eingesetzt, in denen im wesentlichen durch die folgende Reaktion Tritium erzeugt wird:



Daneben entstehen durch die Aktivierung des Stahls beträchtliche Mengen an Aktivierungsprodukten. Die Lagerung der Neutronenabsorber in der Asse stellt insofern ein Problem dar, als in einem Salzbergwerk keine Abfälle gelagert werden können, aus denen Tritium freigesetzt wird. Daneben muß untersucht werden, welche Auswirkungen der hohe Anteil an Aktivierungsmaterialien auf die Entwicklung von Radiolysegasen und auf die Erwärmung der Abfälle haben wird.

Zur Messung der Tritium-Freisetzung aus den Vergiftungsstreifen wurden die vom Kraftwerk Lingen angelieferten Bleche in der GfK in eigens dafür vorbereitete 200-l-Fässer geladen. Bei den im Abstand von jeweils mehreren Wochen durchgeführten ersten Messungen wurde festgestellt, daß unter den im Lagerbunker herrschenden Bedingungen die Tritium-Freisetzung äußerst gering war und im Bereich der Nachweisgrenze des verwendeten Meßgerätes lag. Da aus diesen Messungen allein noch keine hinreichende Aussage über die Tritium-Freisetzung bei einer langfristigen Lagerung in der Asse gemacht werden kann, soll die Tritium-Freisetzung auch noch bei erhöhten Temperaturen gemessen werden. Hierzu wurde eine Einrichtung entwickelt und von einer Industriefirma hergestellt.

7.3 Gebirgsmechanische Untersuchungen

Die im Jahre 1974 begonnenen Laboruntersuchungen zur Ermittlung spezifischer festigkeitsmechanischer Parameter an Steinsalzkerne des Hauptsalzes Na₂SO₄ aus der Kavernen-Vorbohrung [9] wurden fortgeführt. Die Versuchsanordnung bei einem einachsigen Druckversuch mit gleichzeitiger Erfassung der Längs- und Querdeformation durch induktive Wegaufnehmer an einem zylindrischen Salzgesteinsprüfkörper zeigt Abb. 14.

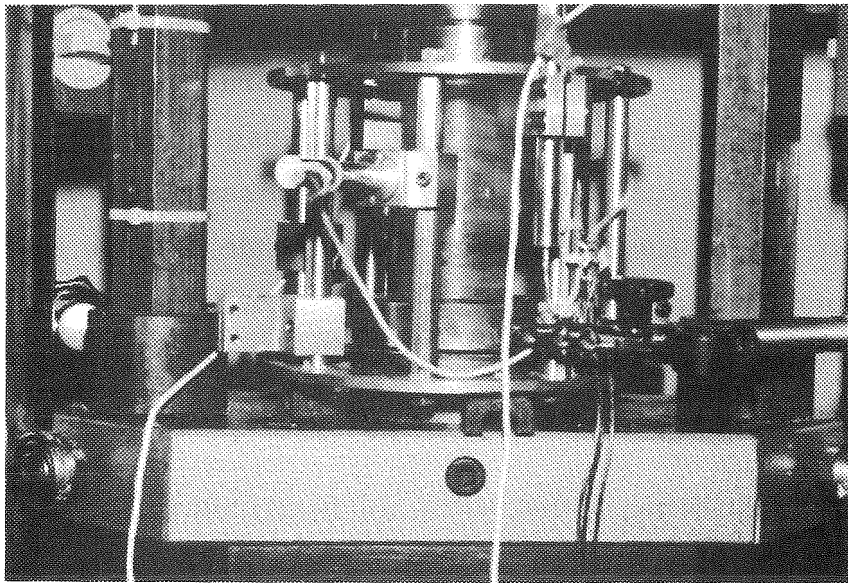


Abb. 14: Salzgesteinsprobe beim einachsigen Druckversuch mit Erfassung der Verformungskennlinie durch induktive Wegaufnehmer

Bei den nunmehr auf zylindrische Proben der "Norm"-Schlankheit $H/D = 2$ ausgedehnten einachsigen Druckversuchen wurde im Vergleich zu Proben mit einem H/D -Verhältnis von 1 und bei sonst unveränderten Versuchsbedingungen eine vergleichsweise hohe mittlere Druckfestigkeitsabnahme um rd. 36 % festgestellt. Außerdem wurde durch einen oft anormalen Verlauf der gleichzeitig an den Proben aufgenommenen Spannungs-Verformungs-Kennlinien, durch eine weitgehende Schallabsorption in Probenlängsrichtung bei zuvor durchgeführten Ultraschall-Laufzeitmessungen sowie durch eine recht hohe Streuung in den Versuchsergebnissen der triaxialen Festigkeits- und Verformungsuntersuchungen an Proben der gleichen Serie die Beobachtung bestätigt, daß nahezu sämtliche Kerne dieser Vorbohrung bei der Hereingewinnung im Counterflush-Verfahren sehr stark mechanisch vorbeansprucht, teilweise sogar makroskopisch sichtbar geschädigt sowie von der Bohrspülung auf zur Kernachse orthogonal stehenden Trennflächen durchtränkt worden sind. Bedingt durch diese Vorbeanspruchung bei der Probenahme sind daher die bisherigen Versuchsergebnisse zur Kennzeichnung der geomechanischen Eigenschaften dieses Steinsalzes noch nicht als repräsentativ für das im Kavernenbereich anstehende Gebirge zu betrachten. Weitere Untersuchungen an Proben aus dieser Vorbohrung, wie z. B. eine Bestrahlung im Forschungsreaktor Neuherberg der GSF, für die bereits Prüfkörper vorbereitet waren, müssen infolgedessen zurückgestellt werden.

Da die Kavernen-Vorbohrung bisher der einzige Grubenaufschluß ist, der tief in die Hauptmasse des Älteren Steinsalzes der Asse reicht, sind sämtliche Festigkeits- und Verformungsuntersuchungen an diesem Älteren Steinsalz zu wiederholen, sobald eine ungestörte Probenahme aus diesen Partien möglich ist. Dies wird im Jahre 1976 der Fall sein, wenn der Kavernenbereich bergmännisch erschlossen wird.

Die untertägigen Gebirgsbeobachtungen und Überwachungsmaßnahmen im Bereich des Abbaus 7 der 490-m-Sohle, des Durchhiebes und an der Strahlenschutzmauer zum Abbau 8 a der 511-m-Sohle, über die bereits in

verschiedenen Vorjahresberichten berichtet wurde, wurden fortgesetzt. Besondere Vorkommnisse wurden nicht festgestellt.

Die jährlichen markscheiderischen Gebirgsbeobachtungen haben ergeben, daß die Verlagerungen der in der Grube vermarkten Festpunkte sowohl in ihrer Richtung als auch in ihrem Betrag mit den bisherigen Messungen generell übereinstimmen. Für die 490-m-Sohle scheint sich die Anlegung der Vergleichslinie im Sattelkern [6] zu bewähren. Bereits aus der ersten Wiederholungsmessung ergaben sich unterschiedliche Bewegungen für Sattelkern und südliche Salzflanke, die im Laufe der Zeit bessere Deutungen der Meßergebnisse erwarten lassen.

Auf der 553-m-Sohle hat eine geringe Remobilisation der querschlägigen Pfeilereinengung zwischen den Abbauen 4 und 5 stattgefunden [10] , die wahrscheinlich durch die Auffahrung der Wendelstrecke in unmittelbarer Pfeilernähe begründet ist und nach kurzer Zeit wieder abklingt.

Die Punktnetze der 750-m- und 800-m-Sohle haben die Trends der Vorjahre beibehalten. Für die 775-m-Sohle mußten die vermessungstechnischen Anschlußbedingungen geändert werden. Verhaltensvergleiche sind dadurch noch nicht möglich.

Das übertägige Senkungsnivellement wurde programmgemäß durchgeführt. Die ermittelten Höhenänderungen mit negativem und auch positivem Vorzeichen lagen zum großen Teil innerhalb der erzielbaren Meßgenauigkeit.

Über sämtliche Gebirgsbeobachtungen ist der Bergbehörde berichtet worden.

Für die geplante Prototyp-Kaverne wurde ein gebirgsmechanisches in situ-Untersuchungsprogramm erarbeitet. Mit Hilfe einer Reihe von Bohrloch-extensometern sollen die Verschiebungen des Gebirges in verschiedenen Abschnitten zwischen 830 m und 1000 m Teufe während der Auffahrung und, so lange wie möglich, auch in der folgenden Betriebszeit der Prototyp-Kavernenanlage erfaßt und überwacht werden. Zusätzliche geomechanische

Tests in den Kavernenstößen sind in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, vorgesehen. Das Untersuchungsprogramm wurde soweit vorbereitet, daß im Laufe des Berichtsjahres die hierfür zusätzlich erforderlichen bergmännischen Arbeiten ausgeschrieben werden konnten.

7.4 Sicherheitsstudien

Ein Ereignis im Juni des vergangenen Jahres bestimmte die Arbeiten auf diesem Gebiet im Jahre 1975 ganz wesentlich. Im Kalibergwerk Ronnenberg der Kali-Chemie AG ereignete sich ein Laugen- und Wassereinbruch. Wegen der Definition als "größter anzunehmender Unfall (GAU)" eines solchen Ereignisses für das Salzbergwerk Asse bemühte sich die Wissenschaftliche Abteilung sofort nach Bekanntwerden des Schadensfalls, einschlägige Messungen in und am Kalibergwerk Ronnenberg durchführen zu können. Dies wurde sowohl von der Bergwerksgesellschaft als auch von der aufsichtsführenden Bergbehörde ohne Zögern gestattet. Wegen der Bedeutung dieses Ereignisses soll an dieser Stelle eine erste kurzgefaßte Mitteilung gegeben werden.

Über der Einbruchsstelle drohten durch Entzug des Grundwassers Erd-senkungen in bebauten Gebieten aufzutreten. Zur Erreichung einer flächenhaften Absenkung des Grundwasserspiegels wurden von übertage aus drei Entlastungsbohrungen niedergebracht, von denen eine (EB 3) den Salzspiegel trocken antraf und daraufhin wieder verfüllt wurde. Durch die beiden anderen (EB 1 und EB 2) stürzten aus dem klüftigen Deckgebirge große Wassermassen in das angebohrte Grubengebäude. Innerhalb von 48 Stunden sind schätzungsweise 4 Mio. m³ Grundwasser durch die beiden Entlastungsbohrungen zugeflossen. Die Bohrlöcher wurden im unteren Teil infolge der Auflösung von Steinsalz von etwa 25 cm Durchmesser auf einen solchen von ca. 6 bis 7 m erweitert. Zusätzlich wurde der dabei entstandene Hohlraum in der Höhe des Salzspiegels zu einem Durchmesser von etwa

20 bis 30 m pilzartig ausgewaschen. Die beiden Bohrungen EB 1 und EB 2 wurden bisher zweimal echometrisch vermessen, davon das erste Mal im Auftrag des Instituts für Tieflagerung.

Abb. 15 zeigt einen Vertikalschnitt in West-Ost-Richtung durch die Entlastungsbohrung EB 2. Daraus ist zu erkennen, daß auch noch in der Zeit zwischen der ersten (1.8.1975) und der zweiten (21.8.1975) Messung weiterhin Salz aufgelöst wurde.

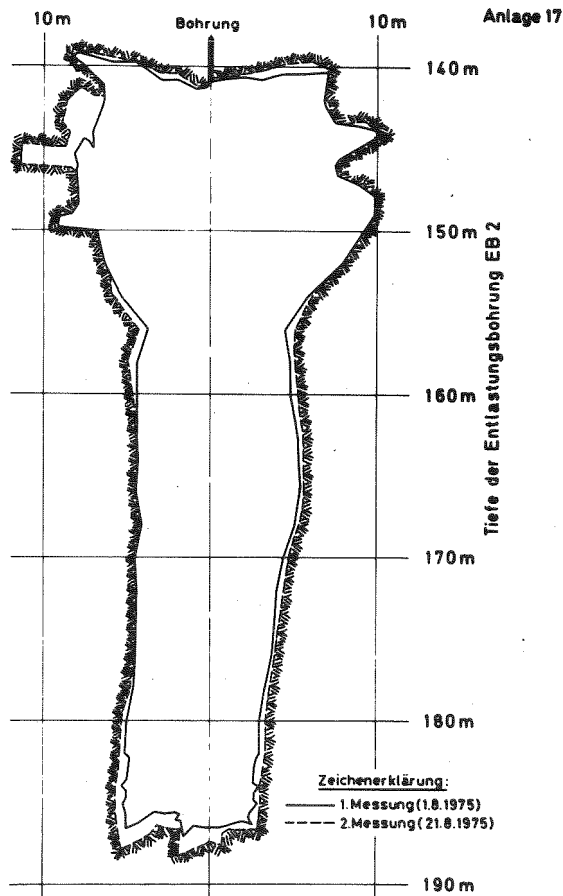


Abb. 15: Vertikalschnitt in West-Ost-Richtung durch die Entlastungsbohrung EB 2 beim Kalibergwerk Ronnenberg. Ergebnis zweier echometrischer Vermessungen

Das Grundwasser im Deckgebirge besaß eine Temperatur von ca. 15°C und eine Dichte von $1,03\text{ g/cm}^3$, was in etwa folgender Zusammensetzung entspricht: $14,0\text{ g/l Na}^+$, $0,5\text{ g/l K}^+$, $1,3\text{ g/l Ca}^{++}$, $22,2\text{ g/l Cl}^-$ und $3,6\text{ g/l SO}_4^{--}$, entsprechend einem Gesamtsalzgehalt von $41,6\text{ g/l}$.

Für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Salzformationen war von besonderem Interesse zu erfahren, wie schnell ein Temperaturausgleich und eine Aufsättigung der Lösung erfolgen würden. Solange sich nämlich thermisches und Lösungs-Gleichgewicht nicht eingestellt haben, treten neben Diffusionsvorgängen in der Flüssigkeit auch Konvektionsströmungen durch Lösungen unterschiedlicher Dichte auf. Durch diese Mechanismen könnten im Falle des Vollaufens eines Endlagers radioaktiver Abfälle Radionuklide transportiert werden.

Deshalb wurden an allen zugänglichen Punkten des Kalibergwerkes Ronnenberg in regelmäßigen Abständen Wasserproben entnommen und Temperaturen gemessen. In Abb. 16 ist als erstes Auswertungsbeispiel der Temperaturanstieg in Abhängigkeit von Zeit und Teufe in der Schachtröhre Deutschland des Kalibergwerkes Ronnenberg unmittelbar nach Aufgehen der Wässer dargestellt.

Probenahmen, Analysen und Messungen werden fortgeführt. Außerdem wurde mit dem Entwurf und dem Bau einer hydrologischen Meßsonde begonnen. Es ist beabsichtigt, mit dieser Sonde bis zu einer Tiefe von 600 m Temperatur, vertikale Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit in abgesoffenen Schächten und hydrologischen Bohrungen zu messen. Die Sonde soll im ersten Quartal 1976 fertiggestellt sein.

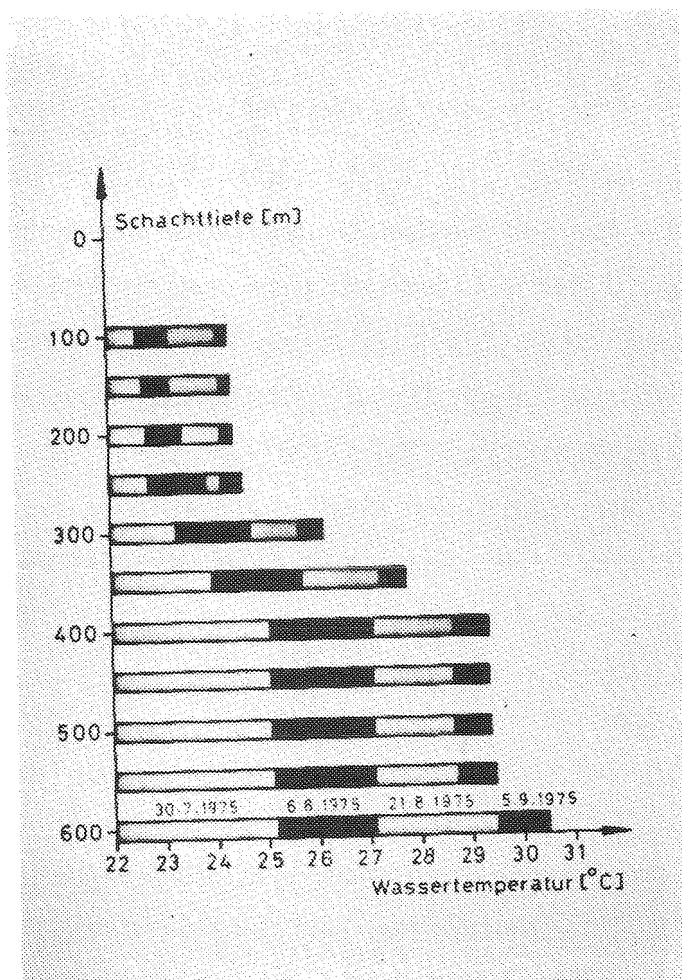


Abb. 16: Wassertemperatur in Abhängigkeit von Zeit und Tiefe im Schacht Deutschland des Kalibergwerkes Ronnenberg

7.5 Geologische Untersuchungen

Nach Fertigstellung der Wendelstrecke, welche alle Sohlen im Grubengebäude des Salzbergwerkes Asse von 490 m bis 775 m Teufe zugänglich macht, wurde die petrographische und strukturelle Aufnahme abgeschlossen. Sie wurden in einer geologischen Karte der Wendelstrecke dargestellt. Aus diesen geologischen Aufnahmen ist zu entnehmen, daß über die Hälfte der insgesamt 2770 m langen Wendelstrecke im Carnallit (K 2 C) verläuft.

Dieser Umstand war durch die bereits vorhandenen Grubenbaue vorgegeben. Die restlichen Streckenabschnitte haben überwiegend Weißes Liniensalz (Na 3 β) durchörtert.

Für die vorgesehene Einlagerung abgebrannter AVR-Brennelemente wurde ein möglichst abseits von den übrigen Grubenbauen gelegener Einlagerungs-ort prospektiert, der dennoch in ausreichend reinem Älteren Steinsalz (Na 2) des Sattelkernes liegt. Die Auffahrung der Lagerstrecke im Speisesalzhorizont (Na 2 SP) mit hangendem Polyhalitbänkchensalz (Na 2 P) und die geologische Bearbeitung einer Kernbohrung in die liegenden Schichten bestätigten die Prospektierung. Die Kernbohrung verläuft im Staßfurt-Steinsalz (Na 2), und zwar in den oberen 17 m im Speisesalz (Na 2 SP) und Übergangssalz (Na 2 \ddot{U}) und darunter bis zur Endteufe von 35 m im Hauptsalz (Na 2 β).

Die Baugrube für die Erweiterung der Schachthalle ergab einen großdimensionalen Aufschluß, in dem insbesondere Schollengrenzen im verstürzten Deckgebirge näher untersucht werden konnten. Es zeigte sich, daß bei stark unterschiedlichem Einfallen der Schichten in diesem Bereich jeweils die nördliche Scholle abgesunken ist.

7.6 Hydrogeologische Untersuchungen

Neben der langzeitigen Erfassung der hydrologischen Parameter wurden die bisherigen Meßergebnisse des Hydrogeologischen Forschungsprogramms im Bereich der Asse ausgewertet.

Im Bereich der großen Diagonalstörung östlich von Schacht Asse 2 wurde nach Nordosten zu eine reiche Grundwasserführung angetroffen, während gegen Süden nur geringe Grundwassermengen abfließen. Die bisherigen Befunde deuten darauf hin, daß der grundwasserführende Teil der Tal-senke gegen die Westscholle zu abgedichtet ist.

Für das Gebiet von Wittmar mit dem Schacht Asse 1 und dem Abschnitt des westlichen Strukturschlusses bei Groß Denkte gilt folgendes. Bei Wittmar und in stärkerem Maße bei Groß Denkte treten Grundwässer aus, deren Lösungsinhalt teilweise, in einigen Quellen bei Groß Denkte sogar vollständig, über den Aufstieg an Querstörungen aus dem Zechstein-Salinar stammt. Bei Wittmar treten diese Wässer aus Gesteinen des Südflügels, bei Groß Denkte aus dem verstürzten Deckgebirge und aus Gesteinen des Nordflügels aus.

Die bisherigen Messungen der Tritiumgehalte zeigen die Möglichkeit einer Gliederung der Grundwässer an der Asse nach ihrer Verweilzeit im Boden bzw. im Gebirge. Salzwässer, die am Westrand der Struktur austreten, sind für die Klärung der Ablaugungsvorgänge am Salzstock von Bedeutung. Durch Messung des Tritiumgehaltes und der elektrischen Leitfähigkeit konnten diese Wässer genetisch eingestuft und als Mischwässer mit unterschiedlichen Anteilen von aufsteigendem Salzwasser, rezentem Niederschlagswasser und Grundwasser angesprochen werden.

Für den Bereich des Salzspiegels hat ein Injektionsversuch im Zusammenhang mit der Auswertung von Grundwasserspiegelganglinien und Schüttungsmessungen ergeben, daß nicht nur lokal, sondern weiträumig zusammenhängende Wasserwege entlang des Salzspiegels an der Asse vorhanden sind.

In den Bohrungen, die den Salzspiegel erreichen, wurden die über 200 m tief reichenden Vollrohre des Ausbaus durch eine Fernsehuntersuchung auf Korrosionserscheinungen überprüft, um sicherzugehen, daß die Absperrung des Grundwassers gegen das Salzgebirge gewährleistet ist und es nicht zu einer künstlich erzeugten Salzablaugung kommt. Die Fernsehaufnahmen zeigten nur im Schwankungsbereich des Wasserspiegels und darüber eine mäßig flächenhafte Rostbildung und ließen keine elektrochemische Korrosion erkennen.

7.7 Systemstudie "Radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland"

Im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie wird von Großforschungszentren und Industriefirmen eine Systemstudie "Radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland" erstellt.

Die mit dem Anfall, der Behandlung und Endlagerung des radioaktiven Abfalls verbundenen Probleme sollen darin erfaßt werden, um darauf aufbauend ein Entsorgungssystem entwickeln zu können.

Im Rahmen dieser Systemstudie wurden die unter 7.7.1 und 7.7.2 beschriebenen Arbeiten durchgeführt.

7.7.1 Risikoanalytische Untersuchungen

Im Laufe des Jahres 1974 wurde mit Arbeiten für eine risikoanalytische Untersuchung der Endlagerung radioaktiver Abfälle in geologischen Salzformationen begonnen [11]. Es wurde ein Referenzsystem "Verfestigung und Endlagerung von hochaktiven Abfällen aus Wiederaufarbeitungsanlagen" definiert, mit dessen Teilsystem "Endlager" sich diese Arbeiten beschäftigen.

Unter dem hierbei zu bestimmenden Risiko ist das Risiko der Freisetzung von Radionukliden aus dem Salzstock, in dem sich das Endlager befindet, zu verstehen, da die Berechnung der weiteren Ausbreitung der Radionuklide durch die verschiedenen geologischen Formationen in die Biosphäre zur Zeit noch nicht durchführbar ist.

Zunächst mußte das Teilsystem "Endlager" in Bezug auf Ort und angewandte Verfahrensweise näher definiert werden. Als Modell mußte das Salzbergwerk Asse als Endlager für hochaktiven Abfall angenommen werden, da gegenwärtig nur dieses hinreichend bekannt ist, um risikoanalytische Aussagen zu ermöglichen.

Als Grundlage der Analyse wurde eine detaillierte Beschreibung des zu untersuchenden Systems angefertigt. Bedingt durch die Zusammensetzung und Behandlung der hochaktiven Abfälle ergaben sich für die risikoanalytische Betrachtung dieses Systems drei Zeitphasen, nämlich die Betriebsphase sowie 10^3 Jahre bzw. 10^6 Jahre nach Inbetriebnahme. Für jede dieser drei Phasen wurden zur Ermittlung der Fehlereintrittswahrscheinlichkeiten Fehlerbäume aufgestellt. Weiterhin wurde damit begonnen, eine Systematik zur Abschätzung von Wahrscheinlichkeiten der Basisfehler-elemente zu erarbeiten, da keine Fehlerstatistiken vorliegen, aus denen diese Werte hätten entnommen werden können.

Eine erste Abschätzung führte zu Daten, aus denen anhand der entsprechenden Fehlerbäume die Wahrscheinlichkeiten für einzelne "Cut sets" und auch die Gesamtfehlerwahrscheinlichkeit errechnet werden konnte. Diese Werte sind jedoch aufgrund des frühen Entwicklungsstandes der Abschätzungsmethodik von Wahrscheinlichkeiten noch mit einem großen Fehler behaftet.

Zur Abschätzung des zweiten Faktors des Risikos, den radiologischen Konsequenzen eines Fehlerereignisses, wurde die Entwicklung eines Modells in Angriff genommen, das die Freisetzung von Radionukliden aus einem Endlager in geologischen Salzformationen bei Eintritt eines Fehlerereignisses beschreibt. Der Freisetzungsmechanismus in diesem Modell geht über das Auslaugungs- und Transportmedium Wasser, da sich aus den Fehlerbäumen bereits ersehen läßt, daß nur auf diesem Wege relevante Mengen von Radionukliden aus dem Endlager herausgelangen können.

Im Rahmen der Risikoanalysegruppe in der Systemstudie "Radioaktive Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland" wurde weiterhin an der Vervollständigung der risikoanalytischen Methodik und an einer Konzeption für die Risikoanalyse des gesamten nuklearen Brennstoffkreislaufs mitgearbeitet.

7.7.2 Bewertung von Endlagertechnologien

Im Rahmen der Systemstudie wurden unter den Teilprojekten "Bewertung des Potentials der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten und des Potentials der Technologie" die wichtigsten internationalen Konzepte für die Endlagerung radioaktiver Abfälle beschrieben. Für die Endlagertechnologien, die für die Bundesrepublik Deutschland in der Zeit bis 1990 von Bedeutung sein könnten, wurde begonnen, ein numerisches Bewertungsverfahren zu entwickeln. Das zur Zeit auf seine Eignung als Endlagerstätte untersuchte Eisenerzbergwerk Konrad bei Salzgitter wurde mit in dieses Bewertungssystem übernommen.

7.8 Schachtanlage Konrad

Bei der Erkundung weiterer Möglichkeiten für die Endlagerung radioaktiver Abfälle werden neben der Einlagerung in Salzformationen auch andere geeignete Formationen des tieferen Untergrundes in die Überlegungen mit einbezogen. In diesem Zusammenhang wurde im Berichtsjahr eine Eignungsuntersuchung der Schachtanlage Konrad, einer von der Stilllegung bedrohten Eisenerzgrube der Salzgitter Erzbergbau AG, als potentielles Endlager in Angriff genommen.

Die Studie begann mit der Sammlung und Auswertung der umfangreichen vorhandenen Unterlagen und Daten. Ein erster Zwischenbericht über die geologischen, hydrologischen und bergbaukundlichen Gegebenheiten im Bereich der Schachtanlage Konrad wurde im Juli 1975 vorgelegt. Unter Berücksichtigung der vorläufigen Ergebnisse zeichnet sich eine mögliche Eignung der Schachtanlage für Zwecke der Endlagerung gewisser radioaktiver Abfälle ab. Die Ergebnisse der bisher durchgeführten chemischen Untersuchungen der hochgradig versalzten Grubenwässer deuten an, daß zu den am meteorologischen Kreislauf beteiligten Grundwässern offenbar keine Verbindung besteht.

Zur quantitativen Erfassung des Wasserzutritts ins Grubengebäude wurden Schreibpegel installiert. Ein Programm zur Ermittlung hydrogeologisch wichtiger Eigenschaften der Gesteine im Bereich des Grubengebäudes wurde eingeleitet. Die Sichtung bereits vorhandenen Datenmaterials wurde fortgesetzt.

7.9 Kernenergie-dokumentation des Bundesministeriums für Forschung und Technologie

Vom Bundesministerium für Forschung und Technologie wird zusammen mit Vertretern der Großforschungszentren und anderer mit dem

Kernbrennstoffkreislauf und dessen Problemen befaßten Institutionen eine Kernenergiedokumentation erarbeitet, die Fakten, Wertungen und Risiken der Kernenergie auf wissenschaftlichem Niveau darstellen und sich an die interessierte Öffentlichkeit wenden soll. Insbesondere soll diese Kernenergiedokumentation Referenzdokument für alle anderen Aktivitäten der Bundesregierung auf dem Gebiet der Information und für den Dialog mit der Öffentlichkeit sein.

Das Teilgebiet "Endlagerung radioaktiver Abfälle" innerhalb dieser Dokumentation wird von der Wissenschaftlichen Abteilung des Instituts für Tieflagerung bearbeitet. Die Arbeiten an diesem Beitrag sind bereits bis zu einem überarbeiteten Entwurf gediehen, der dem Bundesministerium für Forschung und Technologie vorgelegt wurde.

8. Literatur

- [1] Bedingungen für die Lagerung von schwachradioaktiven Abfallstoffen im Salzbergwerk Asse, GSF, München 1975
- [2] Krause, H., G. Rudolph (Hrsg.), Abteilung Behandlung radioaktiver Abfälle, Jahresbericht 1974, KFK-2212, Nov. 75, S. 148-151
- [3] IAEA, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, Wien, 1973
- [4] GSF-Jahresbericht 1972, S. 144, München 1973
- [5] GSF, GfK, KFA, Endlagerung verbrauchter Brennelemente aus dem AVR-Versuchskraftwerk im Salzbergwerk Asse, Juli 1975
- [6] GSF-Jahresbericht 1974, S. 164, München 1975
- [7] Smailos, E., W. Diefenbacher, E. Korthaus, W. Comper, KFK 2076 (in Vorbereitung)
- [8] Schmidt, H., Dissertation, RWTH Aachen 1971
- [9] GSF-Jahresbericht 1974, S. 163, München 1975
- [10] GSF-Jahresbericht 1970, S. 119, München 1971
- [11] Endlagerung radioaktiver Abfälle, Jahresbericht 1974, S. 34, KFK 2236, GSF - T 57, Dezember 1975

9. Veröffentlichungen

Endlagerung radioaktiver Abfälle

Gemeinsamer Jahresbericht 1974 des Instituts für Tieflagerung der GSF und der Abteilung Behandlung radioaktiver Abfälle der GfK

KFK 2236

GSF - T 57

ALBRECHT, E.

Endlagerung radioaktiver Abfälle - eine Problemlösung des Umweltschutzes, VGB - Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber, Kraftwerke 1975, 199 - 206 (1975)

GSF - T 58

ALBRECHT, E.

Planung und Niederbringen des Bohrschachtes Asse 4, Technische Universität Berlin, Institut für Bergbauwissenschaften: Schacht- und Tunnelbau-Kolloquium Berlin 1975, 7 - 24 (1975)

GSF - T 59

HAGEN, M. ; W. HILD; K. KÜHN

Management of radioactive wastes from fuel reprocessing in the Federal Republic of Germany. A survey on policy and R+D work. 2. Meeting of the Technical Committee on High-Level and Alpha-Bearing Wastes, Vienna, May 5-8, 1975

HEMPELMANN, W. ; M. C. SCHUCHARDT

Einrichtung zum Transportieren von radioaktiven Abfällen.

OS 23 38 480 (13. 2. 1975)

JAKUBICK, A. T.

Migration of Plutonium in Natural Soil. Internat. Symposium on Transuranium Nuclides in the Environment, San Francisco, November 17-21, 1975

AED-CONF-75-625-002

KRAUSE, H.

Treatment and Disposal of Radioactive Wastes. Norwegian Atomic Energy Society, Oslo, December 10, 1974

KRAUSE, H. ; G. RUDOLPH (Hrsg.)

Abteilung Behandlung radioaktiver Abfälle

Jahresbericht 1974

KFK 2212 (November 1975)

SCHEFFLER, K. ; U. RIEGE; W. HILD; A. T. JAKUBICK

Zur Problematik der sicheren Beseitigung α -haltiger Abfälle aus Wiederaufarbeitung und Brennelementfertigung am Beispiel des Langzeitverhaltens hochaktiver Gläser

KFK 2170 (Juli 1975)