

KFK-1585:2

Nicht
entleihbar

gsf

ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE
JAHRESBERICHT 1971

K26

W. Diefenbacher, H. Krause, M. C. Schuchardt (Karlsruhe)
H. Borchert, K. Dürr, K. Klarr, K. Kühn, G. Staupendahl (Clausthal-Zellerfeld)
E. Albrecht, H. Kolditz, K. Thielemann (Wolfenbüttel)

Juli 1972



GSF - T 42

KFK 1585

Gesellschaft für

Strahlen- und Umweltforschung mbH

München

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG MBH KARLSRUHE
GESELLSCHAFT FÜR STRAHLEN- UND UMWELTFORSCHUNG MBH
MÜNCHEN

Juli 1972

KFK 1585

GSF-T 42



ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

JAHRESBERICHT 1971

Büroexemplar

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H. Karlsruhe

Nr.

2

Abteilung Dekontaminationsbetriebe, Karlsruhe (GfK)

Betriebsabteilung für Tieflagerung, Wolfenbüttel (GSF)

Institut für Tieflagerung, Clausthal-Zellerfeld (GSF)

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H.
Zentralbücherei

W. Diefenbacher, H. Krause, M. C. Schuchardt (GfK)

E. Albrecht, H. Kolditz, K. Thielemann (GSF - BfT)

H. Borchert, K. Dürr, K. Klarr, K. Kühn, G. Staupendahl (GSF - IfT)

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.: (0811) 38741 Telex: 05/23125

37291

Kurzfassung

Der vorliegende Bericht ist eine Gemeinschaftsarbeit der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München und der Gesellschaft für Kernforschung mbH Karlsruhe. Er gibt einen Überblick über die im Jahre 1971 durchgeführten Arbeiten auf dem Gebiet der Endlagerung von radioaktiven Abfällen.

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

Im Berichtsjahr wurde mit der langfristigen Einlagerung schwach-aktiver Abfälle auf der 750 m-Sohle begonnen. Die technischen Einrichtungen für die Versuchseinlagerung mittelaktiver Abfälle auf der 490 m-Sohle wurden fertiggestellt und im Probetrieb getestet.

Ferner gibt der Bericht Auskunft über den Stand der Forschungsarbeiten auf den Gebieten Gebirgsmechanik, Geologie und Hydrologie sowie deren Resultate. Außerdem wird über die Planungen neuer Einlagerungstechniken berichtet.

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 1971 in the field of disposal of radioactive wastes.

The mining and construction work carried out both under ground and above ground at the Asse Salt Mine near Remlingen is discussed. The work was done for maintenance and repair as well for expansion of operation in accordance with the future purposes of the facility.

In the period under review long-time disposal of low level wastes was started on the 750 m level. The technical equipment for the test disposal of intermediate level wastes on the 490 m level was completed and checked in test operation.

Moreover, the report informs about the state of research in the fields of rock mechanics, geology, hydrology and its results. Furtheron it is reported on plans for new techniques of storage.

- I -

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorbemerkung	1
2. Bergtechnischer Ausbau und bergbaulicher Betrieb des Salzbergwerkes Asse	3
2.1 Allgemeine Arbeiten untertage	3
2.2 Baumaßnahmen und Planungsarbeiten auf der Liegenschaft Asse	7
3. Einlagerung radioaktiver Abfälle	9
3.1 Schwachradioaktive Abfallstoffe	9
3.2 Mittelaktive Abfälle	10
3.2.1 Versuchseinlagerung	10
3.2.2 Abgeschirmte Einzeltransportbehälter	13
3.2.3 Abgeschirmter Sammeltransportbehälter	14
3.3 Hochaktive Abfälle	14
3.3.1 Planung der Einlagerungstechnik	14
3.3.2 Bergtechnische Planung	15
3.3.3 Temperatur-Versuche	15
3.3.4 THTR-Studie	16
3.3.5 AVR-Studie	17
4. Forschungsarbeiten	18
4.1 Gebirgsmechanische Untersuchungen	18
4.2 Geologische Untersuchungen	23
4.3 Hydrogeologische Untersuchungen	24
4.4 Umgebungsüberwachung	26
4.5 Sicherheitsstudien	27
5. Planung einer Prototyp-Kavernenanlage	28
6. Literaturverzeichnis	31
7. Weitere Veröffentlichungen im Berichtsjahr	32

Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abb. 1	Auslegerkran im Füllort der 490 m-Sohle zum Be- und Entladen des Förderkorbes	3
Abb. 2	15 t - Kranfahrzeug mit Einzelabschirmbehälter E 1	4
Abb. 3	Radschaufellader mit 4 m ³ fassender Ladeschaufel	6
Abb. 4	Salzbergwerk Asse, Fördergerüst mit neuer Schachthalle	7
Abb. 5	Lagerkammer für mittelaktive Abfälle auf der 511 m-Sohle : Rollreifenfaß nach Ausklinken der Faßgreifvorrichtung	11
Abb. 6	Einzelabschirmbehälter E 1 in der Beladezelle des Kernforschungszentrums Karlsruhe	12
Abb. 7	Einzelabschirmbehälter E 1 mit Rollenbock	13
Abb. 8	Vertikale Stoßkonvergenzen am Meßquerschnitt 2 im Durchhieb zu Lagerkammer 8 a auf der 511 m-Sohle	20
Abb. 9	Horizontale und vertikale Stoßkonvergenz an einer Meßstelle im Temperatur-Versuchsfeld 2	21
Abb. 10	Vertikale Konvergenz einer Strecke nach 254 und 1337 Versuchstagen im Temperatur-Versuchsfeld 2	22

Abb. 11	Temperatur und elektrische Leitfähigkeit von zwei Quellwässern	25
Abb. 12	Kavernenfüllungsgrad n in Abhängigkeit vom Böschungswinkel α des Schüttkegels	30

1. Vorbemerkung

Im vorliegenden Bericht soll über die wesentlichsten Arbeiten berichtet werden, 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 Jahre 1971 durchgeführt worden sind. Entsprechend der Aufgabenteilung bearbeitet das Institut für Tieflagerung (IfT), Clausthal-Zellerfeld, berg- und geowissenschaftliche Probleme, die Betriebsabteilung für Tieflagerung (BfT), Wolfenbüttel, führt großtechnische Arbeiten aus und betreibt das Salzbergwerk Asse in Remlingen bei Wolfenbüttel und die Projektgruppe der Abteilung Dekontaminationsbetriebe (ADB), Karlsruhe, ist für kerntechnische Studien sowie für die Entwicklung und Erprobung von Einrichtungen zur Einlagerung der radioaktiven Abfälle verantwortlich.

Auf einzelnen Teilgebieten besteht eine Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Institutionen, z.B. bei gebirgsmechanischen Untersuchungen mit dem Mineralogisch-petrographischen Institut der Technischen Universität Clausthal, bei geologischen und hydrogeologischen Fragen mit der Bundesanstalt für Bodenforschung und dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Hannover, bei Bergbaufragen, insbesondere beim Abteufen von Schächten, mit den Bergbauabteilungen der Technischen Universität Berlin sowie der Technischen Hochschule Aachen. 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 RB/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 Bodenforschung Hannover durchgeführt.

An dieser Stelle soll allen Behörden und Institutionen gedankt werden, die durch ihre Mithilfe und ihr Entgegenkommen die Durchführung der Arbeiten unterstützt haben.

2. Bergtechnischer Ausbau und bergbaulicher Betrieb des Salzbergwerkes Asse

2.1 Allgemeine Arbeiten untertage

Wie in den Vorjahren ist auch im Berichtsjahr eine Reihe von bergmännischen Arbeiten durchgeführt worden, die für die Aufrechterhaltung eines geregelten Betriebsablaufes notwendig sind. So wurden sowohl die durch Bergverordnungen vorgeschriebenen Prüfungen und Untersuchungen an den maschinen- und elektrotechnischen Anlagen sämtlicher Seilfahreinrichtungen sowie entsprechende Wartungsarbeiten durchgeführt, als auch die Schachteinbauten ständig kontrolliert und gewartet.

In den Füllrörtern der 490 m- und 750 m-Sohle ist je ein Auslegerkran mit einer Tragfähigkeit von 10 t zum Be- und Entladen des Förderkorbes montiert worden (Abb. 1). Die Abnahme derselben durch die Bergbehörde und den TÜV kann Anfang 1972 erfolgen.

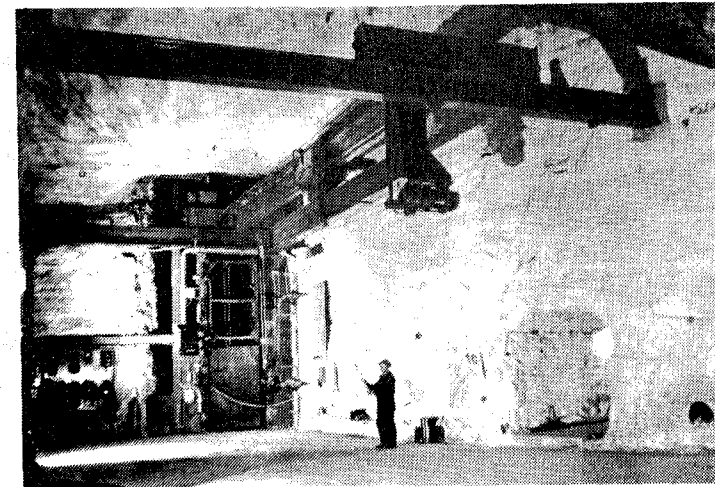


Abb. 1 : Auslegerkran im Füllort der 490 m-Sohle zum Be- und Entladen des Förderkorbes

Mitte des Jahres wurde das Kranfahrzeug angeliefert, welches als Sonderkonstruktion aus einem 15 t - Gabelstapler entwickelt wurde (Abb. 2). Es soll hauptsächlich die Einzelabschirmbehälter mit mittelaktiven Abfällen (vgl. Kapitel 3.2.2) übertage in den Förderkorb stellen.

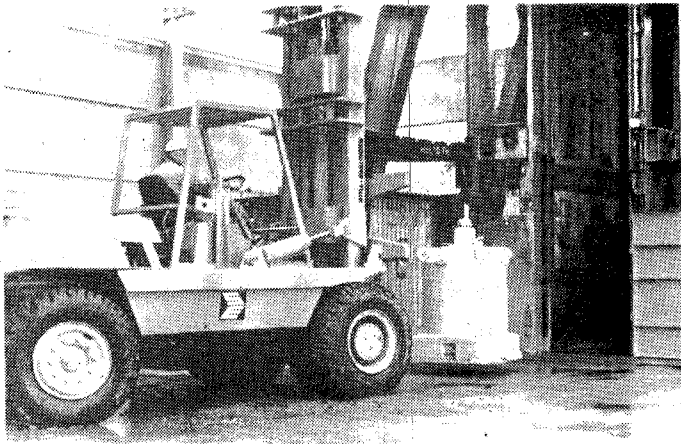


Abb. 2 : 15 t - Kranfahrzeug mit Einzelabschirmbehälter E 1

Zur Erhöhung der Standsicherheit wurden die Stützpfiler im Füllort der 750 m-Sohle mit einem stahlarmierten Salzbeton verstärkt. Nach Abschluß der Sicherungsarbeiten in der nördlichen Richtstrecke nach Westen ist deren vorderer Abschnitt aufgewältigt und mit Ankern und Maschendraht gesichert worden. Die südliche Richtstrecke nach Osten wurde vom Hauptquerschlag bis zur Kammer 5 von 8 m^2 Streckenprofil auf 12 m^2 erweitert und daraus ein Zugang zu dieser Kammer hergestellt. Die im Vorjahr aufgefahrenen Fahrzeugwaschräume auf der 490 m- und 750 m-Sohle wurden fertiggestellt. Außerdem wurde auf der 750 m-Sohle ein Fahrzeugreparaturraum mit Montagegrube eingerichtet.

Da das bei Streckenauffahrungen bzw. Streckenerweiterungen anfallende Salzhauwerk nur in alten Abbaukammern untergebracht werden kann, mußten entsprechende Kammern auf der 750 m-Sohle beraubt und gesichert werden, bevor diese mit Fahrzeugen befahren werden konnten. Dazu wurde erstmalig das Ende 1970 beschaffte Stapel- und Beraubefahrzeug erfolgreich eingesetzt [1]*.

Die im Vorjahr begonnene Erneuerung der von der 750 m-Sohle zur 850 m-Sohle verlaufenden alten Laugenleitung durch eine Kunststoffleitung wurde abgeschlossen.

Neben Richtarbeiten an den Führungseinrichtungen der Seilfahrtanlage im druckhaften Teil des Blindschachtes 3 zwischen der 700 m- und 750 m-Sohle mußten Aufwältigungsarbeiten im östlichen Füllort der 700 m-Sohle am Hauptschacht durchgeführt werden. Die Haspelanlage des Blindschachtes 2 a ist in Betrieb genommen worden, so daß nunmehr alle Teilsohlen zwischen der 490 m- und 553 m-Sohle von der Mitte des Grubenfeldes aus erreichbar sind. Ferner ist der im Juli angelieferte Radschaufellader mit einer rd. 4 m^3 fassenden Ladeschaufel zur 750 m-Sohle transportiert und mit gutem Erfolg eingesetzt worden (Abb. 3).

Nachdem die Instandsetzungs- und Umbauarbeiten im Hauptschacht, am Fördergerüst und am mechanischen Teil der Fördermaschine zum Ende des Vorjahres abgeschlossen waren, sind auch die Restarbeiten am elektrischen Teil der Fördermaschine und an der Schachtsignal- und -überwachungsanlage, die Installation der Fremdbelüftung für den Motor sowie der Einbau der Geschwindigkeitsüberwachung beendet worden, so daß die Umstellung der Fördermaschine von 3 t auf 10 t Nutzlast erfolgen konnte. Außerdem kann nunmehr die volle Fördergeschwindigkeit von 10 m/sec erreicht werden. Die Anlage ist von der Bergbehörde und dem TÜV abgenommen worden.

* Die Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf die Literatur am Schluß des Berichtes.

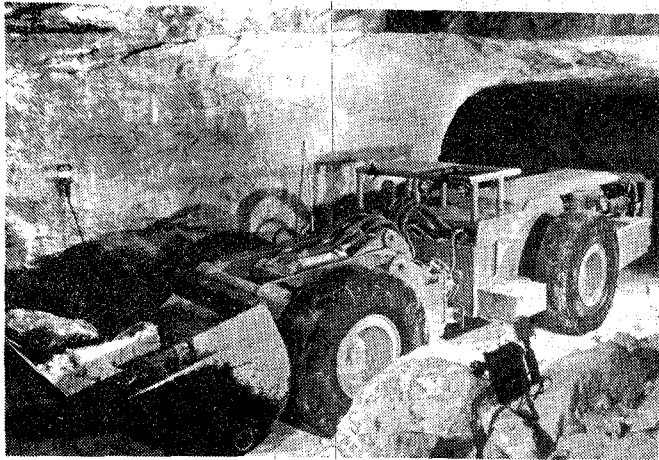


Abb. 3 : Radschaufellader mit 4 m³ fassender Ladeschaufel

Das Fördergerüst wurde entrostet und erhielt einen neuen Farbanstrich.

Innerhalb des Aufgabengebietes der Markscheiderei wurden umfangreiche Vermessungsarbeiten zur Neuorientierung des Grubengebäudes im Dreiecksnetz der Landesaufnahme durchgeführt. Durch eine Mehrgewichtslotung im Hauptschacht und eine Reihe von Kreiselorientierungen wurden die 490 m- und die 750 m-Sohle an das Gauß-Krügersche Koordinatensystem angeschlossen. Neben diesen Arbeiten und den betriebsnotwendigen markscheiderischen Angaben wurden die bergbehördlich geforderten jährlichen Vermessungsunterlagen zur Beurteilung des Gebirgsverhaltens erstellt. Hierzu sind untertage auf mehreren Sohlen Polygonzüge beobachtet und das übertägige Höhenfestpunktnetz durch Feinnivellements überwacht worden.

Wie bereits in den Vorjahren hat die Markscheiderei im Temperatur-Versuchsfeld 2 auf der 490 m-Sohle durch wiederholte Winkelmessungen und Nivellements Daten für die Erfassung der Gebirgsbewegung ermittelt.

2.2 Baumaßnahmen und Planungsarbeiten auf der Liegenschaft Asse

Der Zwischentrakt zwischen Kaue und neuer Schachthalle mit dem Strahlenschutzlabor, einem Sanitätsraum sowie dem Lampenwartungsraum wurde Anfang des Berichtsjahres fertiggestellt und vom Staatshochbauamt an die GSF übergeben. Im Zusammenhang mit den Innenarbeiten am Zwischentrakt erhielt die Fördermaschinenhalle einen neuen Innenanstrich.

Nachdem bereits die Erd- und Fundamentierungsarbeiten sowie die Herstellung des Fußbodens für die neue Schachthalle (Abb. 4) im Vorjahr abgeschlossen waren, ist der Schachthallenneubau einschließlich elektrischer Installation, Montage des Hallenkranes sowie Aufbringen eines dekontaminierbaren Fußbodenbelages vollendet worden.

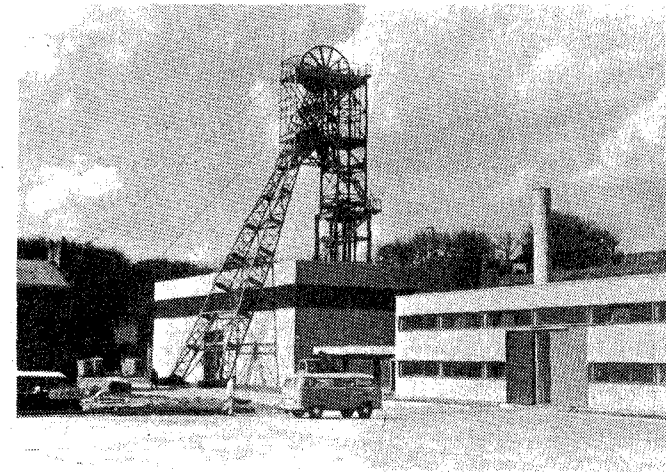


Abb. 4 : Salzbergwerk Asse, Fördergerüst mit neuer Schachthalle

Durch die günstige Witterung bedingt, konnte der Bau der Werksstraßen einschließlich Verlegen aller Abwasserkanäle und sonstiger Versorgungsleitungen bis auf geringe Restarbeiten abgeschlossen werden.

Von der Deutschen Eisenbahn Consulting GmbH wurde die Vorplanung für einen Gleisanschluß erstellt. Mit dem Niedersächsischen Verwaltungspräsidenten in Braunschweig wurde über die Durchführung des Planfeststellungsverfahrens verhandelt. Weil dafür genaue Vermessungsunterlagen vorliegen müssen, wurde ein entsprechender Auftrag für diese Vermessungsarbeiten im Bereich der geplanten Trassenführung vom Bahnhof Wittmar über das Gelände der Schachtanlage Asse I zur Schachtanlage Asse II erteilt.

3. Einlagerung radioaktiver Abfälle

3.1 Schwachradioaktive Abfallstoffe

Die vierte Phase der versuchsweisen Einlagerung schwachradioaktiver Abfallstoffe fand in der Zeit vom 12. 1. bis 25. 3. sowie am 21. und 22. 7. 1971 statt [2]. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 2.875 Abfallbehälter in die Kammer 1 der 750 m-Sohle eingelagert. Die Stapelung der Fässer bis zu sechs Lagen übereinander erfolgte mit Hilfe eines Gabelstaplers, von sieben bis zehn Lagen mit dem 1970 beschafften kombinierten Beraube- und Stapelfahrzeug. Alle seit 1967 durchgeführten Phasen der Versuchseinlagerung sind erfolgreich verlaufen.

Aufbauend auf den bei der Versuchseinlagerung gesammelten Erfahrungen wurden in Zusammenarbeit mit den Abfallproduzenten sowie den Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden "Bedingungen für die Lagerung von schwachradioaktiven Abfallstoffen im Salzbergwerk Asse" [3] erarbeitet. Diese Bedingungen traten im Juli 1971 in Kraft. Sie sind Bestandteil der von der Bergbehörde ebenfalls im Juli erteilten Genehmigung für die langfristige Einlagerung schwachaktiver Abfälle.

Diese wurde im November 1971 aufgenommen. In den letzten beiden Monaten des Berichtsjahres wurden dabei 1977 Fässer angeliefert, so daß nunmehr insgesamt 12 300 Behälter mit ca. 2 460 m³ schwachradioaktiven Abfällen in den Kammern 4 und 1 auf der 750 m-Sohle eingelagert sind. Die im Vorjahr begonnenen Beraube- und Sicherungsarbeiten in der Kammer 2 der 750 m-Sohle, die nach der Füllung der Kammer 1 zur Einlagerung benutzt werden soll, wurden abgeschlossen. Auch hierzu wurde das kombinierte Stapel- und Beraubefahrzeug eingesetzt.

Auf der 490 m-Sohle wurde für einen Vorversuch zur Einlagerung gasbildender radioaktiver Abfallstoffe ein kleiner Versuchsraum in der Nähe

des Hauptgrubenlüfters eingerichtet. Darin sind einige Fässer mit tritiumhaltigen Abfällen eingelagert worden. Die bisherigen Messungen sowohl inner- als auch außerhalb des Versuchsraumes haben gegenüber dem Tritiumgehalt der Luft im gesamten Grubengebäude keine Erhöhung desselben ergeben.

3.2 Mittelaktive Abfälle

3.2.1 Versuchseinlagerung

Die im Vorjahr für die Gewährleistung eines einwandfreien Transportes der Abschirmbehälter vom Schacht zur Beschickungskammer auf der 490 m-Sohle begonnene Auffahrung einer Umfahungsstrecke wurde abgeschlossen. Die gesamte Fahrbahn vom Schacht bis zur Beschickungskammer einschließlich der Kammersohle wurde mit Salzbeton betoniert. Die letztere erhielt zusätzlich eine Beschichtung aus leicht dekontaminierbarem Material. Zur Sicherung der Zufahrt wurde die Berme in der Kammer 7 der 490 m-Sohle auf ihrer ganzen Länge mit einem Schutzgeländer aus Eisenträgern versehen. Die Stöße und Firste in der Kammer 8 sind beraubt, die Firstschräge im Füllort ist mit Ankern und Maschendraht gesichert worden.

Zu Beginn des Jahres wurde das Ende 1970 angelieferte 10 t - Transportfahrzeug auf die 490 m-Sohle gebracht und dort anschließend vom TÜV und der Bergbehörde abgenommen. Die Arbeiten zur Komplettierung der Beschickungsanlage sowie der notwendigen Zusatzeinrichtungen wurden fortgesetzt und konnten bis zum Ende des Berichtsjahres im wesentlichen zum Abschluß gebracht werden.

Die Fernsehanlage zur Überwachung des Einlagerungsvorganges in der Lagerkammer wurde installiert, ebenso wurde die Abluft- und Filteranlage in der Beschickungskammer auf der 490 m-Sohle aufgestellt und an die bereits vorhandenen Rohrleitungen angeschlossen.

Abschließend wurde die gesamte Anlage durch Sachverständige des TÜV geprüft, die 1 t- und die 10 t-Krananlage den erforderlichen Prüflastungen unterzogen und der Betrieb mit inaktiven Abfallfässern probeweise aufgenommen.

Dieser Probetrieb erstreckte sich über sämtliche zur Einlagerung von mittelaktiven Abfällen erforderlichen Arbeitsphasen, angefangen von der übertägigen Abnahme der Abschirmbehälter in der Schachthalle (vgl. Abb. 2), ihr Transport durch den Schacht zur 490 m-Sohle, der Weitertransport vom Füllort bis zur Beschickungskammer und schließlich der Einschleusung der Abfallfässer in die Lagerkammer (Abb. 5).

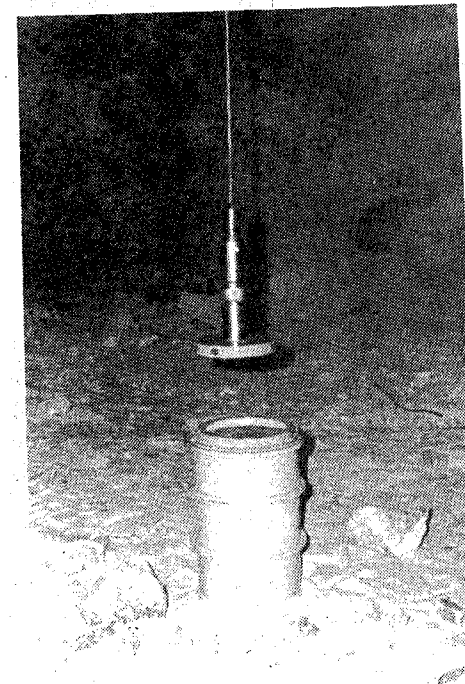


Abb. 5 : Lagerkammer für mittelaktive Abfälle auf der 511 m-Sohle : Rollreifenfaß nach Ausklinken der Faßgreifvorrichtung

Nach den dabei vorgenommenen Zeitstudien dauert ein vollständiges Arbeits-
spiel, d. h. der Umlauf eines Abschirmbehälters von der Übernahme bis zur
Übergabe jeweils in der Schachthalle, insgesamt 72 Minuten.

Da auch die Probefüllung des Abschirmbehälters im Kernforschungszentrum
Karlsruhe einwandfrei verlief (Abb. 6), sind die Voraussetzungen zur Auf-
nahme der versuchsweisen Einlagerung von mittelaktiven Abfällen in das
Salzbergwerk Asse somit gegeben.

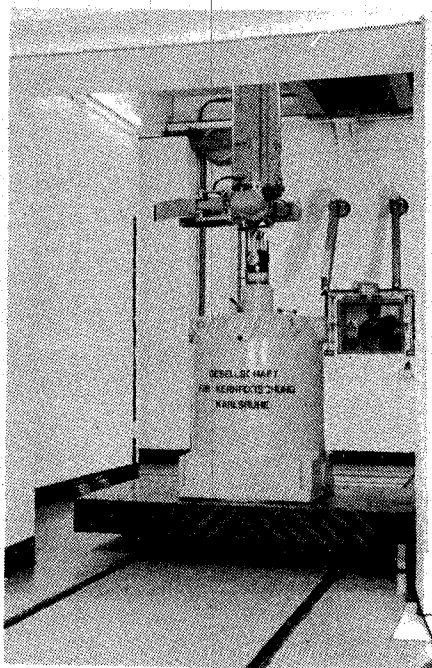


Abb. 6 : Einzelabschirmbehälter E 1 in
der Beladezelle des Kernforschungs-
zentrums Karlsruhe

3.2.2 Abgeschirmte Einzeltransportbehälter

Die drei Einzelabschirmbehälter vom Typ E 1 [1;4], die für den
Transport im pa-System der Deutschen Bundesbahn mit Rollenböcken
ausgestattet sein müssen, konnten bisher noch nicht zum Einsatz kommen,
da die Auslieferung der Rollenböcke durch den Hersteller mit erheblicher
Terminüberschreitung erfolgte. Weiterhin ergab sich bei Prüfung durch
das Bundesbahnzentralamt in Minden, daß die Rollenböcke den geforderten
Belastungen des Bahnbetriebes nicht standhielten. Sämtliche Rollenböcke
mußten aus diesem Grunde vom Herstellerwerk zurückgenommen und
entsprechend abgeändert werden.

Nach Wiederholung der vorgeschriebenen Prüfungen und Zulassung für
den Bahntransport werden die Behälter und Rollenböcke (Abb. 7) 1972
zum Einsatz gelangen.

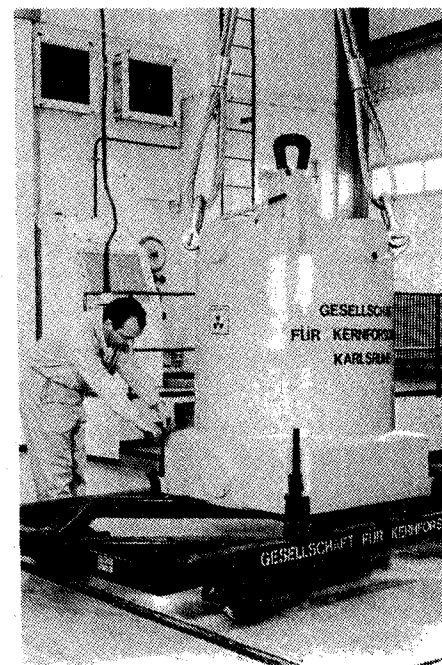


Abb. 7 : Einzelabschirmbehälter E 1
mit Rollenbock

Ein Prototyp des Abschirmbehälters E 2 [1] zum Transport von jeweils einem 200 l - Rollreifenfaß mit Abfällen der Dosisleistungskategorie III - V [4] befindet sich in der Fertigung. Dieser Behälter mit einer wirksamen Abschirmdicke der Wandungen von 26 mm Stahl und 145 mm Blei wird einschließlich Abfallfaß das für die Fördereinrichtungen des Salzbergwerkes Asse maximal zulässige Gewicht von 9,8 t voll ausnützen. Mit der Auslieferung dieses Behälters ist im Laufe des Jahres 1972 zu rechnen, so daß er im darauf folgenden Jahr nach Durchführung aller für den Transport notwendigen Prüfungen zum Einsatz kommen kann.

3.2.3 Abgeschirmter Sammeltransportbehälter

Der Sammelbehälter vom Typ 7 V [4] zum Transport von jeweils 7 Rollreifenfässern mit mittelfradioaktiven Abfällen für Dosisleistungen bis etwa 10^4 rem/h befindet sich in der Fertigung. Mit seiner Fertigstellung ist im Laufe des Jahres 1972 zu rechnen, so daß er 1973 eingesetzt werden kann.

3.3 Hochaktive Abfälle

3.3.1 Planung der Einlagerungstechnik

Die Arbeiten zur Planung und Entwicklung von Anlagen und Geräten für die Einlagerung von verfestigten hochaktiven Spaltproduktlösungen in das Salzbergwerk Asse wurden in Zusammenarbeit mit der Abteilung Reaktorbetrieb und Technik der GfK fortgesetzt. Besonders die im Vorjahr begonnenen Informationsgespräche mit mehreren Fahrzeugherstellerfirmen über die Lieferung eines 10 t - Spezialfahrzeuges für den Transport und die Manipulation der Abschirmbehälter mit hochaktiven Abfällen wurden weitergeführt. Entsprechende Informationsangebote liegen inzwischen vor.

3.3.2 Bergtechnische Planung

Die im Vorjahr begonnene Schrägstrecke von der 750 m- zur 775 m-Sohle wurde weiter aufgeföhren. Aus dieser heraus ist ein Durchhieb zum Abbau 2 im Älteren Steinsalz auf der 775 m-Sohle hergestellt worden, um nach Durchführung von notwendigen Beraube- und Sicherungsarbeiten hier einen Teil des bei der Streckenaufföhren anfallenden Salzhauferkes verkippen zu können.

Da die Möglichkeit untersucht wird, die hochaktiven Abfälle in 50 bis 100 m tiefe Bohrlöcher senkrecht nach unten abzulassen, sind erste Verhandlungen mit Herstellerfirmen von Bohrgeräten mit dem Ziel aufgenommen worden, eine geeignete Bohrmaschine zu liefern, mit der die gewünschten Löcher hergestellt werden können.

3.3.3 Temperatur-Versuche

Am 30. November 1971 ist die Aufheizung des Salzgesteins im Temperatur-Versuchsfeld 2 auf der 490 m-Sohle beendet worden. Zu diesem Zeitpunkt zeigten die an den Erhitzern, in den zugehörigen Bohrlöchern und im Gesteinskörper installierten 105 Thermoelemente und Widerstandsthermometer keine Temperatur-Erhöhungen mehr an. Es konnte damit angenommen werden, daß sich bei der Wärmeausbreitung ein quasi-stationärer Zustand eingestellt hatte. Auch von der Gebirgsmechanik her waren keine wärmebedingten Veränderungen im Gesteinskörper mehr zu erwarten. Die ständige während des Versuchsablaufes durchgeführte Auswertung der Meßwerte der Streckendeformation hatte darauf schließen lassen, daß das anomale, durch die Aufheizung bedingte Konvergenzverhalten abgeklungen war. Die Zielsetzung des Temperatur-Versuchsfeldes 2 war damit erreicht. Nach dem Abschalten der Erhitzer wurde mit der endgültigen Auswertung der Meßdaten begonnen.

Die Planung und die Vorarbeiten für einen weiteren Temperatur-Versuch wurden in Angriff genommen. Dieser Versuch soll Aufschluß über die möglichen Standzeiten von großkalibrigen tiefen Bohrlöchern geben, die für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle benutzt werden sollen. In ein 50 m tiefes Bohrloch mit einem Durchmesser von ca. 30 cm sollen mit zeitlichen Abständen fünf Erhitzer übereinander eingebracht werden. Von den für diese Simulation des späteren Einlagerungsvorganges benötigten Heizelementen wurde ein Prototyp in eigener Werkstatt gebaut und getestet.

Für diesen gleichen Temperatur-Versuch wurde eine Sonde konzipiert, die es gestattet, Querschnittsänderungen eines Bohrloches unter erhöhten Temperaturen zu messen.

Am Institut für Elektrische Anlagen, Lehrauftrag Leistungsreaktoren, der Technischen Hochschule Aachen wurden die Berechnungen weitergeführt, die zusammen mit den Temperatur-Versuchen das Ziel haben, eine optimale Gestaltung der Lagergeometrie für die hochaktiven Abfälle zu erhalten.

3.3.4 THTR-Studie

Die Arbeiten an der Studie über Möglichkeiten zur Einlagerung abgebrannter Thorium-Hochtemperatur-Reaktor (THTR)-Brennelemente im Salzbergwerk Asse wurden fortgesetzt.

In Abstimmung mit dem Projekt "HTR-Brennstoffkreislauf" wurde der Umfang der in der Studie zu behandelnden Einlagerungsvarianten festgelegt und auch auf die bei einer Head-end-Verbrennungsanlage anfallende Schwermetallasche ausgedehnt.

3.3.5 AVR-Studie

Mit der Kernforschungsanlage Jülich GmbH (KFA) wurden erste Kontakte aufgenommen, die zur Ausarbeitung einer gemeinsamen Studie führen sollen. In dieser Studie sollen die Möglichkeiten untersucht werden, die für die Aufarbeitung und Endlagerung der kugelförmigen Graphit-Brennelemente aus dem Versuchs-Kernkraftwerk der Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH (AVR) bestehen. Eine dieser Möglichkeiten ist die direkte Einlagerung der Brennelemente in das Salzbergwerk Asse.

4. Forschungsarbeiten

Die Forschungsarbeiten, die hauptsächlich dem Nachweis und der Kontrolle der Sicherheit von Bergwerk und Einlagerung dienen, konzentrierten sich 1971 vor allem auf die gebirgsmechanischen in situ-Messungen und auf die Durchführung des hydrogeologischen Forschungsprogramms.

4.1 Gebirgsmechanische Untersuchungen

Im Berichtsjahr lag das Schwergewicht auf den untertägigen in situ-Messungen sowie auf der Auswertung der Verformungsüberwachung im Temperatur-Versuchsfeld 2 (vgl. Kapitel 3.3.3).

Die markscheiderischen Messungen zur Erfassung von Gebirgsbewegungen im Grubengebäude wurden programmgemäß fortgesetzt. Die festgestellten Lageänderungen der Meßpunkte innerhalb des Beobachtungsnetzes waren gering. Auf der obersten, der 490 m-Sohle ergab sich eine maximale Streckenverkürzung von $0,06 \text{ mm/m} \cdot 100 \text{ d}$, gemessen in der Mitte des ehemaligen Abbaufeldes über eine Distanz von 35,4 m querschlägig zur Lagerstätte. Die gleiche Maximalstauchung wurde bei Längenmessungen auf der 775 m-Sohle im äquivalenten Lagerstättenteil ermittelt. Auf der 800 m-Sohle betrug die größte beobachtete Längenänderung $0,03 \text{ mm/m} \cdot 100 \text{ d}$, ebenfalls in querschlägiger Richtung.

Im Pfeiler zwischen den Abbauen 4 und 5 auf der 553 m-Sohle [1] hat sich die querschlägige Einengung weiter verlangsamt. Während ihr Maximum im vorhergehenden Beobachtungszeitraum bei $0,33 \text{ mm/m} \cdot 100 \text{ d}$ lag, betrug die größte Stauchung von Juni 1970 bis Juni 1971 nur noch $0,27 \text{ mm/m} \cdot 100 \text{ d}$. Das bedeutet einen Rückgang um 18 %.

Die gegen Ende des Jahres 1970 im Durchhieb zur Lagerkammer für mittelaktive Abfälle auf der 511 m-Sohle aufgenommene Beobachtung der radialen Stoßkonvergenzen in drei Meßquerschnitten wurde weitergeführt. Diese Messungen hatten zum Ziel, bereits vor der Errichtung der Lagerkammer abschließenden Strahlenschutzmauer die Verschiebungen der Meßpunkte über einen hinreichend langen Zeitabschnitt zu kontrollieren. Dabei konnte inzwischen nach einer Beobachtungszeit von rund 450 Tagen ermittelt werden, daß die radiale Konvergenz der Stöße dieses ca. 10 Jahre alten Pfeilerdurchhiebes sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung mit zunehmender Standzeit der Strecke linear steigt und gleichzeitig mit zunehmender Stoßtiefe der Beobachtungspunkte abnimmt. So betrug die Konvergenz an der Oberfläche der Streckenstöße in horizontaler Richtung rd. 2,5 mm entsprechend 0,6 ‰ und in vertikaler Richtung rd. 2,4 mm entsprechend 0,8 ‰ Streckenhöhe. Das macht eine mittlere Konvergenzrate von rd. 2 mm/Jahr in horizontaler und von rd. 1,9 mm/Jahr in vertikaler Richtung.

Abb. 8 zeigt als Beispiel die graphische Darstellung der kumulierten vertikalen Konvergenzen [‰] in Abhängigkeit von der Beobachtungszeit [d] für den Meßquerschnitt 2.

Die laufende Beobachtung der 56 Beobachtungspunkte, die in der Schwebe im Bereich des Fahrweges in der Abbaukammer 7 der 490 m-Sohle installiert sind, wurde im Januar 1971 aufgenommen. Neben der Kontrolle der relativen vertikalen Verschiebung der in den Bohrlöchern vermarkten Festpunkte erfolgt gleichzeitig eine Senkungsbeobachtung der in der Schwebenoberkante angelegten Festpunkte durch Feinnivellements.

Im Temperatur-Versuchsfeld 2 (vgl. Kapitel 3.3.3) sind die Verformungsmessungen während und nach der Aufheizung weitergeführt und teilweise ausgewertet worden. Ein Auswertungsbeispiel zeigt Abb. 9. Über der Zeit und den gleichzeitig eingetragenen Heizperioden ist für eine ausgewählte Meßstelle in der Nähe eines Erhitzers jeweils die summierte

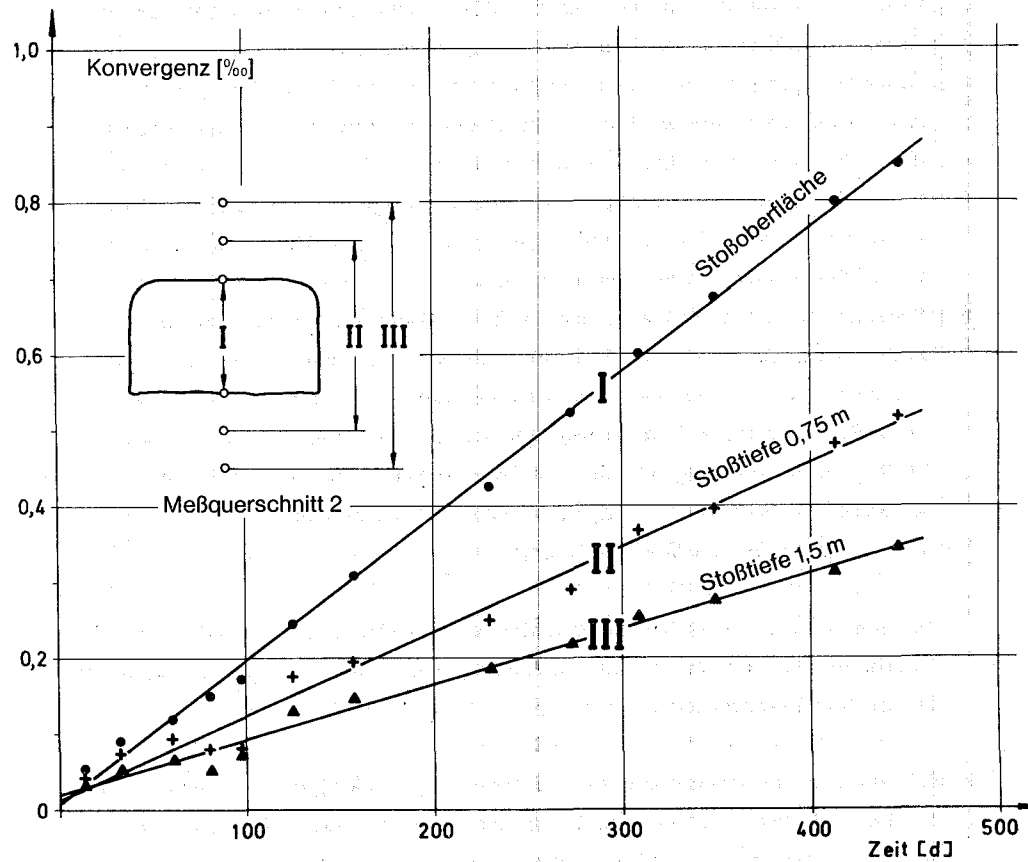


Abb. 8 : Vertikale Stoßkonvergenzen am Meßquerschnitt 2 im Durchrieb zur Lagerkammer 8 a auf der 511 m-Sohle

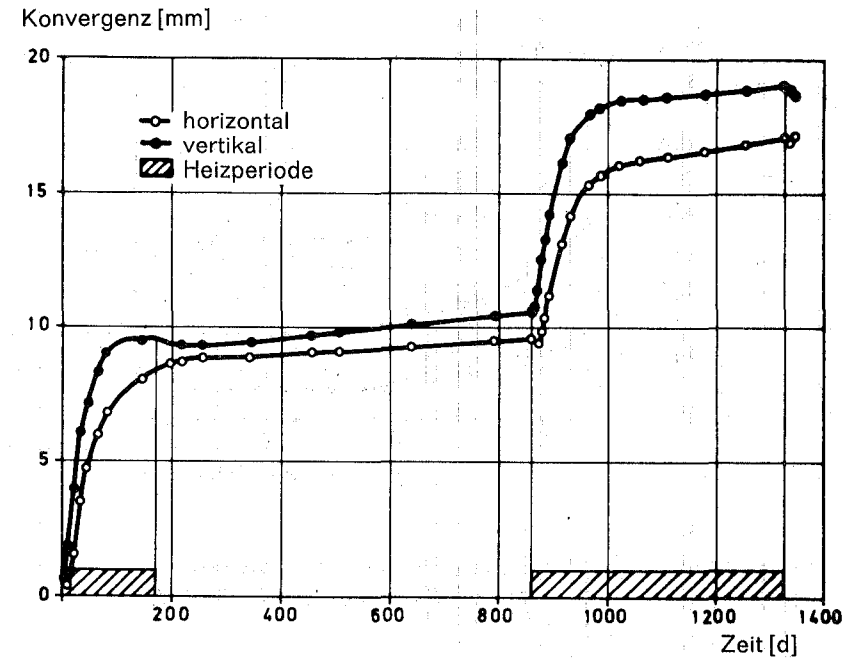


Abb. 9 : Horizontale und vertikale Stoßkonvergenz an einer Meßstelle im Temperatur-Versuchsfeld 2

vertikale und horizontale Konvergenz der Beobachtungsstrecke aufgetragen. In den beiden Kurven zeigt sich deutlich, daß das normale Konvergenz-Verhalten durch Aufheizung gestört wird.

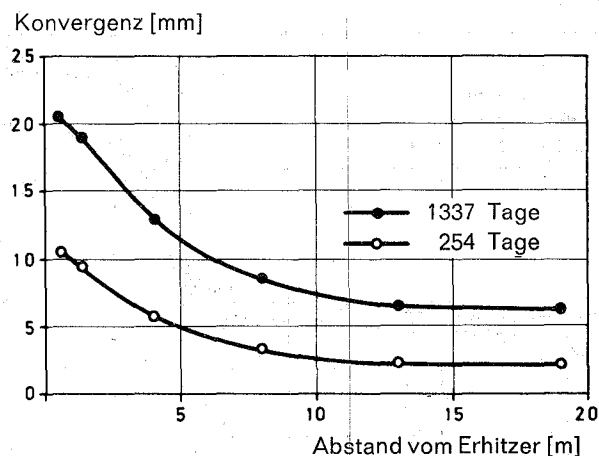


Abb. 10 : Vertikale Konvergenz einer Strecke nach 254 und 1337 Versuchstagen im Temperatur-Versuchsfeld 2

In Abb. 10 ist die Vertikale Streckenkonvergenz in Abhängigkeit von der Entfernung von der Wärmequelle dargestellt. In beiden Stadien des Versuches genügt ein Abstand von ca. 13 m vom Erhitzer, um in der gewählten Versuchsanordnung keine Überhöhung der natürlichen Konvergenz mehr feststellen zu können.

Die im Berichtszeitraum ausgeführte jährliche Überwachung der Tagesoberfläche durch Feinnivellement hat ergeben, daß im Bereich über dem ehemaligen Abbaufeld geringfügige Senkungen vorhanden sind. Von September 1969 bis Oktober 1971 zeigt die Mehrzahl der Festpunkte eine mittlere Höhenänderung von minus 2 mm. Das entspricht einer derzeitigen Absenkung der Tagesoberfläche von 1 mm/Jahr.

4.2 Geologische Untersuchungen

Die für die Versuchseinlagerung mittelaktiver Abfälle bestimmte Lagerkammer 8 a auf der 511 m-Sohle (vgl. Kapitel 3.2.1) wurde petrographisch und strukturell aufgenommen. Sie liegt mitten im gefalteten Bereich des Steinsalzes der Ronnenberg-Gruppe (Leine-Steinsalz, Na 3).

Für die geplante Prototyp-Kaverne (vgl. Kapitel 5) wurde anhand der bisher vorliegenden Aufschlüsse ein geologischer Schnitt konstruiert. Die Kaverne wird im Hauptsalz der Staßfurt-Serie (Na 2) liegen. Nach oben und zur Seite hin wird sie außerdem durch das reinweise Steinsalz gegen das Kaliflöz Staßfurt (K 2) und dessen polyhalitische und kieseritische Übergangsschichten (Na 2 [K + P]) geschützt. Eine genaue Klärung der Geologie im Kavernenbereich soll jedoch mit einer ca. 250 m tiefen Untersuchungsbohrung erzielt werden, die von der 750 m-Sohle aus niedergebracht werden wird.

Diese Bohrung gehört zu einem geologischen Erkundungsprogramm, das im Berichtsjahr aufgestellt wurde. Dafür wurden die Planungsunterlagen hinsichtlich Ansatzpunkt, Richtung und Neigung, Endteufe, Durchmesser, Bohrverfahren und der zu erwartenden Gebirgsschichten erarbeitet. Mit diesem Erkundungsprogramm soll die geologische Situation in dem Bereich des Grubengebäudes geklärt werden, der für die Versuchseinlagerung von hochradioaktiven Abfällen vorgesehen ist. Zum zweiten soll für das Kavernenprojekt der Kern der Asse-Struktur erkundet werden, und letztlich soll die genaue Lage einer flexurartigen Verbiegung der Grenzfläche zwischen dem carnallitischen Flöz Staßfurt und dem Liniensalz im Bereich der geplanten Schachtbohrung bestimmt werden.

4.3 Hydrogeologische Untersuchungen

Vom hydrogeologischen Forschungsprogramm, welches zusammen mit dem Institut für Radiohydrometrie der GSF im Bereich des Asse-Sattels durchgeführt wird, wurde der 1. Teil des II. Bauabschnittes im Berichtsjahr begonnen und abgeschlossen. Dabei wurden acht Aufschlußbohrungen, davon fünf im Raum Remlingen/Groß Vahlberg und drei bei Groß Denkte, mit insgesamt 683 Bohrm Metern niedergebracht und wissenschaftlich betreut. Mit diesen Bohrungen sollen die Grundwassermengen und ihre Fließrichtungen im Bereich der beiden größeren Querstörungen durch die Asse-Struktur bei Remlingen und bei Groß-Denkte erfaßt werden. Nach den einschlägigen Versuchen sind die Aufschlußbohrungen zu hydro-metrischen Meßpegeln ausgebaut worden, an denen weitere spezielle Untersuchungen und Langzeitmessungen vorgenommen werden.

Damit werden diese Aufschlußbohrungen in die hydrogeologische Bestandsaufnahme eingegliedert, die im Berichtsjahr 53 Meßstellen an Quellen, Vorflutern und Brunnen umfaßt hat. An diesen wurden in vierzehntägigem Abstand Schüttung bzw. Pegelstand, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit oder Dichte sowie pH-Wert gemessen. In Abb. 11 sind als Beispiel zwei genetisch verschiedene Quellen durch ihre Werte für Temperatur und elektrische Leitfähigkeit aus dem Jahr 1971 charakterisiert. Dabei weist sich die Meßstelle 2 durch ihre geringen jahreszeitlichen Temperaturschwankungen als echte Grundwasserquellfassung aus. Die hohe und kurzfristig stark differierende elektrische Leitfähigkeit spricht dafür, daß es sich um ein Mischwasser aus dem Bereich einer Querstörungszone handelt. Die Meßstelle 48 zeigt dagegen durch einen stärkeren jahreszeitlich bedingten Temperaturgang und durch niedrigere sowie nur geringfügig schwankende Werte der elektrischen Leitfähigkeit, daß diese Quelle vor allem durch oberflächennahen Abfluß gespeist wird.

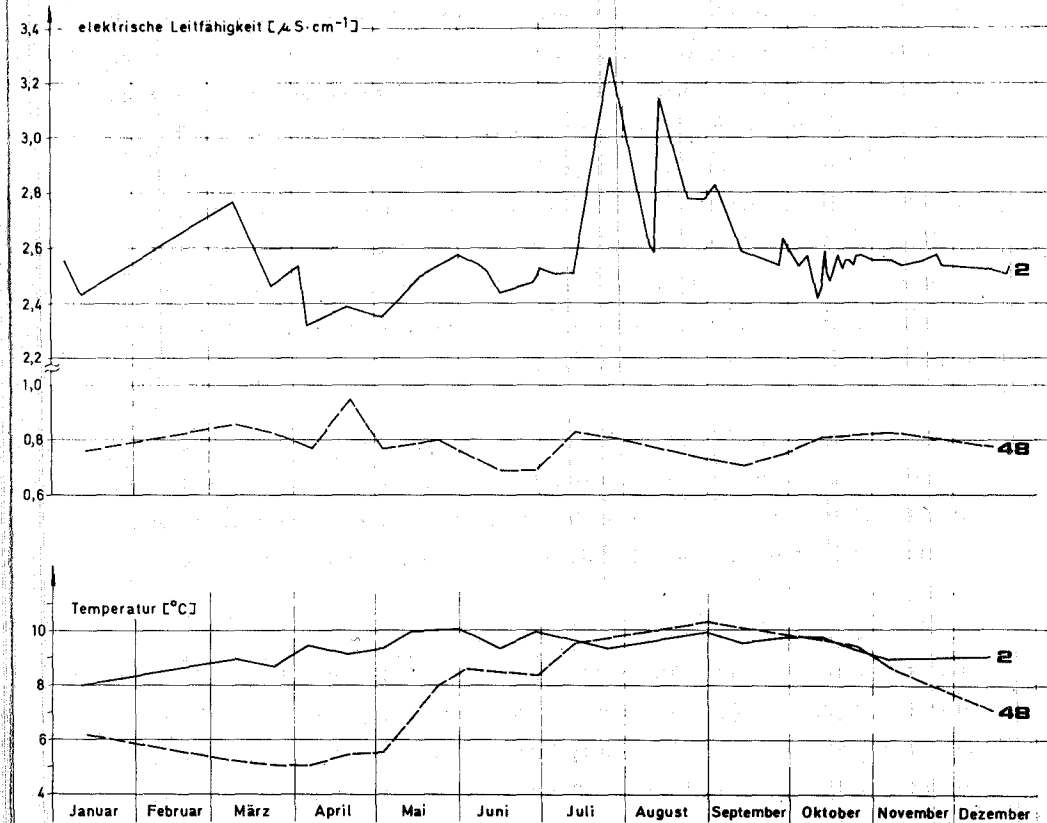


Abb. 11 : Temperatur und elektrische Leitfähigkeit von zwei Quellwässern

4.4 Umgebungsüberwachung

Im Rahmen der Umgebungsüberwachung wurden im Berichtsjahr an 30 Meßstellen, die über den gesamten Höhenzug der Asse verteilt sind, in vierteljährlichem Abstand Proben von Grund- und Oberflächenwässern genommen. Die an diesen 111 Proben bestimmte β -Gesamtaktivität lag bei 41,5 % unter 5 pCi/l, bei 31,5 % zwischen 5 und 10 pCi/l und bei 27,0 % über 10 pCi/l. Bei den letzteren handelt es sich ausnahmslos um salzreiche Wässer, deren Vorkommen inzwischen genau bekannt sind. An diesen 30 Proben wurde zusätzlich vom Institut für Strahlenschutz der GSF die β -Restaktivität bestimmt. Diese lag für alle Proben ohne Ausnahme unterhalb der Nachweisgrenze von 5 pCi/l.

Auch 1971 wurde das Trinkwasser der anliegenden Gemeinden auf die Gesamt- α -Aktivität sowie die Aktivitäten von Cs-137 und Sr-90 überwacht. An allen 10 ebenfalls vom Institut für Strahlenschutz der GSF untersuchten Proben lag die Gesamt- α -Aktivität unterhalb der Nachweisgrenze von 5 pCi/l.

Die Nachweisgrenze für die beiden Isotope Cs-137 und Sr-90 beträgt jeweils 0,2 pCi/l. Für Cs-137 erreichten nur zwei Proben diese Grenze, und zwei lagen mit 0,3 pCi/l geringfügig darüber. Ein ähnliches Bild ergibt sich für Sr-90, bei dem zwei Proben die Nachweisgrenze erreichten und eine mit 0,3 pCi/l darüber lag.

Die Luftüberwachung der Grubenabwetter und auch der übertägigen Umgebung der Schachanlage an jeweils sechs ausgewählten Stellen, an denen wöchentlich bzw. monatlich Proben genommen wurden, zeigte, daß sämtliche Werte innerhalb des Bereiches der normalen Aerosolaktivität liegen.

Damit hat sich 1971 erneut herausgestellt, daß durch die bisherige Einlagerung von radioaktiven Abfällen in das Salzbergwerk Asse keine Erhöhung der natürlich vorkommenden Radioaktivität in Luft und Wasser verursacht worden ist.

4.5 Sicherheitsstudien

Zusätzlich zu den Teilen A und B III [1] wurde 1971 der Teil B II der Sicherheitsstudien fertiggestellt, der den Titel "Einlagerung schwachradioaktiver Rückstände" trägt. Darin werden die Lagerorte und die Einlagerungstechnologie, die für die langfristige Einlagerung von schwachaktiven Abfallstoffen vorgesehen sind, ausführlich beschrieben. Die bereits erwähnten "Bedingungen für die Lagerung von schwachradioaktiven Abfallstoffen im Salzbergwerk Asse" [3] sind ebenfalls mit ihren wichtigen Vorschriften in den Teil B II der Sicherheitsstudien eingearbeitet. Die Betrachtung der möglichen Störfälle und der entsprechenden Gegenmaßnahmen hat gezeigt, daß das Risiko klein und jederzeit beherrschbar ist.

Nach einem Erörterungstermin der gesamten Sicherheitsstudien beim Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft und öffentliche Arbeiten im April, an dem sämtliche zuständigen und interessierten Behörden teilnahmen, wurden im Sommer 1971 die Genehmigungen für "die dauernde Einlagerung von schwachradioaktiven und die Versuchseinlagerung von mittelradioaktiven Abfallstoffen in das Salzbergwerk Asse" vom Bergamt Goslar als zuständiger Behörde erteilt.

5. Planung einer Prototyp-Kavernenanlage

Im Zusammenhang mit der Erstellung einer Prototyp-Kavernenanlage auf der Schachtanlage Asse ist das Niederbringen eines Bohrschachtes mit einem Nutzdurchmesser von 1,5 m erforderlich. In der Bundesrepublik wurden bisher erst drei Bohrschächte, davon jedoch keiner auf einer Salzlagerstätte, niedergebracht. In den USA sind dagegen mehrere hundert Bohrschächte mit vergleichbaren sowie größeren Tiefen und Durchmessern abgeteuft worden, darunter auch auf Salzgestein. Deshalb verfügen die Amerikaner über die entsprechenden Erfahrungen auf dem Gebiet des Schachtbohrens. Aus diesem Grund wurde einer bekannten amerikanischen Firma nach eingehenden Vorverhandlungen im Berichtsjahr der Planungsauftrag für die Erstellung des Bohrschachtes von übertage bis zur 750 m-Sohle erteilt.

Das Konzept einer maschinentechnischen Anlage für das direkte Einbringen von schwach- und mittelfradioaktiven Abfällen von übertage durch den Bohrschacht in den Kavernenhohlraum wurde in einer Projektstudie dargelegt. Diese Projektstudie bildete die Grundlage für einen zweiten Planungsauftrag, der die Konstruktion einer Kavernenförder- und -beschickungsanlage umfaßt. Dieser Planungsauftrag wurde ebenfalls im Berichtsjahr an eine deutsche Maschinenbaufirma vergeben.

Mit dem Eingang der Planungsunterlagen beider Firmen ist im ersten Halbjahr 1972 zu rechnen. Die Bergbehörde wurde über die Planung des gesamten Kavernenprojektes eingehend informiert, und sie ist mit der vorgeschlagenen Konzeption einverstanden.

Neben den technischen Planungen wurde im Berichtsjahr mit einer weiteren Projektstudie begonnen, in der im einzelnen geologisch, technisch und gebirgsmechanisch bedingte Parameter diskutiert werden, die auf die Form und die Teufenlage der Kaverne Einfluß nehmen.

Die Formgebung der Kaverne ist so zu wählen, daß unter Berücksichtigung des Böschungswinkels der eingebrachten Abfallfässer die Kaverne möglichst vollständig befüllt wird. Gleichzeitig soll die Kavernenform im Hinblick auf den in der entsprechenden Teufe der Lagerstätte herrschenden Grundspannungszustand, das Festigkeits- und Verformungsverhalten des anstehenden Gebirges und den durch die Kavernenherstellung eintretenden Sekundärspannungszustand die günstigste Konfiguration darstellen. Es wird eine Reihe von axialsymmetrischen Kavernenformen zur Diskussion gestellt, die sich sowohl bergmännisch relativ einfach auffahren lassen als auch aus gebirgsmechanischen Überlegungen geeignet erscheinen.

Den Einfluß des Böschungswinkels des Schüttgutes bei gegebener Kavernenform, jedoch unterschiedlichem Hauptachsenverhältnis (Durchmesser d : Höhe h) veranschaulicht als Beispiel Abb. 12, in der der Kavernenfüllungsgrad in Abhängigkeit vom Böschungswinkel des Schüttkegels für eine Kaverne in der Form eines gestreckten Rotationsellipsoids graphisch dargestellt ist. Dabei stellt der Kavernenfüllungsgrad das Verhältnis des Abfallvolumens (unter Einschluß des Lückenvolumens zwischen den Fässern) zum vorhandenen Kavernenvolumen dar.

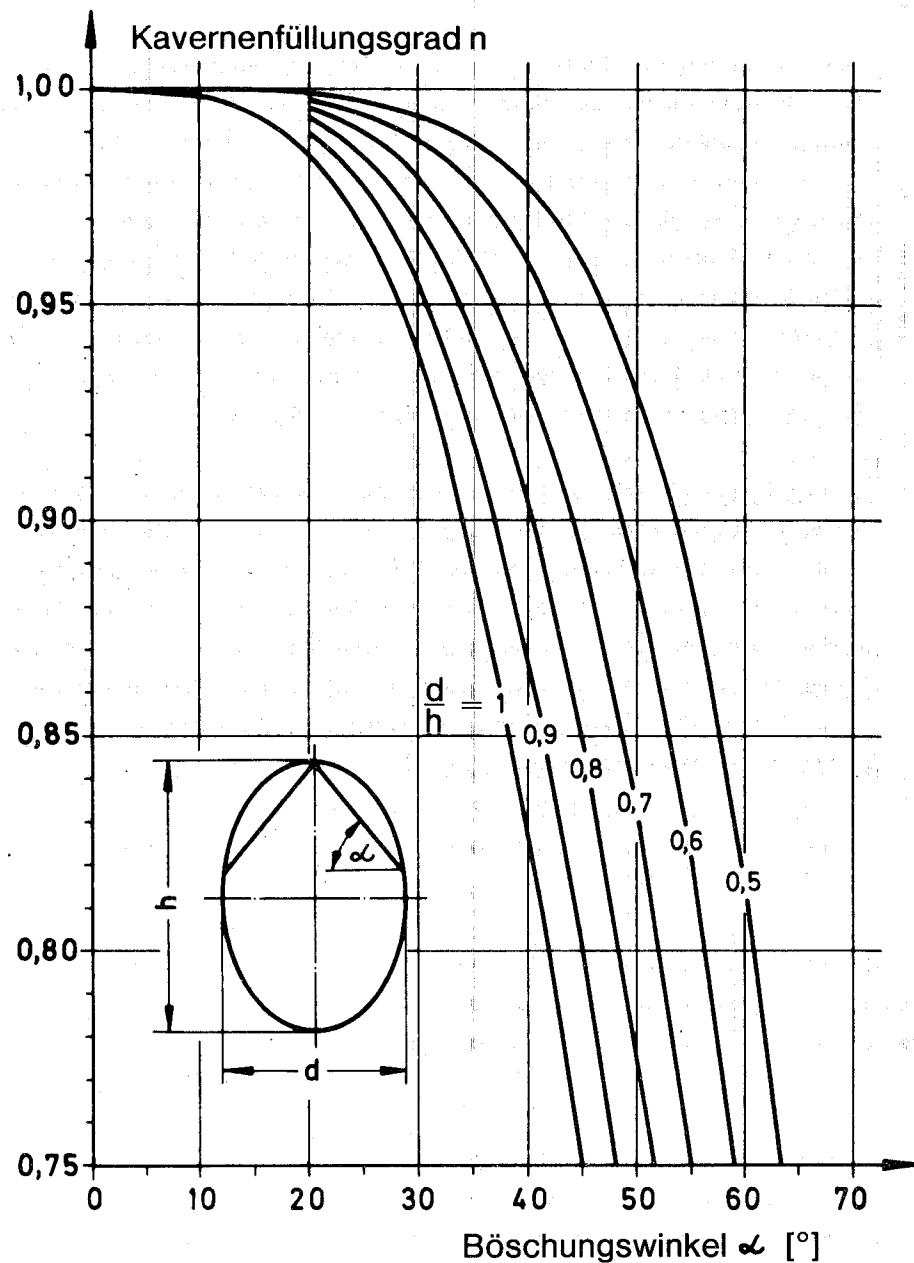


Abb. 12 : Kavernenfüllungsgrad n in Abhängigkeit vom Böschungswinkel α des Schüttkegels

6. Literaturverzeichnis

- [1] DIFENBACHER, W. ; HEIL, J. J. ; KRAUSE, H. ;
SCHUCHARDT, M. C. (GfK)
ALBRECHT, E. ; KOLDITZ, H. ; THIELEMANN, K. ;
BORCHERT, H. ; DÜRR, K. ; KLARR, K. ; KÜHN, K. ;
STAUPENDAHL, G. (GSF)
Endlagerung radioaktiver Abfälle - Jahresbericht 1970 -
KfK 1454
GSF T - 34
- [2] KÜHN, K. und ALBRECHT, E.
Versuchseinlagerung schwachradioaktiver Abfallstoffe
im Salzbergwerk Asse. -
Atom und Strom 17 (1971) 134 - 137
GSF T - 38
- [3] GESELLSCHAFT FÜR STRAHLEN- UND UMWELTFORSCHUNG
MBH MÜNCHEN
Bedingungen für die Lagerung von schwachradioaktiven
Abfallstoffen im Salzbergwerk Asse. -
Juli 1971
- [4] BORCHERT, H. ; DÜRR, K. ; KLARR, K. ; KÜHN, K. ;
STAUPENDAHL, G.
ALBRECHT, E. ; KOLDITZ, H. ; SCHNECKENBERGER, K. ;
THIELEMANN, K. ; TRABANDT, H. E. (GSF)
DIFENBACHER, W. ; HEIL, H. ; KRAUSE, H. ;
SCHUCHARDT, M. C. (GfK)
Endlagerung radioaktiver Abfälle - Jahresbericht 1969 -
GSF - T 27
KfK 1212

7. Weitere Veröffentlichungen im Berichtsjahr

BECHTHOLD, W. ; HEIL, J. ; SCHUCHARDT, M. C. ; WOLF, R.
Shielded transport containers for intermediate- and high-level
radioactive wastes. -
Proceedings of the Third International Symposium on Packaging
and Transportation of Radioactive Materials, Richland, Wash.,
August 16-20, 1971
CONF-710801 (Vol. 1) 195 - 208

BÄHR, W. ; DIEFENBACHER, W. ; HILD, W. ; KRAUSE, H.
Überblick über die Betriebsanlagen und Entwicklungsarbeiten
zur Behandlung und Beseitigung radioaktiver Abfälle im Kernforschungs-
zentrum Karlsruhe. -
Survey of operating facilities and development work for treatment and
disposal of radioactive wastes at the Karlsruhe Nuclear Research Center. -
KFK 1455 (1971)

DIEFENBACHER, W. ; BÄHR, W.
Behandlung und Beseitigung von schwach- und mittelaktiven Abfällen
im Kernforschungszentrum Karlsruhe. -
Reaktortagung, Bonn, 30. März - 2. April 1971, Tagungsbericht.
Deutsches Atomforum e. V., Kerntechnische Gesellschaft im
Deutschen Atomforum e. V. (1971) 609 - 612

KRAUSE, H. et al.
Abteilung Dekontaminationsbetriebe, Jahresbericht 1969 -
KFK 1346 (1971)

KRAUSE, H.
Behandlung und Endlagerung radioaktiver Rückstände. -
Vortrag bei der Reaktortagung, Bonn, 30. März - 2. April 1971 ;
Kurzreferat in Atom-Informationen des Deutschen Atomforums, Nr. 4 (1971) 10 ;
Atomwirtschaft - Atomtechnik 16, Nr. 8/9 (1971) 461 - 467

KRAUSE, H. ; DIEFENBACHER, W.
Bericht von der Genfer Konferenz 1971.
Thema : Radioaktive Abfälle. -
Atomwirtschaft - Atomtechnik 16, Nr. 12 (1971) 682 - 683

KRAUSE, H. (GfK) ; KÜHN, K. (GSF) ; LEVI, H. W. (HMI) ;
MERZ, E. (KFA)
The actual status of the treatment and final storage of radioactive
wastes in the Federal Republic of Germany. -
Fourth United Nations International Conference on the Peaceful
Uses of Atomic Energy, Geneva, Switzerland, Sept. 6 - 16, 1971.
Additional Paper.
AED-CONF-71-100-40 (1971)

KÜHN, K.
Die radioaktiven Abfälle. -
Neue Technik 17, Nr. 2 (1971) 61 - 68

KÜHN, K. und ALBRECHT, E.
Die Versuchslagerung schwachradioaktiver Abfallstoffe
im Salzbergwerk Asse und die Annahmebedingungen für
deren Routineeinlagerung. -
Reaktortagung Bonn, 30. März - 2. April 1971, Tagungsbericht.
Deutsches Atomforum e. V., Kerntechnische Gesellschaft im
Deutschen Atomforum e. V. (1971) 613 - 617