

Gesellschaft für Strahlenforschung mbH München (GSF)

Gesellschaft für Kernforschung mbH Karlsruhe (GfK)

ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE

Jahresbericht 1969

Institut für Tieflagerung, Clausthal-Zellerfeld (GSF)

Betriebsabteilung für Tieflagerung, Wolfenbüttel (GSF)

Abteilung Dekontaminationsbetriebe, Karlsruhe (GfK)

H. Borchert, K. Dürr, K. Klarr, K. Kühn, B. Lamby,
G. Staupendahl (Clausthal-Zellerfeld)

E. Albrecht, H. Kolditz, K. Schneckenberger, K. Thielemann,
H. E. Trabandt (Wolfenbüttel)

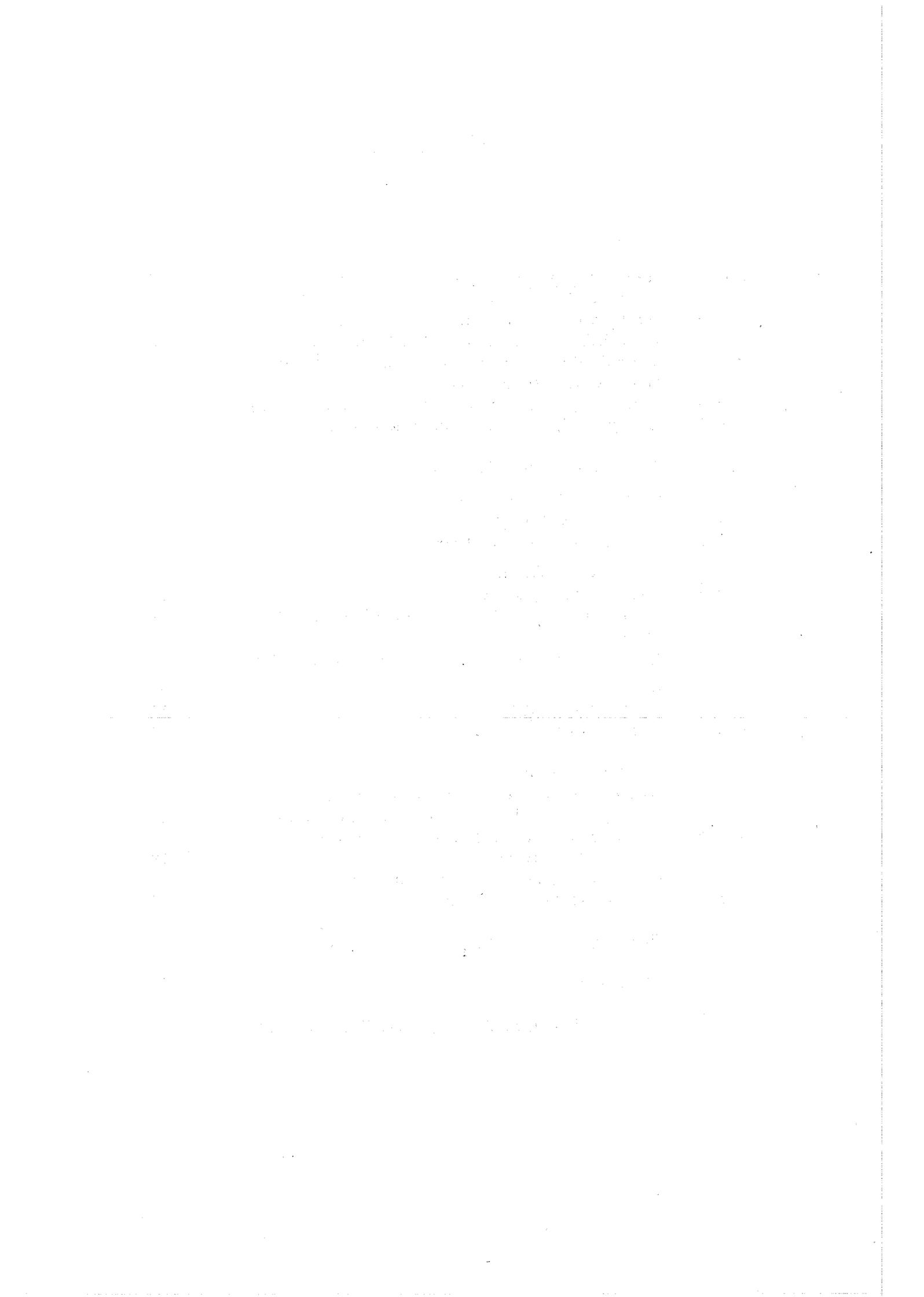
W. Diefenbacher, H. Heil, H. Krause, M. C. Schuchardt (Karlsruhe)

November 1970

GSF - Bericht T 27
KfK - 1212

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorbemerkung	1
2. Herrichtung des Salzbergwerkes Asse	3
2.1 Liegenschaft Asse	3
2.1.1 Baumaßnahmen auf der Liegenschaft	3
2.1.2 Erstellung eines Generalbebauungsplanes	5
2.2 Technische Herrichtung und bergbaulicher Betrieb des Bergwerkes	5
2.2.1 Reparatur- und Umbauarbeiten im Hauptschacht	5
2.2.2 Bergmännische Vorrichtungsarbeiten	6
3. Einlagerung radioaktiver Abfälle	8
3.1 Schwachaktive Abfälle	8
3.1.1 Versuchseinlagerung	8
3.1.2 Einlagerungsbedingungen	10
3.2 Mittelaktive Abfälle	11
3.2.1 Beschickungsanlage	11
3.2.2 Prüfungen zur Zulassung des Einzelabschirmbehälters	12
3.2.3 Entwicklung eines Sammelabschirmbehälters	17
3.3 Hochaktive Abfälle	20
3.3.1 <u>Parameterstudien</u>	20
3.3.2 Temperatur-Versuche	22
4. Forschungsarbeiten	24
4.1 Gebirgsmechanische Untersuchungen	24
4.1.1 Gebirgsmechanische Laboruntersuchungen	24
4.1.2 Gebirgsmechanische in situ-Messungen	26
4.2 Sicherheitsstudien	28
4.3 Hydrogeologische Untersuchungen	28
4.4 Umgebungsüberwachung	30
5. Planung einer Prototyp-Kavernenanlage	31
6. Literaturverzeichnis	32
7. Weitere Veröffentlichungen im Berichtsjahr	34



Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abb. 1	Salzbergwerk Asse, neues Kauen-, Magazin- und Werkstattgebäude	3
Abb. 2	Salzbergwerk Asse, Diffusor, Schornstein und eingeschalter Keller des Verbindungsbaues zwischen Kaue und zukünftiger Schachthalle	4
Abb. 3	490 m - Sohle, Füllort mit Wetterschleuse	6
Abb. 4	750 m - Sohle, Versuchseinlagerung schwach-aktiver Rückstände im Abbau 4	9
Abb. 5	750 m - Sohle, Versuchseinlagerung schwach-aktiver Rückstände im Abbau 1	9
Abb. 6	Beschickungskrananlage und Abschirmbehälter für die Einlagerung mittelaktiver Abfälle - aufgebaut im Kernforschungszentrum Karlsruhe	11
Abb. 7	Behälterattrappe mit Abfallfaß	13
Abb. 8	Behälter - Fallversuch	14
Abb. 9	Deformation an der Behälterattrappe nach dem Fallversuch	16
Abb. 10	Deformation des Abfallfasses nach dem Fallversuch	16

Tabellenverzeichnis

		Seite
Tabelle 1	Dosisleistungs-Kategorien des mittelaktiven Abfalls	17
Tabelle 2	Gewicht der erforderlichen Abschirmung in [t] zum Transport von 1 t mittelaktiver Abfallstoffe	18
Tabelle 3	Wärmeerzeugung verschiedener hochaktiver Abfälle und erforderlicher Zellenradius bei Einlagerung im Salz	22

1. Vorbemerkung

Im vorliegenden Bericht soll über die wesentlichsten Arbeiten berichtet werden, die auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle von der Gesellschaft für Strahlenforschung mbH München (GSF) und der Gesellschaft für Kernforschung mbH Karlsruhe (GfK) im Jahre 1969 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 Rückstände 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. Ein hydrogeologisches Forschungsprogramm wird gemeinsam mit dem Institut für Radiohydrometrie der GSF bearbeitet, an der Umgebungsüberwachung ist das Institut für Strahlenschutz der GSF beteiligt.

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 auch allen Behörden und Institutionen gedankt werden, die durch ihre Mithilfe und ihr Entgegenkommen die Durchführung der Arbeiten unterstützt haben.

2. Herrichtung des Salzbergwerkes Asse

2.1 Liegenschaft Asse

2.1.1 Baumaßnahmen auf der Liegenschaft

Im Oktober des Berichtsjahres konnte das Kauen-, Werkstatt- und Magazingebäude seiner Bestimmung übergeben werden (Abb. 1).

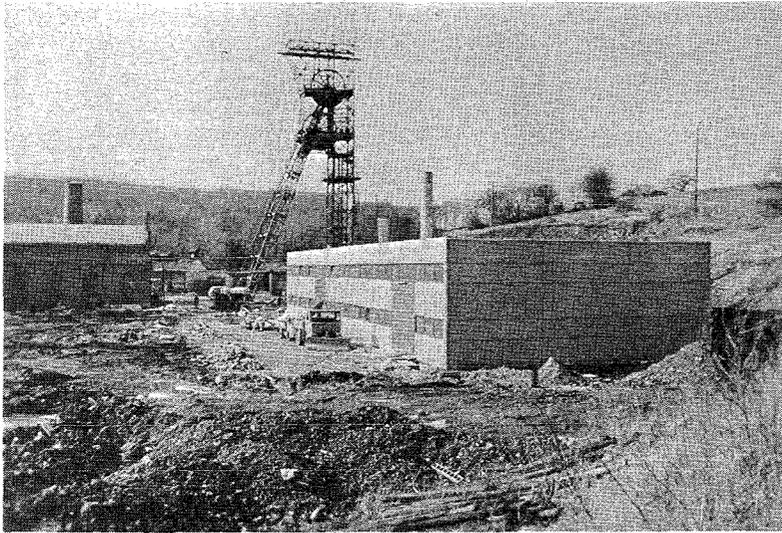


Abb. 1: Salzbergwerk Asse, neues Kauen-, Magazin- und Werkstattgebäude

Der Wetterkanal wurde ebenfalls fertiggestellt und der 11 m hohe Diffusor montiert (Abb. 2). Mit der Erstellung der Stahlbetonfundamente für den neuen unteren Teil des Schachtfördergerüsts ist im Herbst begonnen worden, jedoch konnte deren Fertigstellung wegen des vorzeitigen Wintereinbruchs im Berichtsjahr nicht mehr erfolgen.

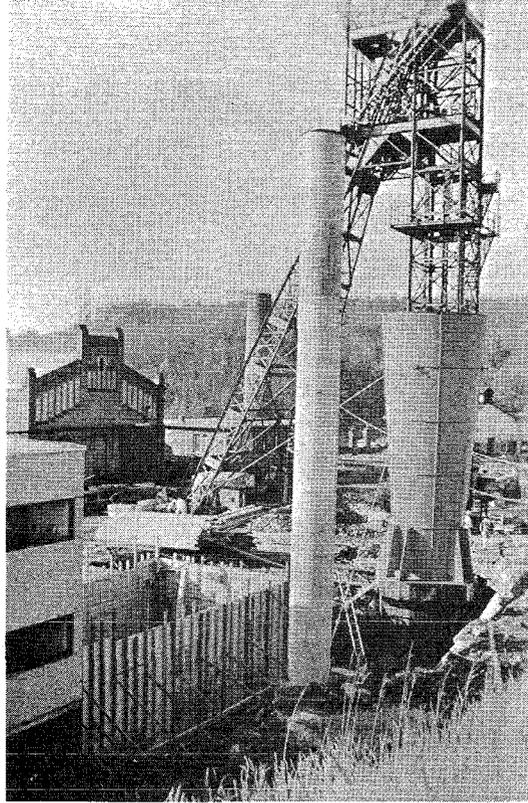


Abb. 2 : Salzbergwerk Asse, Diffusor, Schornstein
und eingeschalter Keller des Verbindungs-
baues zwischen Kaue und zukünftiger Schachthalle

Zu Beginn des Jahres ist ferner das Fördermaschinengebäude instand-
gesetzt worden. Die Fördermaschine wurde demontiert, damit sie auf
eine Nutzlast von 9,8 t umgebaut werden kann.

2.1.2 Erstellung eines Generalbebauungsplanes

Im Laufe des Jahres wurde der Generalbebauungsplan für die Schachtanlage Asse II aufgestellt. Zunächst ist die neue Schachthalle bis zum Sommer 1971, dem Zeitpunkt des Beginns der versuchsweisen Einlagerung mittelaktiver Rückstände, zu erstellen. Auch ein Gleisanschluß wurde bereits eingeplant, dessen Trassenführung auf dem Werksgelände verbindlich festgelegt worden ist, während für die Gleiszuführung zum Werksgelände zwei Alternativmöglichkeiten gegeben sind, deren Planung durch die Bundesbahn erfolgt.

Für die Stromversorgung der gesamten Schachtanlage ist eine neue Trafostation erforderlich. Sie wird so angeordnet, daß sie in der Nähe des Hauptverbrauchers, der Fördermaschine, liegt.

Da die in Wolfenbüttel angemieteten Räume aufgegeben werden sollen, ist die Aufstockung des Verwaltungsgebäudes auf der Asse notwendig.

2.2 Technische Herrichtung und bergbaulicher Betrieb des Bergwerkes

2.2.1 Reparatur- und Umbauarbeiten im Hauptschacht

Nachdem Ende 1968 die 320 m lange Vorbausäule im schadhaften Bereich der Tübbingsäule fertiggestellt worden war [1], wurden die stählernen Schachteinbauten im Jahre 1969 von übertage bis in den Schachtsumpf unterhalb der 750 m-Sohle eingebracht. Sie bestehen aus stählernen Einstrichen, einem Wetterscheider aus 2 mm starkem verzinkten Stahlblech, der bis zur 490 m-Sohle reicht, und stählernen Spurlatten. Im Zuge dieser Montagearbeiten wurden ferner die Schachtstühle in den Füllrörtern der 490 m- und 750 m-Sohle erstellt sowie die Starkstrom-, Signal- und Telefonkabel von übertage bis zur 750 m-Sohle ein- bzw. umgehängt.

Im Oktober ist auf der 490 m-Sohle die Wetterschleuse sowie der Hauptgrubenlüfter mit einer Leistung von max. 5.000 m³ Frischwetter/min montiert und in Betrieb genommen worden. Damit ist nach fast zweijähriger Pause die Bewetterung der Grube wiederhergestellt worden.

2.2.2 Bergmännische Vorrichtungsarbeiten

In der Zeit zwischen dem Einbau der Vorbausäule und dem Beginn der Montage der Schachteinbauten durch eine Bergbaufirma, d. h. von Januar bis April, sind das Schachtmauerwerk am Füllort gesichert und das Füllort selbst für die Montage der Korbbeschieckungskrananlage auf eine lichte Höhe von 7 m ausgeschossen worden (Abb. 3).

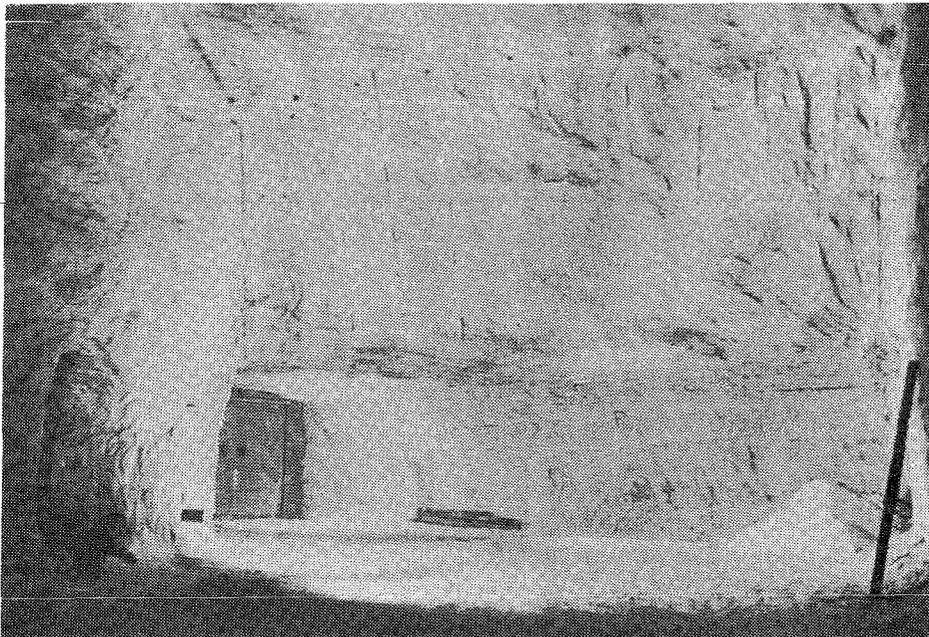


Abb. 3 : 490 m-Sohle, Füllort mit Wetterschleuse

Mit der Errichtung des Schachtstuhles an der 490 m-Sohle wurde auch der für die Bewetterung der Grube erforderliche Wetter-scheider fertig montiert, so daß nach der Inbetriebnahme des Hauptgrubenlüfters von Oktober ab der Grubenbetrieb wieder voll aufgenommen werden konnte.

Um die 3. Versuchseinlagerung niedrigaktiver Abfälle im November 1969 rechtzeitig beginnen zu können, sind zunächst der dafür vorgesehene Abbau 1 auf der 750 m-Sohle beraubt, planiert und die Fahrbahn durch die Abbaue 12 und 2 hergerichtet worden. Im Anschluß daran wurden weitere für den Betriebsablauf notwendige Arbeiten auf der 490 m- und 750 m-Sohle durchgeführt.

3. Einlagerung radioaktiver Abfälle

3.1 Schwachaktive Abfälle

3.1.1 Versuchseinlagerung

Im November begann die 3. Versuchseinlagerung niedrigaktiver Abfälle bei noch provisorischem Schachtförderbetrieb. Von den zur Einlagerung vorgesehenen rd. 3.000 Fässern von je 200 l Volumen sind bis zum Jahresende 1.100 Fässer in den Kammern 4 und 1 der 750 m-Sohle eingelagert worden. Die Kammer 4 ist damit zu 100 % gefüllt und enthält 5.000 Fässer mit insgesamt 1.000 m³ radioaktiven Abfallstoffen.

Während anfangs die Fässer in Kammer 4 in Viererreihen mit einem Kontrollgang aufgestellt wurden (Abb. 4), werden sie nun in Kammer 1 liegend bis zu 10 Stück übereinander eingelagert (Abb. 5). Dadurch wird eine wesentlich bessere Raumausnutzung sowie eine größere Einlagerungskapazität erreicht.

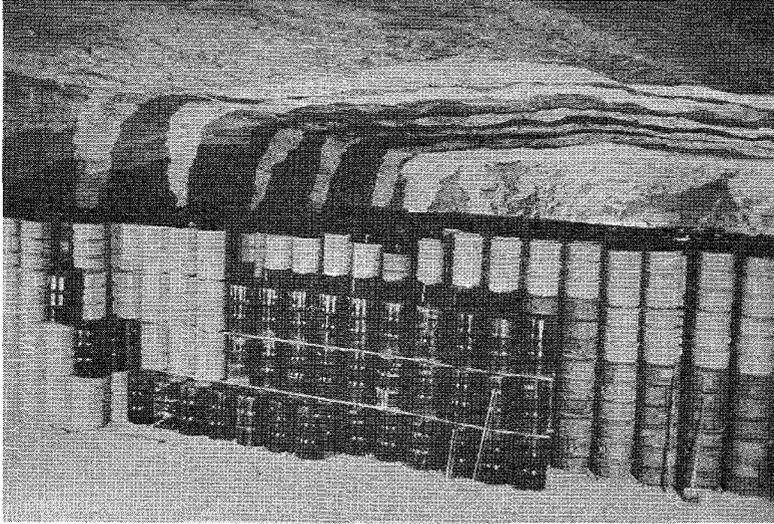


Abb. 4 : 750 m-Sohle, Versuchseinlagerung schwachaktiver Rückstände im Abbau 4

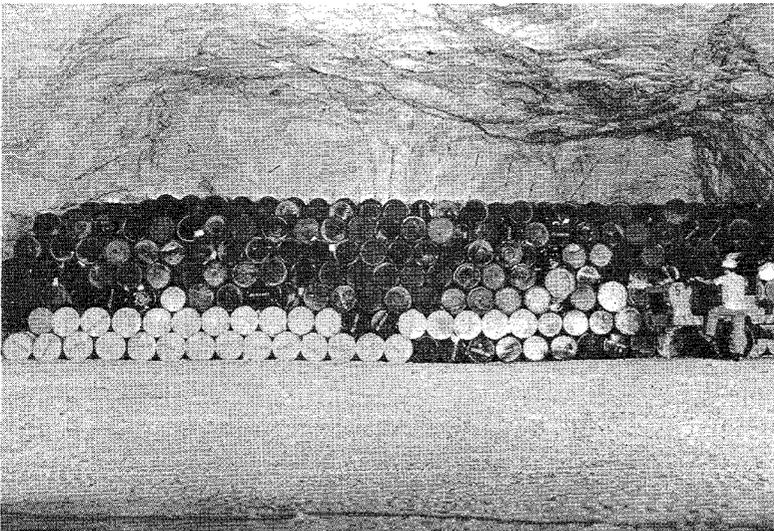


Abb. 5 : 750 m-Sohle, Versuchseinlagerung schwachaktiver Rückstände im Abbau 1

3.1.2 Einlagerungsbedingungen

Für die routinemäßige Einlagerung von schwachradioaktiven Abfällen in das Salzbergwerk Asse, mit der im Sommer 1971 begonnen werden soll, wurden die Einlagerungsbedingungen entworfen.

Bei der Formulierung dieser Bedingungen wurde versucht, die in den einzelnen Abfallkategorien zulässigen Aktivitätsgehalte entsprechend der Qualität der Abfälle und der Verpackung zu staffeln. Gleichzeitig sollte den recht unterschiedlichen Erfordernissen und Möglichkeiten der einzelnen Ablieferer Rechnung getragen werden. Betriebe mit großem Anfall sind im allgemeinen mit ausreichenden Anlagen zur Konditionierung des Abfalls ausgestattet, so daß es dort wirtschaftlicher ist, die Abfälle sorgfältig aufzubereiten, dafür aber möglichst billige Behälter für die Verpackung zu verwenden. An Stellen mit geringerem Anfall ist es dagegen vorteilhafter, die Abfallkonditionierung durch Verpackung der Abfälle in aufwendigeren Behältern zu umgehen.

Der Entwurf der Einlagerungsbedingungen soll im kommenden Jahr mit den künftigen Ablieferern sowie den zuständigen Aufsichts- und Genehmigungsbehörden diskutiert und dann in die endgültige Form gebracht werden.

3.2 Mittelaktive Abfälle

3.2.1 Beschickungsanlage

Die bereits im Jahresbericht 1968 beschriebene Anlage zur Einlagerung von mittelaktiven Abfällen im Salzbergwerk Asse wurde von den Herstellern ausgeliefert und im Kernforschungszentrum Karlsruhe zur Erprobung aufgebaut (Abb. 6). Neben der Prüfung der eigentlichen Funktionsfähigkeit durch Simulierung aller Betriebsvorgänge wurde die Anlage in umfangreichen Versuchen vor allem in den Grenzbereichen ihrer Belastbarkeit geprüft. Sowohl der mechanische als auch der elektrische Teil arbeiteten einwandfrei. Bewußt durchgeführte Fehlschaltungen bei der Bedienung führten durch das eingebaute elektrische Verriegelungssystem in keinem Falle zu einem Schaden.

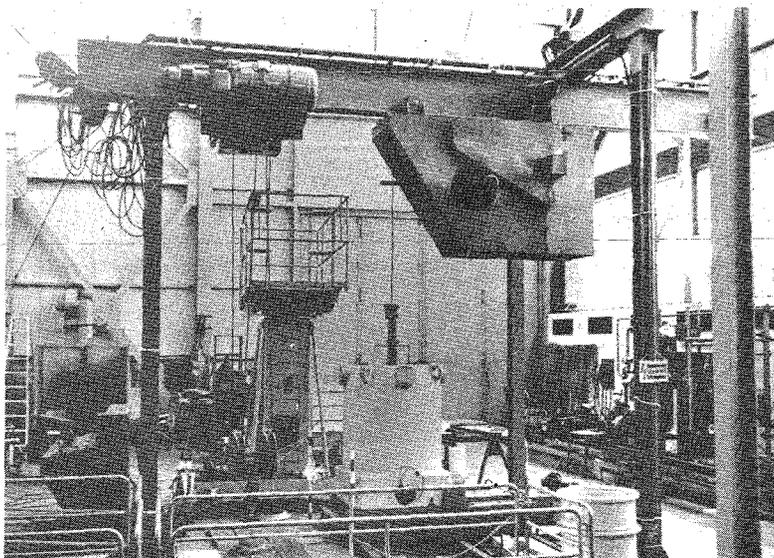


Abb. 6 : Beschickungskrananlage und Abschirmbehälter für die Einlagerung mittelaktiver Abfälle - aufgebaut im Kernforschungszentrum Karlsruhe

Zur Vereinfachung einiger Arbeitsvorgänge sind verschiedene Verbesserungen an der Anlage sowie an den Abschirmbehältern vorgenommen worden, durch die vor allem die Aufenthaltszeiten des Bedienungspersonals im unmittelbaren Bereich der Abschirmbehälter in der Beschickungskammer wesentlich reduziert werden konnten.

Nach der Prüfung wurde die Anlage demontiert und zum Salzbergwerk Asse transportiert.

Nach Beendigung der Reparaturarbeiten am Schacht und dessen Förderanlage kann im 2. Halbjahr 1970 mit der Montage der Einlagerungseinrichtung begonnen werden.

3.2.2 Prüfungen zur Zulassung des Einzelabschirmbehälters

Nach den Transportbestimmungen der IAEA bzw. der Eisenbahnverkehrsordnung (EVO) müssen Behälter zum Transport von höher radioaktiven Stoffen auf öffentlichen Verkehrswegen gewissen Bedingungen genügen. Die Erfüllung dieser Bedingungen muß durch vorgeschriebene Versuche oder Berechnungen nachgewiesen werden.

Für die Durchführung der Versuche wurde eine Behälterattrappe hergestellt, die einem Original-Abschirmbehälter weitgehend entsprach (Abb. 7). Der Innenraum mit der Auskleidung sowie die Faßgreifvorrichtung im Behälterinnern wurden originalgetreu nachgebildet. Diese Attrappe, als Schweißkonstruktion mit einer Wanddicke von 50 mm hergestellt, wog 1.400 kp.



Abb. 7 : Behälterattrappe mit Abfallfaß

Mit dieser Behälter-Nachbildung wurde der vorgeschriebene Fallversuch aus einer Höhe von 9 m durchgeführt (Abb. 8). Im Behälter befand sich ein 200 l - Rollreifenfaß, das mit Beton und beigemischtem Lithiumsalz von rd. 350 kp Gewicht gefüllt war. Der Aufprall des Prüfkörpers aus 9 m Höhe erfolgte auf ein Betonfundament von $6,25 \text{ m}^2$ Grundfläche und einer Stärke von 1,6 m. Die Oberseite des Betonfundaments, dessen Gewicht mehr als das vorgeschriebene 10-fache des Prüflings betrug, war durch eine 50 mm dicke Stahlplatte armiert.

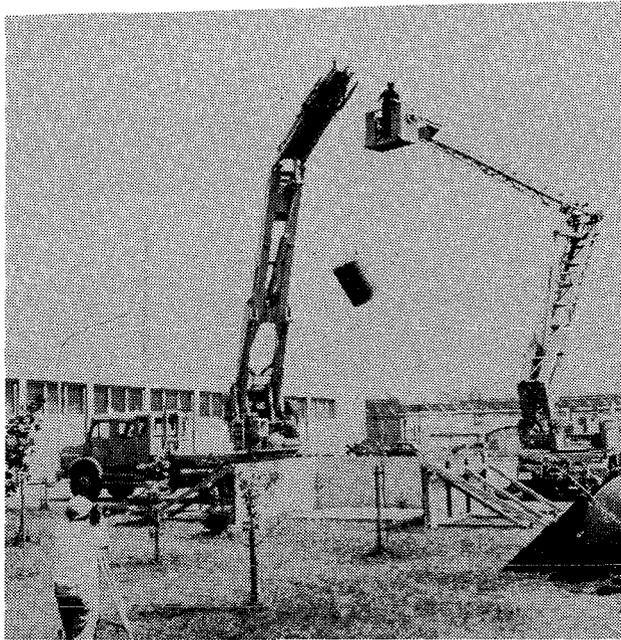


Abb. 8 : Behälter - Fallversuch

Vor dem Fallversuch wurde das Rollreifenfaß in einem Wasserbecken mittels Luftblasentest auf Dichtigkeit untersucht. Die gleiche Untersuchung erfolgte nach dem Falltest.

Die nächste Prüfung war das langzeitliche Lagern des Abfallfasses nach dem Fallversuch im Wasserbad bei ständiger Messung des aus dem Beton ausgelaugten Lithiums.

Die beschriebene Behälterprüfung erfolgte in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin (BAM) und in Absprache mit der Physikalisch-technischen Bundesanstalt Braunschweig (PTB).

Als Ergebnis dieser Prüfungen kann angegeben werden :

1. Die beschriebene Attrappe bewies beim Falltest ausreichende Stabilität. Außer einer Abplattung an der Deckelkante wurde keine Beschädigung am Behälter festgestellt (Abb. 9).
2. Die Innenauskleidung aus Buchenholz bewährte sich als dämpfendes Material. Die Rollreifen des Fasses zeigten nach dem Falltest eine kleine Verschiebung. Da das Faß nicht ganz gefüllt war, war eine geringfügige Stauchung am Mantel unterhalb des Deckels eingetreten (Abb. 10). An zwei Stellen wurden beim Blasentest kleine Undichtigkeiten festgestellt. Die Ursachen dieser Undichtigkeiten - eine konische Zentrierung für das Faß in der Attrappe und eine zu starke Überlappung des Faßmantels im Deckelbereich - wurden beseitigt.
3. Die anschließenden Auslaugversuche mit diesem Faß zeigten keine feststellbare Auslaugung.

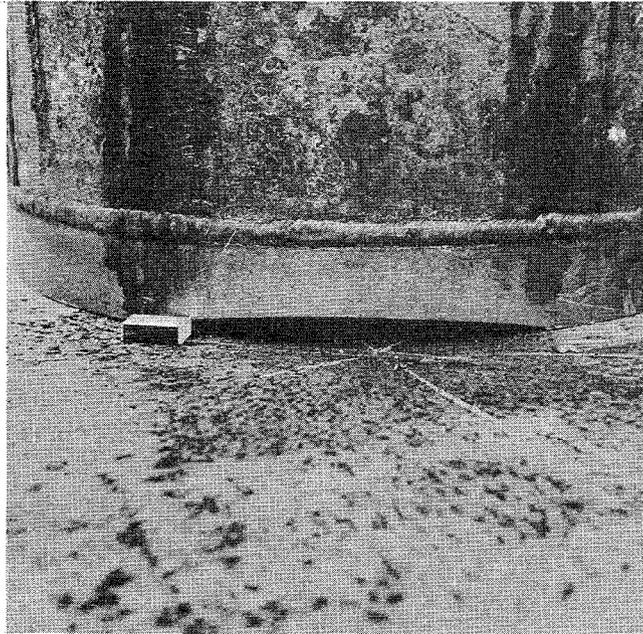


Abb. 9 : Deformation an der Behälterattrappe
nach dem Fallversuch

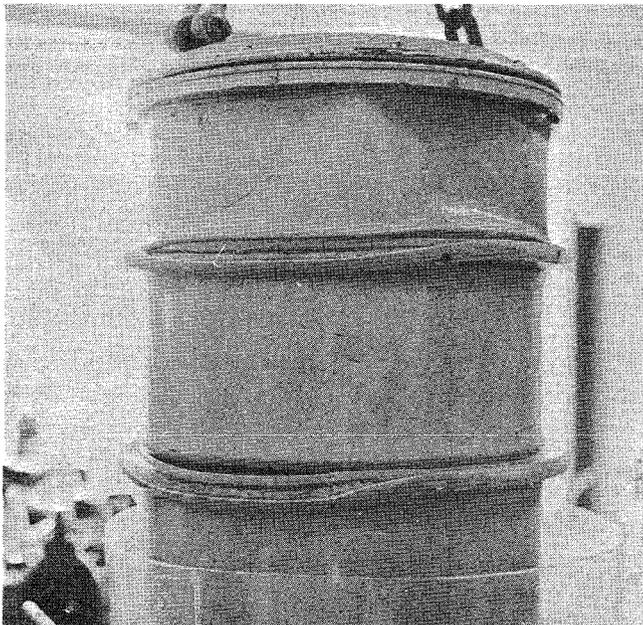


Abb. 10 : Deformation des Abfallfasses nach dem Fallversuch

3.2.3 Entwicklung eines Sammelabschirmbehälters

In Anpassung an das bestehende technische System zur Endlagerung von mittelaktiven Abfällen im Salzbergwerk Asse wurden weitere Untersuchungen zu einer wirtschaftlichen Optimierung der Abfalltransporte vom Kernforschungszentrum Karlsruhe zur Asse durchgeführt.

In den nächsten Jahren wird im Kernforschungszentrum Karlsruhe ein jährlicher Anfall von ca. 125 m^3 mittelaktiver Abfälle erwartet. In Tabelle 1 sind diese Abfälle entsprechend ihrer Dosisleistung in fünf verschiedene Kategorien unterteilt.

Tabelle 1 : Dosisleistungs-Kategorien des mittelaktiven Abfalls

Dosisleistungs-Kategorie	Dosisleistung [R/h]	Anteil [%]
I	1 - 2	30
II	2 - 10^2	50
III	10^2 - 10^3	15
IV	10^3 - 10^4	4
V	10^4 - 10^5	1

Setzt man voraus, daß für jede Dosisleistungs-Kategorie jeweils Transportbehälter mit der entsprechenden Abschirmung vorhanden sind, so werden beim Transport von 1 t mittelaktiven Abfalls bei Verwendung von Einzel- bzw. Sammelbehältern die in Tabelle 2 aufgeführten Abschirmgewichte mit zu transportieren sein.

Tabelle 2 : Gewicht der erforderlichen Abschirmung
in [t] zum Transport von 1 t mittelaktiver
Abfallstoffe

Dosisleistungs- Kategorie	Einzelbehälter	Sammelbehälter
II	15	9
III	20	11,5
IV	23	13,5

Da drei Sammelbehälter mit jeweils auf eine Dosisleistungs-Kategorie ausgelegter Abschirmdicke nur zu einem geringen Prozentsatz ausgelastet wären, wurde ein Behälter mit variabler Abschirmung gewählt. Die Kombination dieses Behälters mit Einzel- und verlorenen Abschirmungen ergibt folgendes Transportsystem für mittelaktive Abfälle :

1. Abfälle der Kategorie I mit einer Dosisleistung ≤ 2 R/h werden durch eine direkte Ummantelung mit Beton auf die für den Transport zulässigen Dosisleistungswerte abgeschirmt. Es handelt sich dabei also um eine verlorene Abschirmung.
2. Für Abfälle der Kategorien II, III und IV wurde ein Sammeltransportbehälter aus Stahlguß mit variabler Abschirmung von wahlweise 150, 203 und 245 mm entwickelt. Die stärkere Abschirmung erreicht man dadurch, daß der Grundbehälter in einen oder zwei Zusatzabschirmbehälter gestellt wird.
3. Abfälle der Kategorie V werden in Einzelbehältern mit entsprechender Abschirmung transportiert.

Das System der variablen Abschirmung bietet den Vorteil, daß die Abschirmdicke des Behälters den jeweiligen Erfordernissen des radioaktiven Abfallgutes angepaßt werden kann.

Anlage 1 zeigt den Grundriß und einen Schnitt durch diesen Sammelabschirmbehälter. Der Grundbehälter besteht aus einem zylindrischen Hohlkörper mit Boden und abnehmbarem Deckel. Sieben Abfallfässer werden darin in einem drehbaren, motorisch angetriebenen Magazin untergebracht. Die Befüllung bzw. Entleerung des Behälters erfolgt über eine im Deckel vorhandene Öffnung, die mit einem Schieber sicher verschlossen ist.

Die Befüllung und die Entleerung ist auf zwei Arten möglich, entweder in einer Abschirm-Zelle oder durch Übernahme der Fässer in einen Einzel-Abschirmbehälter. Die zweite Möglichkeit mußte vorgesehen werden, da auf derASSE zunächst keine Umladezelle vorhanden ist und der Transport nach untertage wegen der Begrenzung der Nutzlast auf 9,8 t nur in Einzelbehältern erfolgen kann.

Folgende drei Abschirmvariationen sind für den Sammelbehälter gegeben :

1. Behälter 1 mit einer Abschirmdicke von 150 mm Stahl und einem Bruttotransportgewicht von 25 Mp. Er ist für Abfälle der Kategorie II mit einer Dosisleistung bis 10^2 R/h verwendbar.
2. Behälter 1 und 2 mit einer Abschirmdicke von 203 mm Stahl und einem Bruttotransportgewicht von 30 Mp. Damit können Abfälle der Kategorie III bis zu einer Dosisleistung von 10^3 R/h transportiert werden.

3. Behälter 1, 2 und 3 mit einer Abschirmdicke von 245 mm Stahl und einem Bruttotransportgewicht von 35 Mp, der Abfälle der Kategorie IV mit einer Dosisleistung bis 10^4 R/h aufnehmen kann.

Für diese 3 Variationen errechnen sich Abschirmgewichte pro 200 l Abfall (1 Rollreifenfaß) von 3, 2 Mp, 3, 9 Mp und 4, 6 Mp.

Der Sammelbehälter wird 1970 in Auftrag gegeben, so daß er mit Beginn der versuchsweisen Einlagerung mittelaktiver Abfälle im Sommer 1971 zum Transport vom Kernforschungszentrum Karlsruhe zum Salzbergwerk Asse zur Verfügung stehen wird.

3.3 Hochaktive Abfälle

Die im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten zur Vorbereitung der Einlagerung von hochaktiven wärmeentwickelnden Abfällen konzentrierten sich auf Parameterstudien sowie auf Temperatur-Versuche und deren Auswertung.

3.3.1 Parameterstudien

Für die geplante Einlagerung hochaktiver wärmeentwickelnder Abfälle im Salz sind der Einfluß des Alters der Spaltprodukte, ihrer Konzentration im Glas, des Durchmessers der Glaszylinder sowie der Tiefe und Abstände der Lagerbohrungen auf die Grenz- und Maximaltemperaturen im Glas und im Salz zu untersuchen. Zur Klärung dieser Fragen werden umfangreiche Parameterstudien zur Aufheizung des Salzgebirges durch die Einlagerung von hochaktiven Glaszylindern in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, Lehrauftrag Leistungsreaktoren, der TH Aachen durchgeführt.

Durch die Parameterstudien soll die Lagergeometrie für hochaktive Abfälle ermittelt werden, die das günstigste Verhältnis der in den Bohrungen untergebrachten Glaszylinder zur belegten Fläche erbringt. Diese Forderung wird durch eine hexagonale Anordnung der Lagerzellen erfüllt, wie sie in Anlage 2 dargestellt ist.

Aus den umfangreichen Berechnungen soll hier nur ein kurzes Beispiel erläutert werden. In Berechnungen, die in den USA durchgeführt wurden [2], sind die Maximaltemperaturen im Glas auf 800°C und im Salz auf 200°C festgelegt worden. Dabei ist die Forderung, die Temperatur von 200°C an der Grenzfläche Salz - Glaszylinder nicht zu überschreiten, die strengere. Bei Beachtung dieser Grenztemperaturen und unter Einsetzung nahezu gleicher Abmessungen der Glaszylinder und Mächtigkeit der Deckschicht ergeben sich für zwei typische Abfälle der USA und der BRD die in Tabelle 3 angeführten Zellenradien.

Da der Flächenbedarf für die Einlagerung mit dem Quadrat des Zellenradius wächst, ist man bemüht, den Zellenradius möglichst klein zu halten. Unter diesen Voraussetzungen ist aus der Tabelle 3 zu entnehmen, daß sowohl bei einer Einlagerung von kalziniertem Purex-Abfall als auch von Borosilikat-Gläsern eine Zwischenlagerung von 3 bis 4 Jahren erforderlich ist, damit der Zellenradius unter 4 m bleibt. Die dann in dem hochaktiven Abfall zulässige spezifische Wärmeerzeugung beträgt etwa 40 Watt/l.

Tabelle 3 : Wärmeerzeugung verschiedener hochaktiver Abfälle und erforderlicher Zellenradius bei Einlagerung im Salz

Alter des Abfalls		[a]	2	3	4	6	Bemerkung
USA	Wärmeerzeugung	$\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{h}} \right]$	$6,4 \cdot 10^4$	$3,7 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$	Kalzinierter saurer Purex-Abfall
		$\left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \right]$	74,5	43	28	16,3	
	Zellenradius	[m]	-	3	2,5	2	
BRD	Wärmeerzeugung	$\left[\frac{\text{kcal}}{\text{m}^3 \cdot \text{h}} \right]$	$7,6 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^4$	Borosilikat-Gläser
		$\left[\frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \right]$	88,5	52,5	32,5	20	
	Zellenradius	[m]	> 8	< 4	2	< 2	

3.3.2 Temperatur-Versuche

Die theoretischen Berechnungen werden durch Versuche im Salzbergwerk Asse ergänzt, bei denen die Wärmeerzeugung der hochaktiven Abfälle durch elektrische Heizelemente simuliert wird. Gleichzeitig werden die durch die Aufheizung verursachten Gebirgsbewegungen erfaßt (vgl. Kap. 4.1.2).

Die Ergebnisse des Temperatur-Versuchsfeldes 1 b (vgl. [1]) wurden im Berichtszeitraum ausgewertet und in [3] zusammenfassend dargestellt. Hier sollen als Beispiele der Ergebnisse zwei Isothermen-Pläne (Anlagen 3 und 4) gezeigt werden.

Anlage 3 zeigt einen Vertikalschnitt in einer Entfernung von 7,45 m von der Salzoberfläche, während Anlage 4 einen Längsschnitt durch den Erhitzer E I und das ihn umgebende Wärmefeld darstellt. Der zylindrische elektrische Erhitzer E I und das ihn umgebende Salzgebirge sind 34 Wochen lang mit einer Leistung von 1,8 kW (das entspricht einer spezifischen Leistung von $177 \text{ W/l} = 152 \text{ kcal/l} \cdot \text{h}$) aufgeheizt worden. Dadurch hat sich das in den beiden Anlagen dargestellte nahezu rotationssymmetrische Wärmefeld um den Erhitzer aufgebaut. Es ist zu erkennen, daß nur im Nahbereich unmittelbar um den Erhitzer Temperaturen von über 80°C auftreten.

Das im September 1968 stillgelegte Temperatur-Versuchsfeld 2 [1] wurde im Berichtsjahr gründlich überholt und für einen neuen Versuch vorbereitet. Allerdings waren diese Arbeiten durch die beschränkte Zugänglichkeit der Grube stark behindert. Der Ausbau der Erhitzer war wegen des eingebrachten Isoliermaterials mit großen Schwierigkeiten verbunden. Sämtliche Bohrlöcher, in denen Erhitzer oder Temperaturgeber untergebracht sind, wurden gesäubert und vermessen. Die Arbeiten wurden so weit vorangetrieben, daß der neue Versuch im Frühjahr 1970 begonnen werden kann.

Die Berechnung der Wärmeleitfähigkeit von Salzgrus [4] zeigte, daß es nur bei Außentemperaturen an den Abfallbehältern von unter 200°C empfehlenswert ist, den Ringraum zwischen Abfallbehälter und Bohrloch mit Salzgrus zu verfüllen. Bei höheren Temperaturen sind die Wärmeübertragungseigenschaften des Luftspaltes besser.

4. Forschungsarbeiten

Neben den bisher geschilderten Arbeiten wurden auch solche Forschungsarbeiten durchgeführt, die sich nicht direkt auf ein einzelnes Einlagerungsvorhaben beziehen, in erster Linie Arbeiten, die die Sicherheit der Einlagerung und die der Endlagerstätte nachweisen sollen.

4.1 Gebirgsmechanische Untersuchungen

4.1.1 Gebirgsmechanische Laboruntersuchungen

Zum Nachweis und zur Kontrolle der Standsicherheit der Grubenräume im Salzbergwerk Asse ist es erforderlich, gebirgsmechanische Laborversuche durchzuführen. Dazu werden in der Grube Probeblöcke aus dem Gebirgskörper entnommen und anschließend zu Prüfkörpern verarbeitet, die dann auf ihre verschiedenen Festigkeitsparameter hin untersucht werden. Die Festigkeitsuntersuchungen erfolgen unter Versuchsbedingungen, die weitgehend den tatsächlichen Grubenbedingungen angepaßt sind. Um eine Übertragbarkeit der Laborversuche auf die realen Verhältnisse zu gewährleisten, müssen zur Wahrung der Modelltreue und Ähnlichkeit eine Reihe von Forderungen im Hinblick auf die Modellgröße und -geometrie sowie die mineralogisch-petrographische Zusammensetzung und Homogenität des untersuchten Gesteinsmaterials erfüllt sein.

In Anlage 5 ist ein Kammer-Pfeiler-Modell der Schachanlage Asse dargestellt, wie es bei Druckversuchen verwendet wird. Das Salzgestein (schraffiert) ist beim Versuch von den Druckplatten allseitig fest eingespannt. Der Pfeiler hat die Länge L , die Breite B und die Höhe h . Als Schlankheitsmaß λ ist das Verhältnis von Pfeilerhöhe h zu Pfeilerbreite B definiert. Beim echt dreiaxialen Druckversuch wird aus den drei Richtungen x , y und z Druck auf das Kammer-Pfeiler-Modell ausgeübt und dabei dessen mechanisches Verhalten beobachtet.

An Hand der Ergebnisse dieser echt dreiaxialen Druckversuche an Kammer-Pfeiler-Modellen aus Asse-Liniensalz konnten die bisher vorliegenden Werte über die Tragfähigkeit von Grubenpfeilern weiter ergänzt und untermauert werden [5]. Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit der Theorie des Grenzgleichgewichtes, die im angewandten Bereich der Geomechanik für den Salzbergbau die Dimensionierung von Kammern und Pfeilern ermöglicht, zeigte gute Übereinstimmung (Anlage 6).

In dieser Anlage sind die Tragfähigkeit bzw. mittlere Grenzspannung von Pfeilern unterschiedlicher Pfeilergeometrie aus Liniensalz des Salzbergwerkes Asse in Abhängigkeit von ihrem Schlankheitsmaß λ dargestellt. Die Kurve I gründet sich auf Ergebnisse aus Pfeilermodelluntersuchungen im Labor. Sie ergibt sich aus der von W. DREYER, TU Clausthal, und H. BORCHERT entwickelten Pfeilermodellformel [6], modifiziert für solche Pfeiler, wie sie im Salzbergwerk Asse auftreten. Kurve II wurde unter Einsetzen der experimentell an Asse-Liniensalz bestimmten Parameter Kohäsion c und Reibungswinkel ϱ analytisch nach der Methode des Grenzgleichgewichtes erhalten. Beide Pfeilertragfähigkeitskurven fallen praktisch in dem dargestellten Bereich bei sehr geringen Abweichungen zusammen.

Mit der Aufstellung eines Festigkeitskataloges für alle am Aufbau der Lagerstätte beteiligten Salzgesteine wurde begonnen. Die für diese experimentellen Untersuchungen erforderlichen Regel- und Datenerfassungseinrichtungen konnten vervollkommnet werden. Damit ist es nunmehr möglich, die Festigkeits- und Verformungsparameter der verschiedenen Gesteine sowohl bei stark unterschiedlichen Belastungs- als auch Verformungsgeschwindigkeiten zu ermitteln.

4.1.2 Gebirgsmechanische in situ-Messungen

Durch die Reparaturarbeiten im Schacht Asse wurde innerhalb des Berichtszeitraumes die gebirgsmechanische Überwachung der Grube behindert. So konnten die markscheiderischen Messungen in Abbauen und Strecken sowie die Konvergenzmessungen im Hauptschacht und auf einigen Sohlen nicht durchgeführt werden. Die Feinnivellements zur Beobachtung der Tagesoberfläche konnten regelmäßig weitergeführt werden. Trotz der Beschränkungen waren die Durchführung der Konvergenzmessungen im Blindschacht 2 und die Bewegungsmessungen im Temperatur-Versuchsfeld 2 möglich.

Das Netz der Nivellements festpunkte an der Tagesoberfläche wurde 1969 auf insgesamt 15 Vermarkungen erweitert. Die Auswertung der bisherigen Feinnivellements zeigt Höhenveränderungen geringsten Ausmaßes im Einflußbereich der Grubenbaue. Feststellungen über eine Absenkung der Tagesoberfläche in Absolutbeträgen können jedoch z. Zt. nicht getroffen werden, da noch zu wenig Datenmaterial vorliegt. Falls es sich bei einer Absenkung der Tagesoberfläche um Abbaufolgen handelt, verläuft diese hier in meßbaren Beträgen über eine große Zeitspanne. Da aufgrund der Standzeit der Grubenbaue lediglich bergbauliche Restwirkungen vermutet werden können, sind sie mit hinreichender Genauigkeit nur in Langzeit-Beobachtungen zu ermitteln.

Die Ergebnisse der elektrisch registrierten Bewegungsmessungen im abgeworfenen Teil des Blindschachtes 2 zwischen der 637 m- und 700 m-Sohle erbringen bisher folgende Aussagen :

1. Die Divergenzen in streichender Richtung sind kleiner als die Konvergenzen querschlägig zur Lagerstätte. Das spricht für im Vergleich zu einaxialer Pfeilerbeanspruchung günstigere Einspannverhältnisse, welche die Pfeilertragfähigkeit erhöhen.
2. Eine steigende Verschiebungsgeschwindigkeit, die nach den bisherigen Erfahrungen auf eine zunehmende Überbeanspruchung der Tragfähigkeit hindeutet, wurde im Pfeiler um den Blindschacht 2 im Teufenbereich zwischen der 637 m- und 679 m-Sohle nicht festgestellt.

Die Gebirgsbeobachtungen im Temperatur-Versuchsfeld 2 (vgl. Kap. 3.3.2) konnten auch nach dem Abbruch der Aufheizung weitergeführt werden. Es wurde damit die Veränderung der Konvergenzgeschwindigkeiten während der Abkühlungsphase erfaßt. Die bisher vorliegenden Meßergebnisse aus dem Temperatur-Versuchsfeld 2 lassen erkennen, daß die Gebirgsbewegungen noch in größerer Entfernung vom Erhitzer als die Temperaturänderungen festgestellt werden können, wobei ihre Absolutbeträge allerdings minimal sind.

4.2 Sicherheitsstudien

Im Berichtsjahr wurde an den "Sicherheitsstudien für die Einlagerung radioaktiver Rückstände im Salzbergwerk Asse II" weitergearbeitet. Der allgemeine Teil beschreibt die "Bergtechnischen Anlagen und Betriebsvorgänge". Er schildert sämtliche konventionellen Anlagen und Vorgänge, die zum Betrieb des Bergwerks gehören. Im speziellen Teil werden die "Anlagen und Betriebsvorgänge zur Einlagerung radioaktiver Rückstände" erläutert.

4.3 Hydrogeologische Untersuchungen

Zusammen mit dem Institut für Radiohydrometrie der GSF wurde ein hydrogeologisches Forschungsprogramm für den Bereich der Asse aufgestellt, das Auskunft über Lage und Ausdehnung der Bewegungsbahnen des Grundwassers sowie über seine Fließrichtung und Verschiebegeschwindigkeit geben soll. Es umfaßt zunächst die Bohrungen H 3 und H 4. Die Bohrung H 3 sollte bis zu einer Endteufe von 100 m den Unteren Buntsandstein auf der Nordflanke des Asse-Sattels durchhörtern. Sie wurde nach Durchfahren der Hauptrogensteinzone bei 54 m Teufe im Unteren Buntsandstein wegen Einbruch des Winterwetters vorübergehend eingestellt, ohne bis dahin Grundwasser erreicht zu haben. Da im unteren Teil der Hauptrogensteinzone totale Spülverluste bei Klarwasserspülung auftraten, wurden Injektionsversuche mit Wasser und Dickspülung durchgeführt, um die hydraulischen Eigenschaften dieser Kluftzone zu ermitteln. Die eingegebene Spülung enthielt 3 % Bentonit und 1,5 % Antisol. Unter anderem wurden am Institut für Tiefbohrkunde und Erdölgewinnung der TU Clausthal folgende Spülungsdaten bei 20°C gemessen: Dichte 1,025 g/cm³, scheinbare Viskosität (bei 300 U/min mit dem Fann-Viskosimeter) 65 cP.

Die Bohrung H 4 soll im Mittleren Muschelkalk angesetzt werden und eine Endteufe von 130 m im Unteren Muschelkalk erreichen.

Bei den künftigen Untersuchungen sind 17 weitere hydrogeologische Untersuchungsbohrungen von 40 bis 200 m Endteufe im Deckgebirge der Asse-Salzstruktur vorgesehen.

An Brunnen, Quellen und Vorflutern wurden 66 Meßstellen eingerichtet. An 47 Meßstellen wurden hydrologische Parameter wie Temperatur, Dichte, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Schüttung bzw. Wasser-spiegelstand in 14-tägigen Abständen gemessen. Für die Deuterium- und Tritiumbestimmung wurden an diesen Punkten alle 6 Wochen und an den restlichen 19 Meßstellen alle 6 Monate Proben genommen. Die Deuterium- und Tritiummessungen werden am Institut für Radiohydrometrie durchgeführt.

Für die Sammlung von Niederschlägen wurden 3 Probenahmestellen neu eingerichtet, die speziell zur Ermittlung des Deuteriumgehaltes dienen sollen. Zur Beurteilung des gesamten Grundwasserhaushaltes werden auf der Schachanlage Asse II ständig Niederschlagsmengen und Lufttemperaturen gemessen. Die wöchentlichen Durchschnittsproben der Niederschläge werden am Institut für Radiohydrometrie auf ihren Deuterium- und Tritiumgehalt untersucht.

Die Vervollständigung der chemischen Vollanalysen wurde vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung an 21 Meßstellen weitergeführt. Darüber hinaus wurden am Institut für Tieflagerung chemische Teilanalysen in möglichst engen Zeitabständen durchgeführt, um auf Grund der Schwankungen des Chlorid- und Sulfatgehaltes die Herkunft der Quellwässer näher zu ergründen.

4.4 Umgebungsüberwachung

Im Rahmen der Umgebungsüberwachung für das Salzbergwerk Asse wurden die Aktivitätsmessungen an Grund- und Oberflächenwässern fortgesetzt. So wurde an 60 Wasserproben von insgesamt 28 ausgewählten Meßstellen die β -Gesamtaktivität bestimmt. Diese lag bei 63,2 % der Proben unter 10 pCi/l. Die danach vom Institut für Strahlenschutz der GSF durchgeführten Bestimmungen der β -Restaktivität ergaben, daß nur 1,5 % der Proben über 5 pCi/l und alle Proben unter 10 pCi/l liegen. Dabei ist die β -Restaktivität definiert als die im Eindampfungsrückstand von einem Liter Wasser gemessene β -Gesamtaktivität vermindert um die aus dem Kaliumgehalt berechnete β -Aktivität des K 40.

Zusätzlich zu den β -Aktivitätsbestimmungen sind an Proben, die den Trinkwasserversorgungsanlagen der umliegenden Gemeinden Remlingen, Groß-Vahlberg, Mönche-Vahlberg, Wittmar und Groß-Denkte sowie einer stark salzhaltigen Quelle entnommen wurden, vom Institut für Strahlenschutz der GSF die Gesamt- α -Aktivität, die β -Aktivität von Sr 90 und die γ -Aktivität von Cs 137 bestimmt worden. Sämtliche ermittelten Ergebnisse lagen unterhalb der Nachweisgrenzen der angewandten Bestimmungsmethoden. Diese Erfassungsgrenzen liegen bei 5 pCi/l für die Gesamt- α -Aktivität, bei 0,6 pCi/l für die β -Aktivität des Sr 90 und bei 0,4 pCi/l für die γ -Aktivität des Cs 137.

5. Planung einer Prototyp-Kavernenanlage

Nachdem im Herbst 1968 die Untersuchungen auf der Salzantiklinale der Asse ergeben hatten, daß dort die Erstellung einer Kavernenanlage mit einem Beschickungsbohrloch grundsätzlich möglich ist, mußte zunächst eine Untersuchungsbohrung abgeteuft werden.

Diese Tiefbohrung Remlingen 4 sollte als gerichtete Untersuchungsbohrung die Deckgebirgsverhältnisse und die oberen Partien des Salinars im Bereich des Asse-Sattels näher erkunden. Vornehmlich im Deckgebirge sollten die Untersuchungen klären, ob nach dem heutigen Stand der Bohrtechnik eine Großlochbohrung bzw. ein Bohrschacht technisch sicher niedergebracht werden kann. In Zusammenarbeit mit der Bohrfirma und nach Absprache mit dem Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung Hannover wurde ein Meß- und Untersuchungsprogramm aufgestellt.

Nach diesen vorbereitenden Arbeiten wurde die Tiefbohrung Remlingen 4 in der Zeit vom 13. 6. bis zum 6. 7. 1969 bis zu einer Teufe von 384,3 m niedergebracht. Von der Gesamtteufe wurden 142,1 Bohrmeter gekernt, wobei besonders der Übergang vom Deckgebirge zum Salzgebirge sowie die Anhydritmittelzone im Zechstein 3 berücksichtigt wurden. Die Bohrarbeiten verliefen reibungslos und ohne nennenswerte Spülungsverluste.

Der von der Bohrfirma ausgearbeitete Bohrbericht konnte im Herbst des Berichtsjahres fertiggestellt werden. In Ergänzung zu dem von der Bohrfirma bearbeiteten Meß- und Untersuchungsprogramm werden vom Institut für Tieflagerung zusätzliche Untersuchungen durchgeführt. Eine fein-stratigraphische Aufnahme der Bohrkerne insbesondere im Bereich des Salzgebirges diente als Grundlage für vergleichende stratigraphische Betrachtungen mit den Aufschlüssen im Schacht Asse 2 und den benachbarten Bohrungen.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Gemeinsamer Jahresbericht 1968
des Instituts mit Betriebsabteilung für Tieflagerung
der GSF und der Studiengruppe Tieflagerung Karlsruhe
der GfK
KFK - 1138
GSF - Bericht T 25
- [2] BRADSHAW, R. L., J. J. PERONA, J. O. BLOMEKE und
W. J. BOEGLY jr. (1969):
Evaluation of ultimate disposal methods for liquid and
solid radioactive wastes. -
VI. Disposal of solid wastes in salt formations. -
ORNL - Report 3358
- [3] KÜHN, K. und K. DÜRR
Wärmeausbreitung und Deformationsverhalten
des Gebirges im Temperatur-Versuchsfeld 1 b.
März 1969, 23 S.
GSF - Bericht T 16
- [4] KÜHN, K.
Über die Wärmeleitfähigkeit von Salzgrus.
Sept. 1969, 13 S.
GSF - Bericht T 20
- [5] DREYER, W.
Festigkeit und Tragfähigkeit der wesentlich am
Aufbau des Asse-Sattels beteiligten Salzgesteine
im Hinblick auf die Standsicherheit der Grubenbaue.
Mit einem Anhang von
H. BORCHERT, K. KÜHN und G. STAUPENDAHL
BMwF-FB K 69-32 (1969) 48 S.
GSF - Bericht T 21

- [6] BORCHERT, H. und W. DREYER
Gebirgsmechanische Untersuchungen an Salzgesteinen des
Werkes Asse II bei Wolfenbüttel unter besonderer Berück-
sichtigung der Standfestigkeit und der Konvergenz der
Grubenbaue sowie der tatsächlichen Belastung von Pfeilern,
Schweben und Schächten (Gebirgsdruck-Bericht Nr. 1 und 2)
BMwF-FB K 68-41 (1968) 130 S.
GSF - Bericht T 14

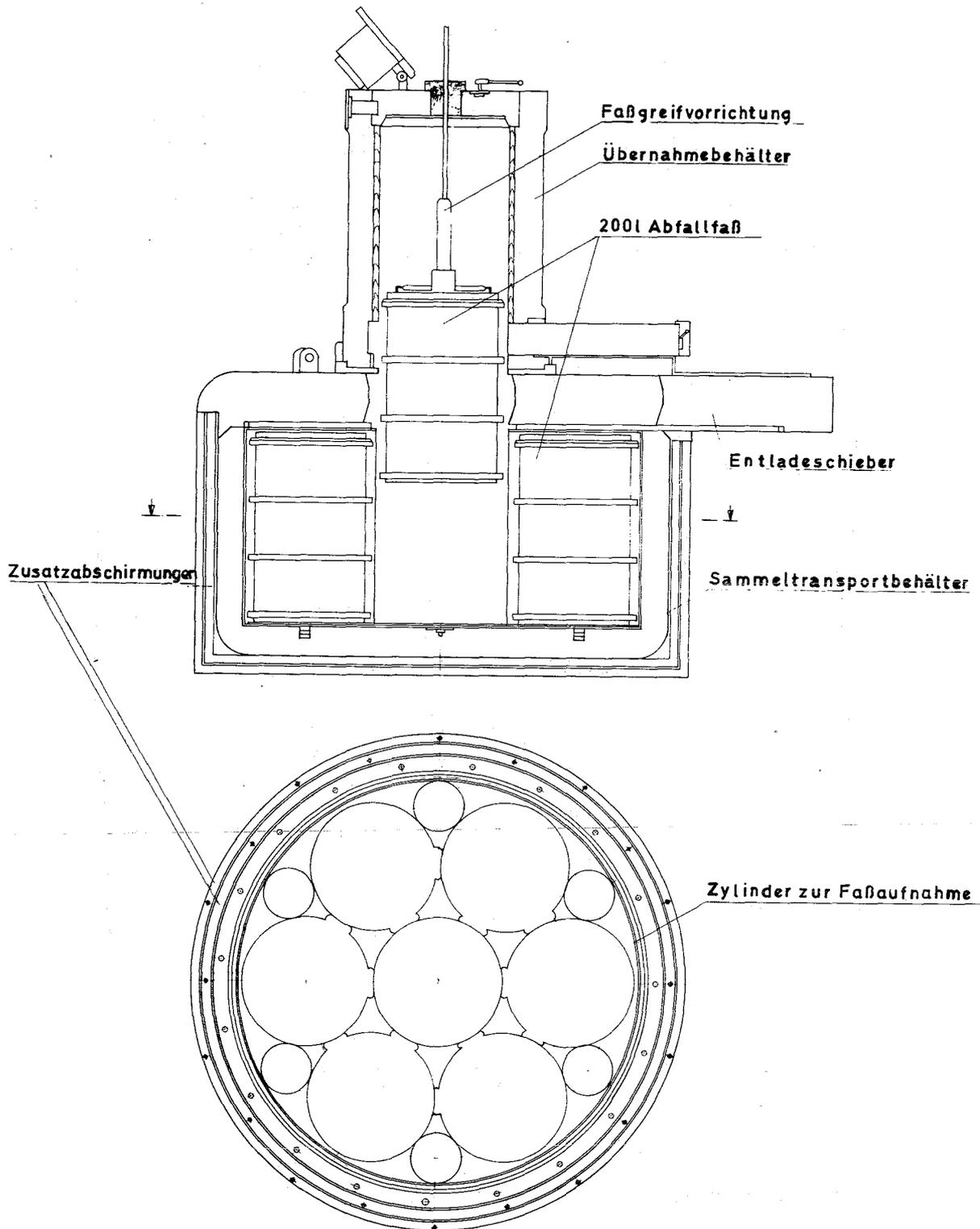
7. Weitere Veröffentlichungen im Berichtsjahr

- (1) ALBRECHT, E., H. KOLDITZ, K. KÜHN, H. E. TRABANDT,
H. HEPP, W. KLUGER und H. KRAUSE
Endlagerung radioaktiver Rückstände.
Schriftenreihe des Deutschen Atomforums, Heft 16
(1969) 43 S.
GSF - Bericht T 15
- (2) KRAUSE, H.
Disposal of radioactive wastes into deep
geological formations.
Atomic Energy Review 7 (1969), Nr. 1, 47-70
- (3) KRAUSE, H. und F. PERZL
Behandlung und Beseitigung radioaktiver
Abfälle.
Haus der Technik e. V. Essen, Vortrags-
veröffentlichungen, Heft 214 (1969), 70-84
GSF - Bericht A 25
- (4) BORCHERT, H.
Lagerstätten und Computer
Bergbauwissenschaften 16 (1969) 81-7
GSF - Bericht T 17
- (5) BORCHERT, H. und W. DREYER
Zur festigkeitsmechanischen Klassifikation sehr
verschiedenartiger Gesteine.
Bergbauwissenschaften 16 (1969) 158-64
GSF - Bericht T 18
- (6) BORCHERT, H.
Principles of oceanic salt depositions and
metamorphism.
Bull. Geol. Soc. Amer. 80 (1969) 821-64
GSF - Bericht T 19
- (7) ALBRECHT, E.
Die Endlagerung radioaktiver Rückstände
untertage.
Glückauf 105 (1969) 871-4
GSF - Bericht T 26

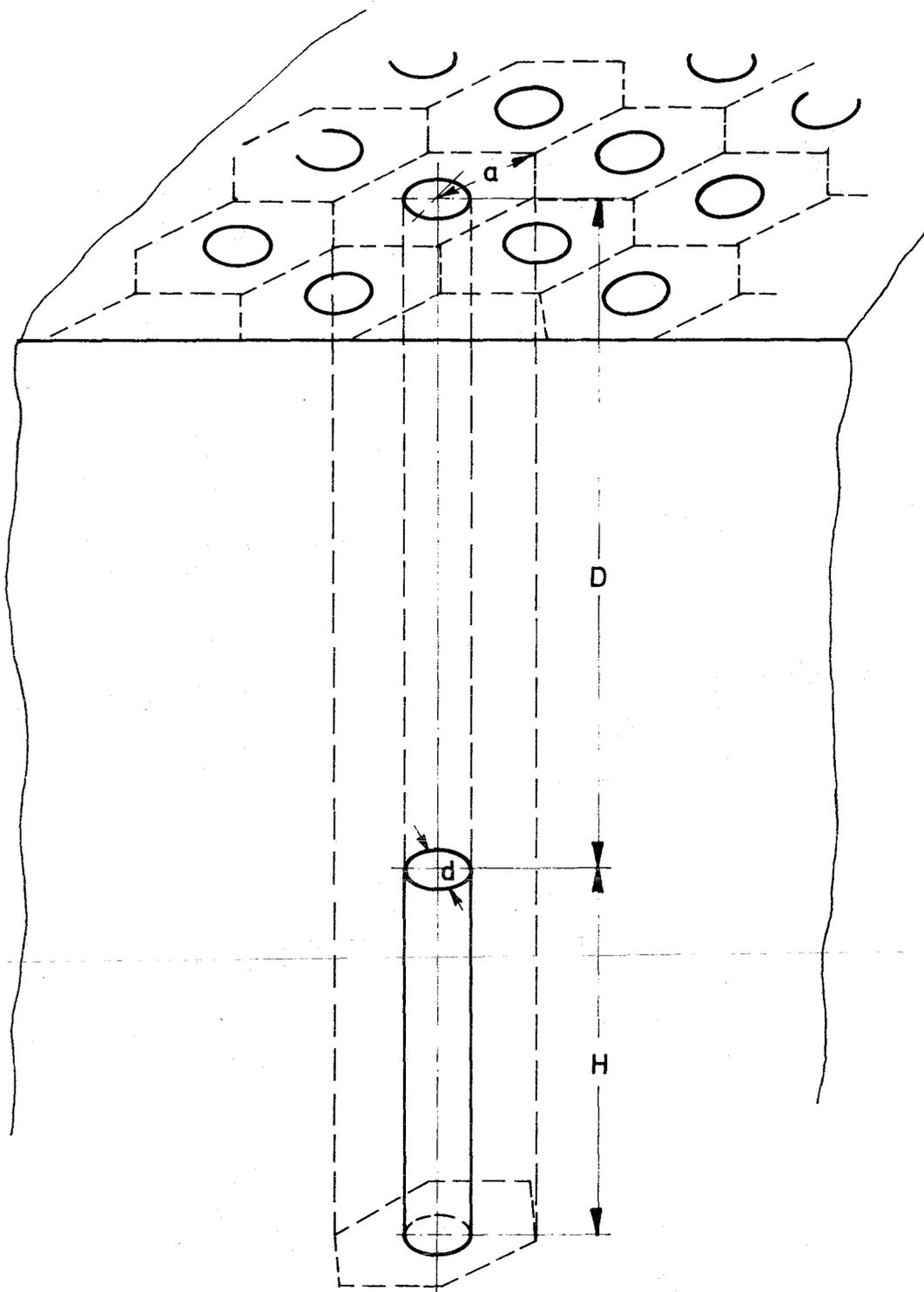
- (8) BORCHERT, H.
Nutzbare Bodenschätze auf dem Mond?
Naturwiss. Rundschau 22 (1969) 451-6
GSF - Bericht T 22
- (9) LAMBY, B.
Die fraktionierte Kristallisation eines basaltischen
Magmas bei besonderer Berücksichtigung des
Verhaltens der Spurenelemente Titan, Mangan,
Chrom, Vanadium, Nickel, Kupfer und Kobalt,
untersucht am Beispiel der Tiefengesteine des
Troodos-Komplexes der Insel Zypern.
Diss. T.U. Clausthal 1969, 167 S.
GSF - Bericht T 23
- (10) BORCHERT, H.
Über die Entstehung und Bedeutung von Erz-
lagerstätten auf dem Mond.
Erzmetall. Z. Erzbergbau und Metallhüttenwesen
22 (1969) 569-75
GSF - Bericht T 24

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Sammelabschirmbehälter zum Transport
mittelaktiver Abfälle mit aufgesetztem
Einzelabschirmbehälter
- Anlage 2 Geometrie der Einlagerung hochaktiver Abfälle
- Anlage 3 Temperatur-Versuchsfeld 1 b, Isothermenplan
in 7,45 m Tiefe nach 34 Wochen Aufheizung
- Anlage 4 Temperatur-Versuchsfeld 1 b, Isothermenplan
im Längsschnitt um den Erhitzer nach 34 Wochen
Aufheizung
- Anlage 5 Kammer-Pfeiler-Modell mit Druckplatten
- Anlage 6 Vergleichende Darstellung der Tragfähigkeit p_B
von Pfeilern aus Asse-Liniensalz in Abhängig-
keit vom Schlankheitsmaß λ



Sammelabschirmbehälter zum Transport mittelaktiver Abfälle mit aufgesetztem Einzelabschirmbehälter



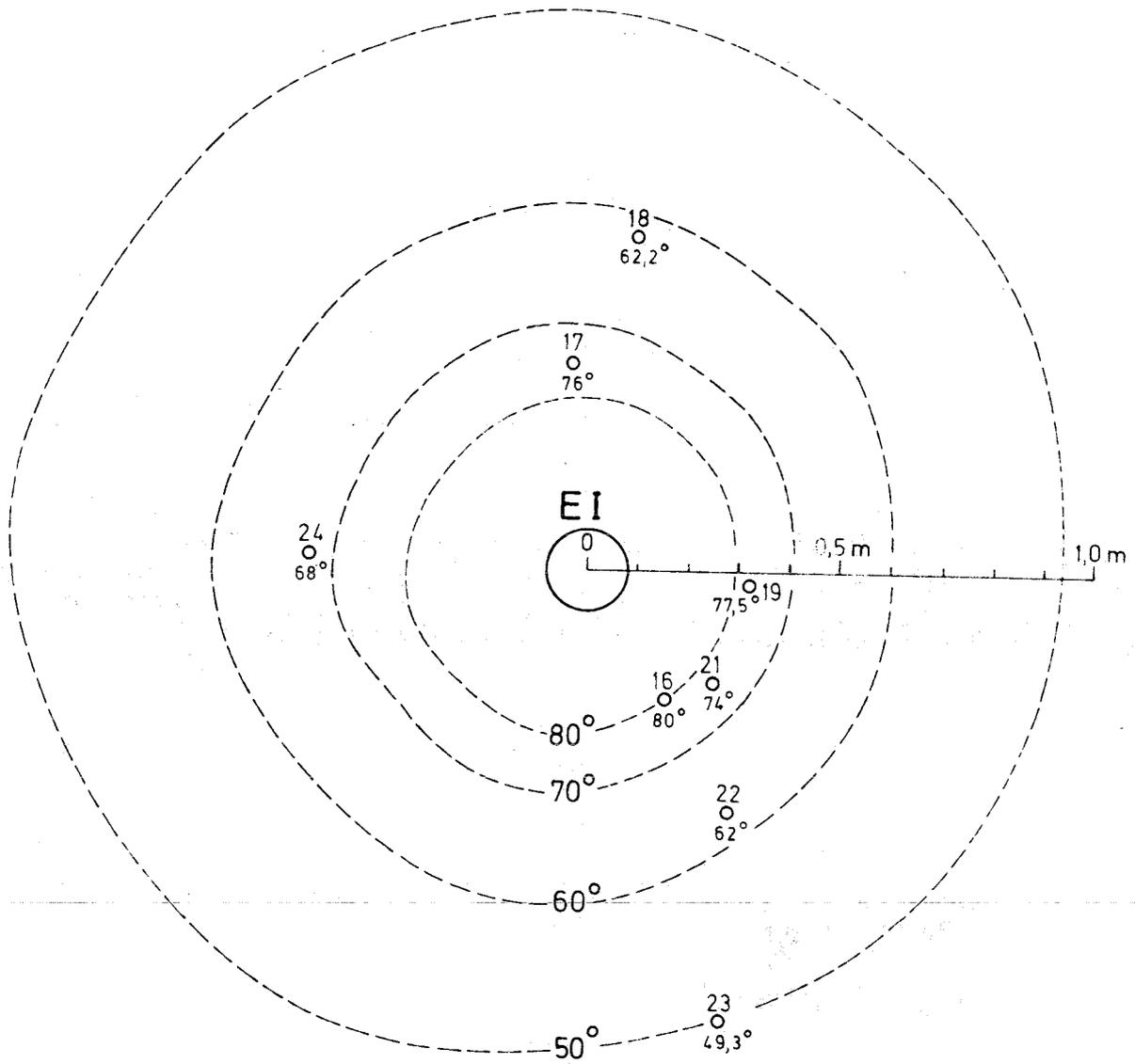
a = Zellenradius

d = Zylinderdurchmesser

H = Höhe der hochaktiven Glaszylinder

D = Deckschicht

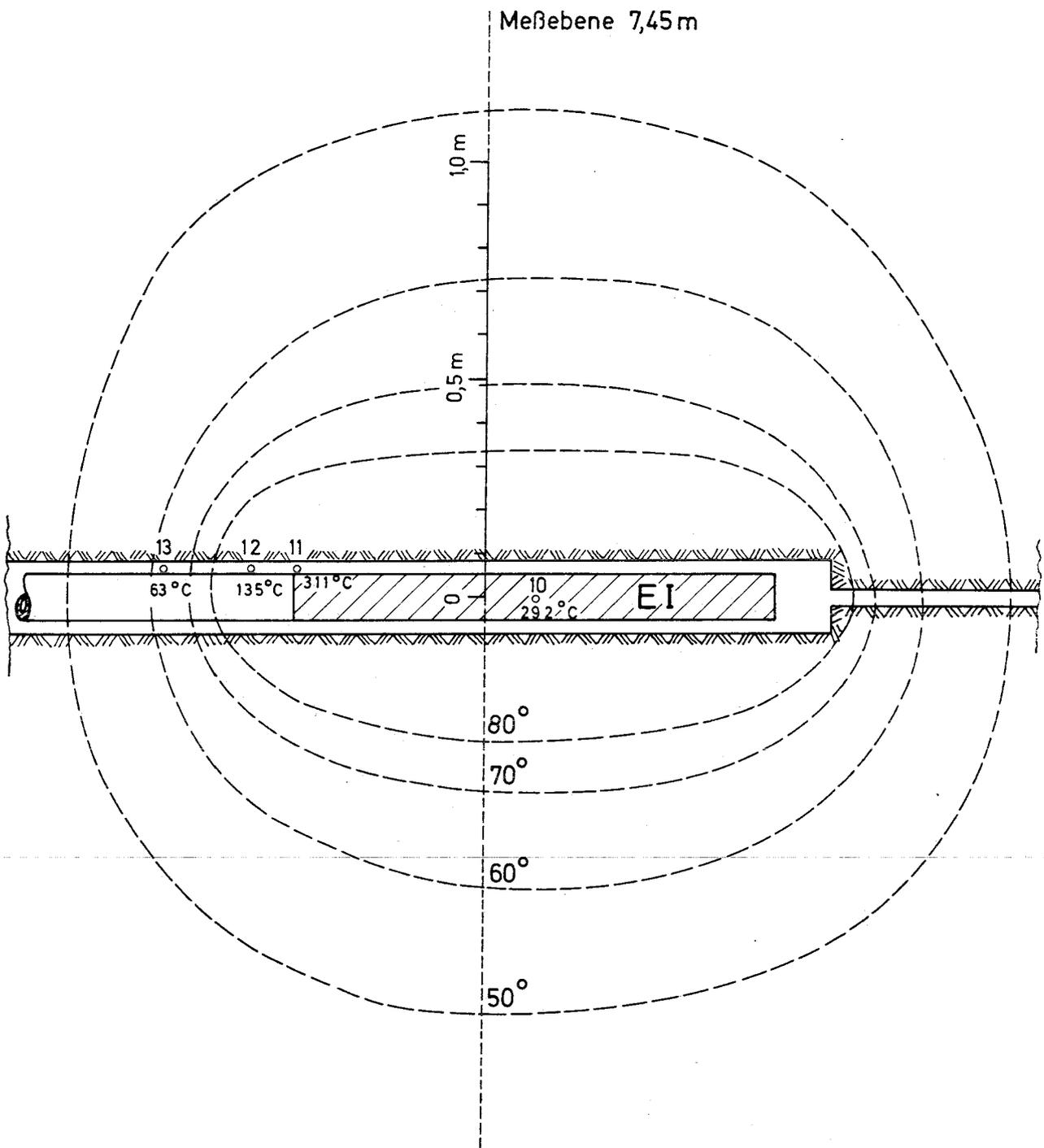
Geometrie der Einlagerung hochaktiver Abfälle



○ Meßpunkte 7,45 m tief im Salz

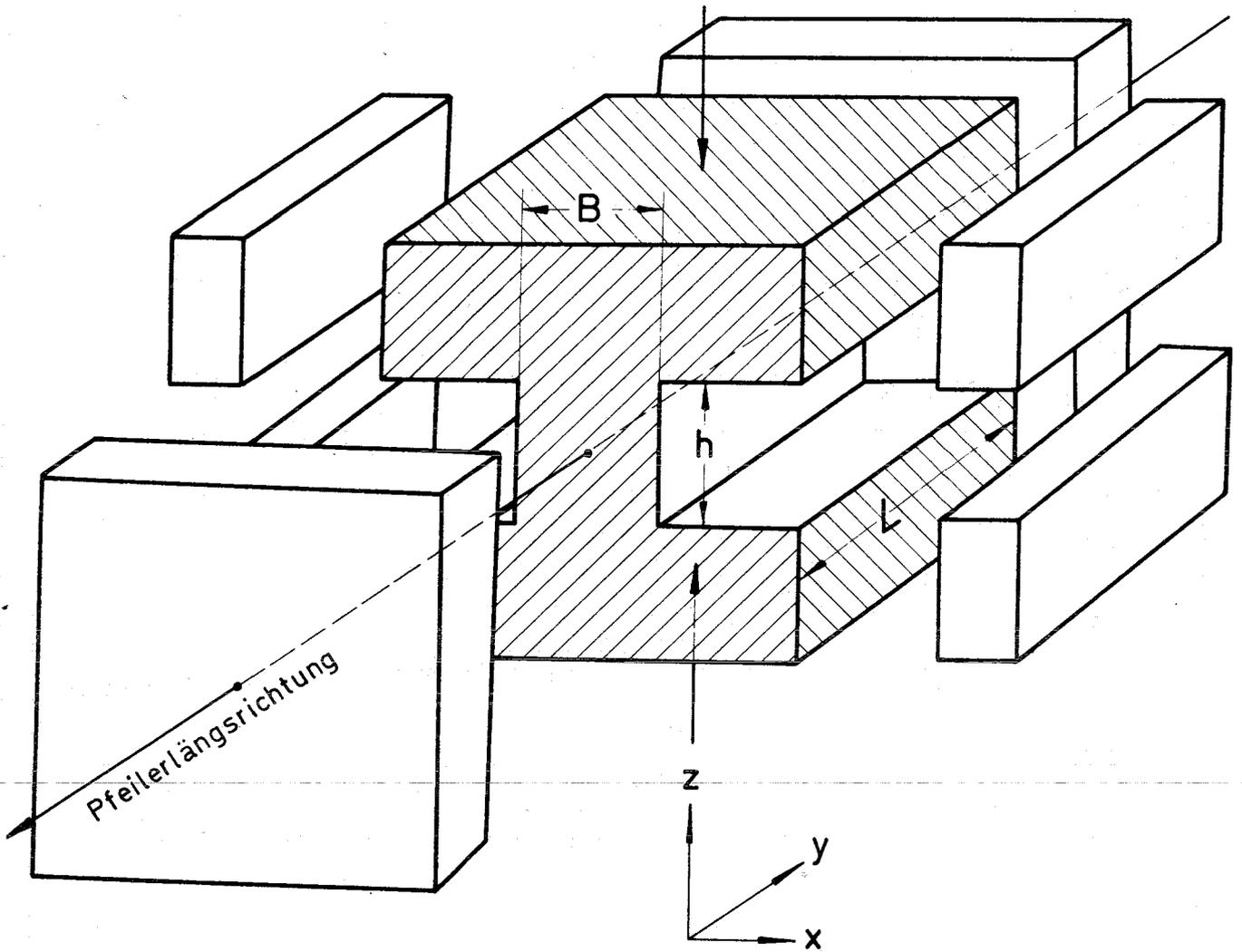
Temperatur-Versuchsfeld 1b, Isothermenplan
in 7,45 m Tiefe nach 34 Wochen Aufheizung

Anlage: 3

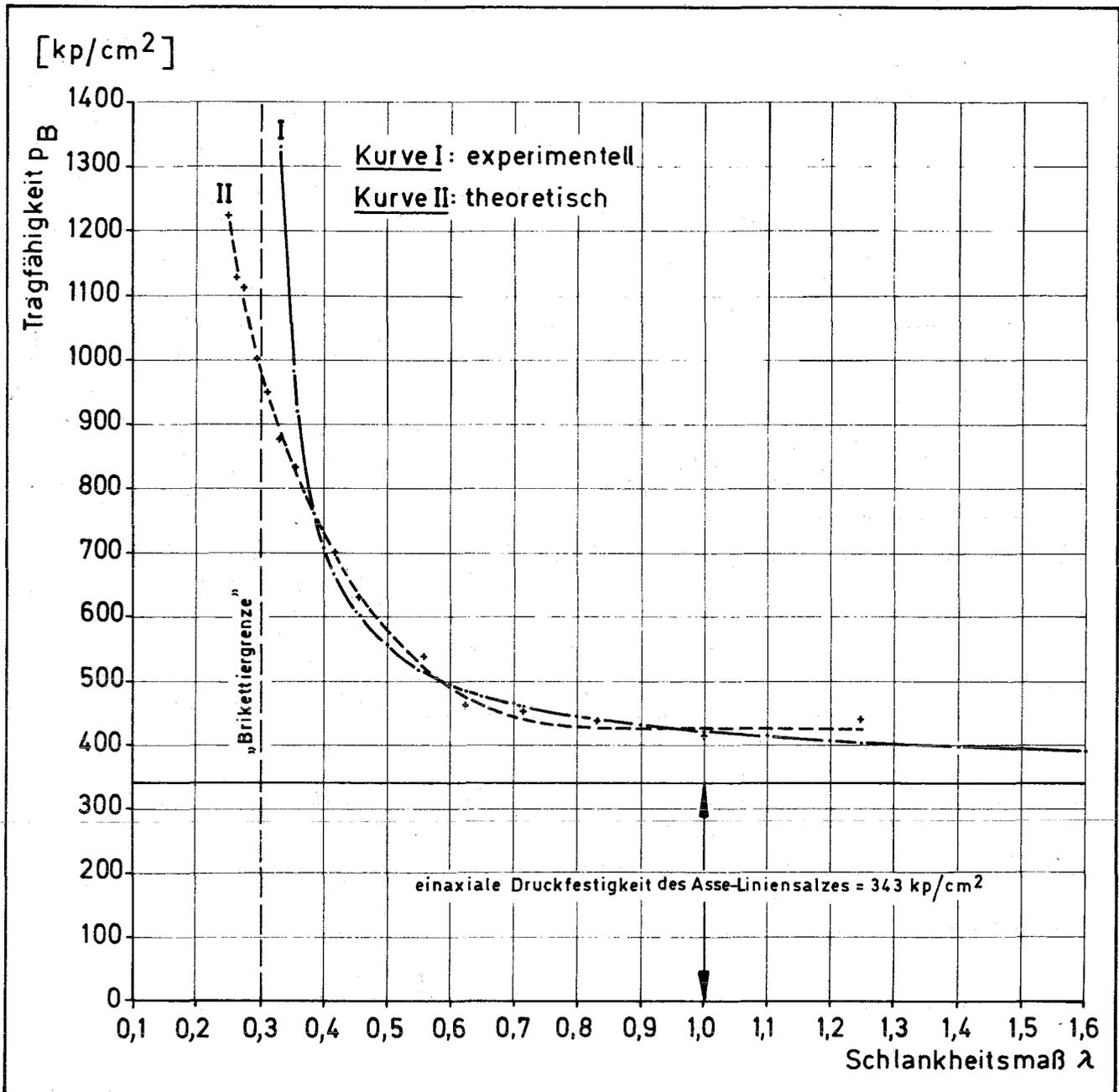


○ Meßpunkte mit Temperaturangabe

Temperatur-Versuchsfeld 1b, Isothermenplan im Längs-
schnitt um den Erhitzer nach 34 Wochen Aufheizung



Kammer-Pfeiler-Modell mit Druckplatten



Vergleichende Darstellung der Tragfähigkeit p_B von Pfeilern aus Asse-Liniensalz in Abhängigkeit vom Schlankheitsmaß λ