

Schwachstellenbetrachtungen für das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben

**im Auftrag der
Arbeitsgemeinschaft Schacht Konrad e.V.**

Hannover, Februar 1991

Herausgeberin:

Arbeitsgemeinschaft Schacht KONRAD e.V.

Geschäftsstelle:

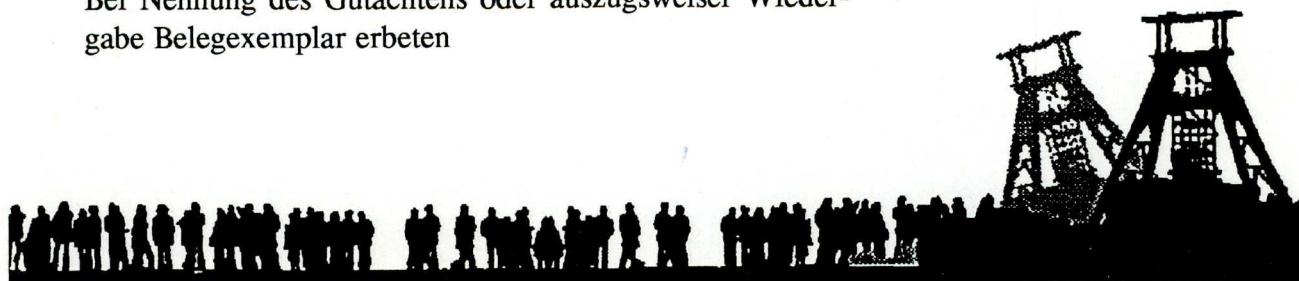
Petzvalstraße 50, 38104 Braunschweig
Tel.: 0511 / 37 81 21-22
Fax: 0531 / 37 81 51

Konten:

Postgiroamt Hannover (BLZ 250 100 30), Konto 3787 52 - 307
Norddeutsche Landesbank (BLZ 250 500 00), Konto 9 344 250

Spenden an die Arbeitsgemeinschaft Schacht KONRAD e.V.
sind steuerlich absetzbar. Eine Spendenquittung wird nach Jahresende erteilt.

Bei Nennung des Gutachtens oder auszugsweiser Wiedergabe Belegexemplar erbeten



Bearbeiter:

Dr. Detlef Appel*)

Ulrike Fink**)

Dipl.-Geol. Jürgen Kreusch**)

Dipl.-Phys. Wolfgang Neumann**)

*) PanGeo – geowissenschaftliches Büro
Schleiermacherstr. 20
3000 Hannover 61
Tel.: 0511/55 76 66

**) Gruppe Ökologie Hannover – Institut für
ökologische Forschung und Bildung e.V.
Immengarten 31
3000 Hannover 1
Tel.: 0511/696 31 30

Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Zusammenfassung	1
1. Einleitung: Vorgang, Aufgabenstellung, Informationsgrundlage, Lage des Standortes	6
2. Abfallprodukte und Nuklidinventar	9
2.1. Einteilung der Abfälle in der DDR	9
2.2. Abfälle im Endlager Morsleben	11
2.3. Nuklidinventar	14
2.4. Zur Einlagerung von Westmüll	16
3. Kerntechnische Sicherheit und Betriebs- sicherheit	20
3.1. Einlagerungstechniken	20
3.2. Brandschutz	24
3.3. Störfälle, Vorfälle, Vorkommnisse	25
3.4. Strahlenschutz	29
3.4.1. Strahlenbelastung von Beschäftigten	29
3.4.2. Strahlenbelastung der Umgebungsbevölkerung	34
4. Natürliche Barrieren im Standortbereich	38
4.1. Geologischer Rahmen	38
4.2. Salzstock und Grubengebäude	40
4.2.1. Ein Endlager = zwei Gruben	42
4.2.2. Hydrologische Gefahrenpunkte	44
4.2.3. Standsicherheit	51
4.3. Deckgebirge und Nebengebirge	58
4.3.1. Gesteine	58
4.3.2. Hydrogeologische Verhältnisse	60
4.4. Zusammenfassende Bewertung der geo- logischen Barrieren	70
5. Nachweis der Langzeitsicherheit	74
5.1. Vorgehensweise beim Nachweis der Langzeitsicherheit	74
5.2. Ausbreitung von Radionukliden im Gruben- gebäude	79

53.	Radionuklidausbreitung im Deckgebirge	86
54.	Ausbreitung von Radionukliden in der Biosphäre	88
55.	Zusammenfassende Bewertung des Langzeitsicherheitsnachweises	92
6.	Quellen	94

0. Zusammenfassung

* Inventar

In das Endlager Morsleben werden radioaktive Abfälle in fester und flüssiger Form sowie als Strahlenquellen eingelagert. An die Abfallgebinde werden aus sicherheitstechnischer Sicht nur relativ geringe Anforderungen gestellt, vor allem in Bezug auf Entzündbarkeit. Die Art der Verpackung reicht von Stahlzylindern (geringer Anteil) über Fässer, Kartons, Säcke, Plastikfolien bis zur losen Einlagerung.

Das Endlager soll hauptsächlich für die Einlagerung niedrig- und mittelaktiver Abfälle dienen. Es ist jedoch auch die Einlagerung hochaktiver (z.T. wärmeentwickelnder) Abfälle vorgesehen, die allerdings nur Radionuklide mit einer Halbwertszeit unter 30 Jahren enthalten sollen.

Das Spektrum der eingelagerten Nuklide reicht von relativ kurzlebigen Radionukliden wie Co 60 und Cs 137 (Halbwertszeit 5 bzw. 30 Jahre) über Ra 226 und C 14 (Halbwertszeiten einige tausend Jahre) bis zu langlebigen Radionukliden wie Pu 239 (Halbwertszeit rund 24.000 Jahre).

Das Gesamtinventar bzw. die Aktivität relevanter Radionuklide im Endlager kann nur ungenau bestimmt werden. Für beide gibt es keine maximal zulässigen Höchstwerte, die eingelagert werden dürfen. Das maximal erlaubte Inventar pro m³ Abfall wird nur allgemein für die Gruppe der Alpha-Strahler und für die Gruppe der Beta- und Gamma-Strahler festgelegt. Insbesondere für die Betrachtung der Sicherheit in der Nachbetriebsphase eines Endlagers sind jedoch nuklidspezifische Aktivitäten wichtig. Aus den vorliegenden Unterlagen ist z.T. eine generelle Unkenntnis über die Art und Menge der mit den Abfällen eingelagerten Radionuklide zu entnehmen.

* Einlagerungstechnik, Betrieb

Die für die Einlagerung der Abfälle bisher benutzten Techniken entsprechen alle nicht dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik. Dies gilt insbesondere für die Einlagerung flüssiger Abfälle zusammen mit Braunkohlenfilterasche. Alle Einlagerungstechniken sind von ihrer Durchführung her störanfällig und nicht geeignet, die Strahlenbelastung der Beschäftigten auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Außerdem ermöglichen die Einlagerungstechniken ein rasches Freisetzen von Radionukliden bei Störfällen in der Betriebs- und der Nachbetriebsphase.

Die technischen und baulichen Brandschutzmaßnahmen sind absolut unzureichend. Dies ist nicht zuletzt deshalb besonders schwerwiegend, da die Abfälle selbst und ihre Verpackung bereits eine Brandgefahr liefern (z.B. Selbstentzündung). Das Endlager ist offenbar nur zum Teil mit Brandmeldeanlagen ausgerüstet. Brandbekämpfungsanlagen sind nur in einigen Einlagerungsbereichen vorhanden. Die vorhandene Sprinkleranlage wird den zu stellenden Anforderungen nicht gerecht. Andere Brandschutzvorkehrungen sind nach den vorliegenden Unterlagen entweder gar nicht vorhanden oder auf technisch niedrigem Niveau. Die Einstufung der Schachanlage Bartensleben-Marie als schlagwettergefährdete Grube ist in Zusammenhang mit Fragen des Brandschutzes sicher nicht günstig zu bewerten.

Der bisherige Betrieb des Endlagers war durch zahlreiche Vorfälle und Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb gekennzeichnet. Folge davon waren Kontaminationen von Grubenbereichen, Anlageteilen und Personen. Insbesondere bei der Einlagerung flüssiger Abfälle traten viele Vorfälle auf. So sind bislang ca. 1.200 m³ flüssige Abfälle in die unterhalb der entsprechenden Einlagerungskammer liegenden Grubenbereiche geflossen. Die Einlagerung radioaktiver Abfälle in den Jahren 1982/83 verursachte in der Folgezeit Kontaminationen der Grubenwetter mit Radon, die zu häufigen Überschreitungen der Warnschwellen führten.

*** Strahlenschutz**

Die Strahlenschutzplanung für das Endlager entspricht nicht den Erfordernissen zur Gewährleistung eines hohen Schutzstandards. Die Grenzwerte für Beschäftigte dürften nahezu vollständig ausgeschöpft werden. Zwar soll die bisherige Strahlenbelastung der Beschäftigten weit unterhalb der gültigen Grenzwerte liegen, doch sind dabei bestimmte Expositionspfade nicht berücksichtigt worden. Außerdem wurden bislang nur eher geringe Abfallmengen und -aktivitäten eingelagert.

Eine Abschätzung der Strahlenbelastung von Personen aus der Bevölkerung in der Umgebung des Endlagers zum Nachweis, daß die Grenzwerte des § 45 Strahlenschutzverordnung eingehalten werden, wurde bisher nicht vorgenommen.

* Natürliche Barrieren

Die natürlichen geologischen Barrieren (Salzstock, Deck- und Nebengebirge) bestimmen entscheidend die Langzeitsicherheit des Endlagers. Die Untersuchung der vorliegenden Informationen liefert eine Vielzahl von Problempunkten am Standort Morsleben:

– Barriere Salzstock/Grubengebäude:

Die Sicherheit des im ehemaligen Salzgewinnungsbergwerk Bartensleben betriebenen Endlagers kann nur unter Einbeziehung der Nachbargrube Marie beurteilt werden, da beide Gruben durch Strecken miteinander verbunden sind. Sicherheitsbedeutsame Vorkommnisse in der Grube Marie (v.a. Absaufen) werden die Sicherheit des Endlagers in der Grube Bartensleben beeinträchtigen.

Es besteht die potentielle Gefahr des unkontrollierten Absaufens der Schachtanlage Bartensleben-Marie: Der als Laugenbringer gefürchtete Hauptanhydrit wird von Grubenhöhlen mehrfach durchfahren, und gleichzeitig steht der Hauptanhydritstrang in Verbindung mit dem Salzspiegel (Grenze des Salzstocks zum mindestens örtlich wasserführenden Deckgebirge). Insbesondere durch im Grubengebäude ablaufende gebirgsmechanische Vorgänge (v.a. Konvergenz) können die verheilten Klüfte des Hauptanhydrits wasserwegsam werden.

Hinzu kommt, daß die Standsicherheit des Grubengebäudes in einigen Bereichen kritisch zu bewerten ist. Gleichzeitig ist die Mächtigkeit der Salzscheibe zwischen Grubengebäude und Salzspiegel zu gering: Im Bereich des Lagerteils H der Grube Marie unter 40 m. Das ist für ein Endlagerbergwerk nicht akzeptabel.

Die Herkunft eines der Lösungszutritte in das Grubengebäude (und zwar im ohnehin kritisch zu beurteilenden Lagerteil H) ist unklar. Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß hier eine Verbindung ins Deckgebirge besteht.

Vor dem Hintergrund der potentiellen hydrologischen Gefährdung des Endlagers sind auch die Wasserzutritte zu sehen, die aus dem Deckgebirge stammen und über beide undichten Schächte den Gruben zulaufen.

Insgesamt sind diese Befunde hinsichtlich der Eignung der Barriere Salzstock/Grubengebäude negativ zu bewerten.

- Barriere Deck- und Nebengebirge:

Die über Deck- und Nebengebirge vorliegenden Informationen erlauben zwar noch keine abschließende Bewertung; allerdings sind verschiedene Befunde in Hinblick auf die Eignung des Standortes negativ zu bewerten.

Hierzu gehört der komplizierte Aufbau des Deckgebirges. Diesem Aufbau entsprechen komplizierte Verhältnisse hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit in vertikaler und horizontaler Richtung. Die Rekonstruktion der Standortverhältnisse wird dadurch erschwert. Die Aller ist der Vorfluter für im Allertal und in den benachbarten Höhenzügen neugebildetes Grundwasser. Das gilt auch für Grundwasser, das der Allertalzone in großer Tiefe zuströmt und dort aufsteigt. Lokal erhöhte Salzkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser der Allertalzone sowie die Zunahme des Salzgehalts in der Aller deuten darauf hin, daß im Standortbereich ein Aufstieg von tiefem Wasser aus dem Bereich Salzspiegel/Gipshut in oberflächennahe Grundwasserleiter tatsächlich stattfindet. Auf diesem Weg können auch Radionuklide transportiert werden.

Wegen dieser Verhältnisse kann die Möglichkeit lokal vorauseilender (selektiver) Subrosion nicht ausgeschlossen werden. Dies ist v.a. deshalb kritisch zu bewerten, weil die als Barriere dienende Salzscheibe des Grubengebäudes allgemein zu gering mächtig ist.

Insgesamt bleibt festzustellen, daß die vorliegenden Befunde über die natürlichen Barrieren am Standort eine Eignung des Standortes nicht erkennen lassen. Die negativ zu bewertenden Befunde sind weitgehend unabhängig von der Art des Endlagerbetriebes. Sie lassen sich durch menschliche Eingriffe (z.B. Änderung der Betriebsführung) im Nachhinein nicht mehr ändern. Bei der Auswahl des Standortes als Endlager haben offensichtlich diejenigen geowissenschaftlichen Gesichtspunkte, die bei Endlagern für radioaktive Abfälle im Salz zwingend berücksichtigt werden müssen, keine Anwendung gefunden.

*** Nachweis der Langzeitsicherheit**

Im Rahmen des Nachweises der Langzeitsicherheit für den Standort Morsleben sind die Freisetzung von Radionukliden aus dem Abfall, ihr Transport in die Biosphäre und die daraus resultierende Strahlenbelastung mit Hilfe von Modellrechnungen simuliert worden. Das Ergebnis dieser Langzeitsicherheitsanalyse hält einer näheren Betrachtung in keiner Weise stand. Die errechneten Strahlenbelastungen sind allenfalls zufällig realistisch und schon gar nicht konservativ:

Bereits das Ausgangsszenario (kontrollierte Flutung des Endlagers bei Betriebsende) ist nicht konservativ, sondern widerspricht elementaren Grundsätzen der Endlagerung radioaktiver Abfälle. Die Modellierung der Radionuklidausbreitung im Grubengebäude ist auf der Grundlage extremer Vereinfachungen bezüglich der Hohlraumgeometrie vorgenommen worden. Gleichzeitig ist der gewählte Ansatz wichtiger Einflußgrößen auf die Radionuklidausbreitung im Grubengebäude (v.a. Konvergenzrate) sehr fraglich.

Die der Sicherheitsanalyse zugrunde gelegten Ausbreitungswege im Salzstock und Übertrittsorte von Radionukliden ins Deckgebirge sind ebenfalls fraglich; ein möglicher Austrag von Radionukliden über den Hauptanhydrit ist nicht berücksichtigt worden.

Für die Berechnung der Radionuklidausbreitung im Deckgebirge lagen nur qualitativ und quantitativ unzureichende, sicher nicht repräsentative Daten vor.

Ein Teil der Randbedingungen für die Modellrechnungen ist offensichtlich nach opportunistischen Gesichtspunkten festgelegt worden. So werden die eingeflossenen Annahmen zur Grundwassernutzung einerseits als Nachweis für die Konservativität des Ausbreitungsszenarios herangezogen; andererseits dienen sie als Begründung für die Nichtberücksichtigung der damit erzielten Rechenergebnisse. Aus diesem Grund ist der Ausschluß des "Trinkwasserpfad" bei der Berechnung der Strahlenbelastung nach Ausbreitung der Radionuklide in der Biosphäre nicht zulässig.

Unabhängig von grundsätzlichen methodischen Problemen der Methode "Langzeitsicherheitsanalyse" führen die genannten Gründe dazu, daß die errechneten "Sicherheitsfaktoren" des Endlagers Morsleben lediglich rechnerische Größen darstellen, deren Beziehung zu den tatsächlichen Verhältnissen am Standort völlig offen ist. Der Nachweis der Langzeitsicherheit ist nicht erbracht worden. Ob dies jemals gelingt, muß mit Blick auf die ungünstigen Befunde bei den natürlichen Barrieren sehr stark bezweifelt werden.

1. Einleitung: Vorgang, Aufgabenstellung, Informationsgrundlage, Lage des Standortes

* Vorgang:

Im Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben werden seit 1978/79 nicht wärmeentwickelnde schwach- und mittelfradioaktive Abfälle aus der (ehemaligen) DDR eingelagert. Das Endlager hat bereits mit Inkrafttreten des Umweltschutzes am 01.07.1990 den atomrechtlichen Status einer staatlichen Anlage erhalten und ist mit dem Beitritt der DDR am 03.10.1990 in die Zuständigkeit des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) übergegangen. Am 07.11.1990 hat das BfS die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) mit der Betriebsführung des Endlagers Morsleben beauftragt. Abgesehen vom ehemaligen "Versuchsendlager" Asse wird mit der Anlage in Morsleben in der Bundesrepublik Deutschland erstmals ein Endlager für radioaktive Abfälle betrieben.

* Aufgabenstellung:

Vor dem Hintergrund der kontroversen Diskussion um die Sicherheit des Endlagers Morsleben und seiner zukünftigen Funktion bei der Beseitigung radioaktiver Abfälle hat die Arbeitsgemeinschaft Schacht Konrad e.V. (Salzgitter) mit Schreiben vom 20.11.1990 die Gruppe Ökologie Hannover e.V. beauftragt, eine Untersuchung sicherheitsrelevanter Aspekte des Endlagers durchzuführen.

Die durchgeführte Untersuchung konzentriert sich auf bestimmte Schwerpunkte. Dazu gehört in erster Linie eine Untersuchung der die Langzeitsicherheit bestimmenden geologischen Verhältnisse des Standortes (Salzstock einschließlich Grubengebäude, Neben- und Deckgebirge) sowie eine Überprüfung der für das Endlager durchgeführten Langzeitsicherheitsanalyse. Weitere Schwerpunkte bilden die Überprüfung des Inventars des Endlagers sowie ausgewählter Aspekte aus dem Bereich der betrieblichen (kerntechnischen) Sicherheit.

Viele als kritisch einzuschätzende Gesichtspunkte (z.B. Fragen der Transportsicherheit, der Qualitätskontrolle, der Bewetterung) sind ausgeklammert worden.

* Informationsgrundlage:

Die für die Bearbeitung zur Verfügung stehenden Informationen waren in Umfang, Vollständigkeit und Detaillierungsgrad begrenzt. Die wichtigste Grundlage stellt der "Sicherheitsbericht

des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben 1989" in der überarbeiteten Fassung von 1990*) dar. In SB (1990) aufgeführte weitergehende Untersuchungen zum Endlager standen teilweise zur Verfügung. Trotz dieser Einschränkung ist die Überprüfung wesentlicher Aussagen zur Sicherheit des Endlagers möglich gewesen.

*** Lage des Standortes:**

Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben ist in dem ehemaligen Salzbergwerk Bartensleben eingerichtet. Der Schacht der Grube Bartensleben liegt in geringer Entfernung nordnordwestlich der Ortschaft Morsleben am Ostrand des Lappwaldes. Die Entfernung zur östlich des Standortes verlaufenden Aller beträgt ca. 1 km. Rund 1,6 km nordnordwestlich des Schachtes Bartensleben und direkt südlich der Gemeinde Beendorf liegt der Schacht Marie des ehemaligen Salzbergwerks Marie. Die Entfernung des Endlagers zur westlich gelegenen Stadt Helmstedt beträgt rund 7 km. Die Bergwerke Marie und Bartensleben bilden eine durch Strecken miteinander verbundene Doppelschachtanlage. Die Lage der Schächte ist Abb. 1 zu entnehmen. Auf Abb. 1 sind auch die ungefähren Begrenzungen der Grubenfelder Bartensleben und Marie eingetragen.

*) Der Sicherheitsbericht wird im folgenden im Text zitiert als SB (1990) oder SB (Bd-Nr., ggf. Teile oder Kap.-Nr., ggf. Seite). Z.B.: SB (III, Teil 1, S. 88).

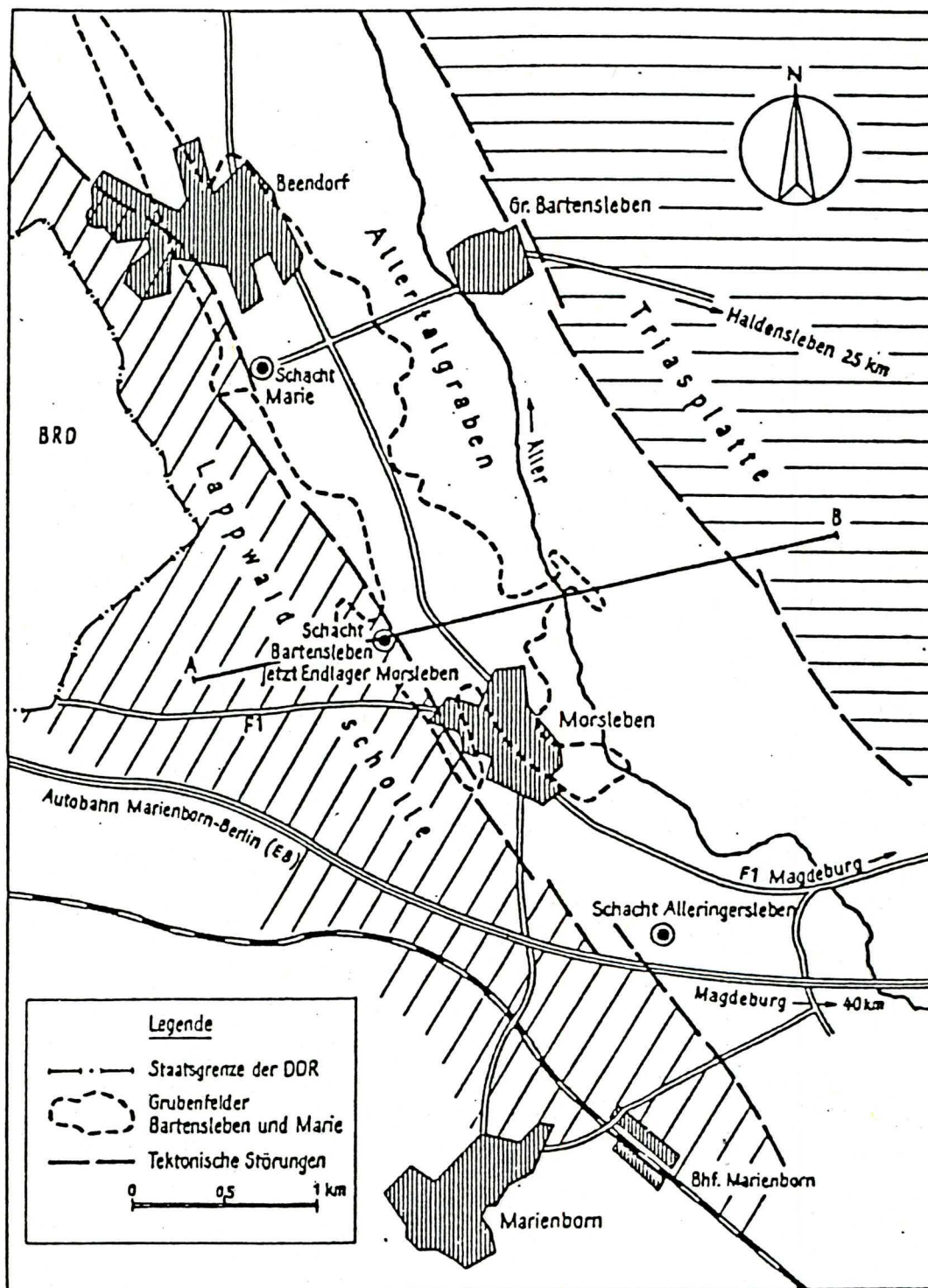


Abb. 1: Lage des Standortes Morsleben
(Quelle: SB 1990)

2. Abfallprodukte und Nuklidinventar

Zur Beurteilung der Sicherheit des Endlagers und zur Bewertung der Langzeitsicherheit ist eine Identifikation der eingelagerten Abfallarten vorzunehmen und vor allem das Nuklidinventar der Abfälle festzustellen. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Abfälle werden hier nur insofern betrachtet, als sie für die im Rahmen dieser Untersuchung betrachteten Aspekte von Bedeutung sind.

Eine Ermittlung des Nuklidinventars für das Endlager ist äußerst schwierig, da in den zugänglichen Unterlagen und wahrscheinlich auch generell in der ehemaligen DDR nur unvollständige Angaben zu einzelnen Abfallarten und diese auch nicht systematisch aufbereitet vorliegen. Große Lücken sind offenbar vor allem bei der Kenntnis des Nuklidinventars von AKW-Abfällen vorhanden. Es besteht deshalb dringender Bedarf, die in der ehemaligen DDR angefallenen und in den fünf neuen Bundesländern noch anfallenden Abfälle genauer unter die Lupe zu nehmen.

2.1. Einteilung der Abfälle in der DDR

Die radioaktiven Abfälle werden, je nach Gehalt an Radionukliden, in die Kategorien niedrig-, mittel- und hochradioaktiv eingeteilt. Diesen Kategorien sind entsprechende Strahlenschutzgruppen zugeordnet. Die Strahlenschutzgruppen S1 und S2 entsprechen den niedrigradioaktiven, S3 bis S5 den mittelradioaktiven und S6 den hochradioaktiven Abfällen. Die Zuordnung von Werten für die Aktivität und Äquivalentdosisleistung verschiedener Abfallarten zu den Strahlenschutzgruppen ist in Tabelle 1 dargestellt. Aus der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Strahlenschutzgruppe werden Erfordernisse des Strahlenschutzes bei der Handhabung der radioaktiven Abfälle abgeleitet.

Eine weitere Unterteilung der radioaktiven Abfälle wird bezüglich der stofflichen Beschaffenheit vorgenommen. Es werden die vier Abfallarten feste Abfälle, flüssige Abfälle, umschlossene Strahlenquellen und Sonderabfälle unterschieden. Nähere Angaben zu den vier Abfallarten können der Tabelle 2 entnommen werden. Für die Einordnung bestimmter radioaktiver Abfälle in eine Abfallkategorie bezüglich der Endlagerung werden die Kennbuchstaben bzw. -ziffern für die Abfallart und die Strahlenschutzgruppe zusammengeführt. Die Kennung für einen flüssigen Abfall mit einer Aktivitätskonzentration von 42 GBq/m^3 wäre also A2/S3.

S	Feste Abfälle Äquivalentdosisleistung in 0,1 m in mSv/h	Flüssige Abfälle Aktivitätskonzentration in GBq/m ³	Umschlossene Strahlenquellen Aktivität je Quelle in GBq
S1	> 0,01 bis 2	> 0,1 bis 4	> x ₁ bis 0,2
S2	> 2 bis 10	> 4 bis 40	> 0,2 bis 2
S3	> 10 bis 100	> 40 bis 400	> 2 bis 20
S4	> 100 bis 500	> 400 bis 4000	> 20 bis 200
S5	> 500 bis 1000	> 4000 bis 40000	> 200 bis 10 ⁶
S6	> 1000	> 40000	> 10 ⁶
x ₁ = Freigrenze der Aktivität			

Tab. 1: Einteilung der radioaktiven Abfälle in Strahlenschutzgruppen

Quelle: SAAS (1990)

A1	Feste Abfälle mit Beta/Gamma-Strahlern, Aktivitätskonzentration von Alpha-Strahlern < 0,4 GBq/m ³
A2	Flüssige wäßrige Abfälle mit Beta/Gamma-Strahlern und pH-Werten zwischen 5 und 9, Aktivitätskonzentration von Alpha-Strahlern < 0,4 GBq/m ³
A3	Umschlossene Strahlenquellen (außer A4.9)
A4	Sonderabfälle
A4.1	Feste faul- und gärfähige Abfälle
A4.2	Flüssige wäßrige Abfälle mit pH-Werten außerhalb des Bereiches von 5 bis 9 sowie Ionenaustauscher und Schlämme
A4.3	Flüssige organische Abfälle
A4.4	Gasförmige Abfälle
A4.5	Radioaktive Abfälle mit Giften der Abteilung 1
A4.6	Explosive und selbstentzündliche Stoffe
A4.7	Sperrige feste Abfälle
A4.8	Abfälle in offener Form, die Alpha-Strahler mit einer Aktivitätskonzentration > 0,4 GBq/m ³ enthalten
A4.9	Neutronenquellen
A4.10	Sonstige Abfälle

Tab. 2: Einteilung der radioaktiven Abfälle in Abfallarten

Quelle: SAAS (1990)

2.2. Abfälle im Endlager Morsleben

Das Endlager in Morsleben besitzt eine Genehmigung zur Einlagerung von Abfällen aus allen 6 Strahlenschutzgruppen (GEN 1986, ZUS 7 1989). Allerdings sollen die hochradioaktiven Abfälle nur kurzlebige Nuklide mit einer Halbwertszeit bis zu 30 Jahren enthalten und in fester Form vorliegen (SAAS 1990, S.96).

Bereits nach den uns vorliegenden Unterlagen gibt es für beinahe die gesamte Palette der in Tabelle 2 aufgeführten Abfallarten Einlagerungsgenehmigungen. Für den größten Teil der Abfälle existieren Dauergenehmigungen, für weitere Abfälle "Zustimmungen" zum Probetrieb, für einen Industrierversuch bzw. für eine Zwischenlagerung. Nach den vorliegenden Unterlagen muß davon ausgegangen werden, daß neben den mit Dauergenehmigung eingelagerten Abfällen mindestens die Abfälle, die im Probetrieb oder als Industrierversuch eingelagert wurden, in der Regel nicht rückholbar sind. Eine Übersicht über die Genehmigungssituation gibt Tabelle 3. Bis 1988 wurden feste (A1/S1-S5) und flüssige Abfälle (A2/S1 und S2) sowie Strahlenquellen (A3/S2-S4) eingelagert (SAAS 1990). Allerdings wurden auch schon vor Erteilung der Dauergenehmigung für den Betrieb des Endlagers Abfälle eingelagert, über die uns aber keine Daten bekannt sind.

Die Zuordnung bestimmter Abfälle zu den Abfallarten wird in der Zukunft noch Änderungen unterworfen sein. Sowohl in der Konditionierungs- als auch in der Einlagerungstechnik sind Veränderungen vorgesehen, die hauptsächlich zu einer Verlagerung von A2 und A4 zu A1 führen werden. Die folgenden Beschreibungen der radioaktiven Abfälle werden getrennt nach ihrer Herkunft durchgeführt.

(A) Radioaktive Abfälle aus Atomkraftwerken (AKW):

Die anfallenden und zur Endlagerung vorgesehenen Abfälle werden im SB (I, Kap.1, S.12-28) genannt.

Kontaminierte Arbeitsmittel, Arbeitskleidung, Putz- und Isoliermaterial, Werkzeuge und ähnliches werden vor der Endlagerung verpreßt. Sie gehören zur Abfallkategorie A1/S1 und S2. Ebenfalls zu dieser Kategorie gehören Aerosolfilter, kontaminierte Armaturen und Kabel. Im

Abfallkategorie	Status	Quelle	bis 1988 bereits eingelagert
-----------------	--------	--------	---------------------------------

A1/S1-S5	Dauergenehm.	GEN (1986) ZUS 5,6,8(1989)	4650 m ³
	Zwischenlager.	ZUS 04 (1990)	
A1/S6	Probetrieb	ZUS 7 (1989)	
A2/S1-S2	Dauergenehm.	GEN (1986)	7560 m ³
	Industrierversuch	ZUS 03 (1990)	
A2/S3-S6	-	-	
A3/S1-S4	Dauergenehm.	GEN (1986)	2650 Stück
A3/S5	Probetrieb	ZUS 7 (1989)	
A4.1/S1 u.S2	Dauergenehm.	GEN (1986)	
A4.2/S1 u.S2	Dauergenehm.	GEN (1986)	
A4.3/S1 u.S2	Dauergenehm.	GEN (1986)	
A4.4/S1-S6	-	-	
A4.7	-	-	
A4.8/S1	Dauergenehm.	GEN (1986)	
A4.9	Zwischenlagern.	ZUS 2 (1987)	
A4.10/S1-S4	Dauergenehm.	GEN (1986)	
A4.10	Probetrieb	ZUS 7 (1989)	

Tabelle 3: Überblick zur Genehmigungssituation für die
Einlagerung radioaktiver Abfälle.

Neutronenfluß des Reaktors aktivierte Bauteile gehören in die Kategorie A1/S3-S6, wenn es sich um Kleinteile handelt, bzw. in die Kategorie A4.7/S5 und S6, wenn die aktivierten Teile nicht in ein 200 l Faß passen.

Kontaminierte Wässer (z.B. Entleerungswasser des Primärkreislaufes und Reinigungswasser) werden in einem Verdampfer vorkonditioniert. Zurück bleiben sogenannte Eindampfrückstände, die entweder in flüssiger Form der Kategorie A2/S1-S3 oder in verfestigter Form der Kategorie A1/S1-S5 zugeordnet werden können.

Desweiteren fallen zur Endlagerung Harze, Schlämme und Öle an, die entweder unter die Kategorie A2/S1-S3 fallen oder den Sonderabfällen zugeordnet werden (A4.2 oder A4.3).

(B) Radioaktive Abfälle aus der Anwendung und Produktion von Radionukliden (APR):

Hierbei handelt es sich um Abfälle aus Forschung, Industrie und Medizin. Fast 90% dieser radioaktiven Abfälle stammen vom Zentralinstitut für Kernforschung Rossendorf (ZfK) und dem Zentralinstitut für Isotopen- und Strahlenforschung (ZfI) in Berlin und Leipzig.

Gegenwärtig können feste Abfälle der Kategorien A1/S1-S6 (SB 1990, SAAS 1990, ZUS 8 1989) und flüssige Abfälle der Kategorien A2/S1 und S2 (GEN 1986) in Morsleben eingelagert werden. Bei diesen Abfällen handelt es sich um kontaminierte feste Stoffe verschiedener Art, verfestigte Abfälle aus wäßrigen Lösungen und kontaminierte Abwässer. Verfestigte, tritiumhaltige Abfälle dürfen zwischengelagert werden (ZUS 04 1990).

Umschlossene Strahlenquellen der Kategorien A3/S1-S5 werden ebenfalls bereits eingelagert (GEN 1986, ZUS 7 1989). Es handelt sich dabei z.B. um Cs 137- und Co 60-Quellen.

Für undichte Strahlenquellen der Kategorie A4.10 wurde ein Probetrieb (ZUS 7 1989) und für Neutronenquellen eine Zwischenlagerung (ZUS 2 1987) genehmigt.

2.3. Nuklidinventar

Über das mit den Abfällen eingelagerte Nuklidinventar kann auf Grundlage der vorliegenden Unterlagen (Dauerbetriebsgenehmigung, Sicherheitsbericht, SAAS (1990), Fachbereichsstandards) keine genaue Angabe gemacht werden, und es muß auch bezweifelt werden, ob das jemals möglich sein wird. In der Dauerbetriebsgenehmigung für das Endlager (GEN 1986) sind weder verbindliche Höchstwerte für die eingelagerte Gesamtaktivität noch für Aktivitäten einzelner Radionuklide bzw. -gruppen angegeben. Es ist auch nicht zu ersehen, ob in den der Genehmigung zugrundeliegenden Unterlagen (Anlage 1 zur GEN 1986) entsprechende Höchstwerte festgehalten sind. Mit dem Antrag zur Genehmigung müssen im Rahmen von Angaben zum Abfallaufkommen zwar u.a. auch Gesamtaktivitäten genannt werden (AEE 1986), diese beruhen jedoch offensichtlich auf Schätzungen für die Zukunft und stellen keine bindenden maximalen Einlagerungsaktivitätswerte dar. Die Zulassung zur Einlagerung beschränkt sich in der Genehmigung auf die Angabe von Abfallkategorien, d.h. es werden nur Abfallart (A1-A4) und Strahlenschutzgruppen (S1-S6) genannt. In den "Zustimmungen" (nachträgliche Ergänzungen zur Genehmigung) ist häufig noch nicht einmal die Strahlenschutzgruppe für die einzulagernden Abfälle angegeben.

Aus der Angabe der Strahlenschutzgruppe läßt sich aber selbst bei Kenntnis der Gebindevolumen für feste Abfälle (A1) kein Aktivitätsinhalt bzw. Nuklidinventar ableiten. Die Strahlenschutzgruppe bei festen Abfällen gibt lediglich Auskunft über die zulässige Äquivalentdosisleistung in 0,1 m Entfernung von der Gebindeoberfläche.

Einzigster Anhaltspunkt zur Ermittlung von Aktivitätskonzentrationen in festen Abfällen ist die Angabe zu maximaler Aktivitätskonzentration der Summe von Beta- und Gamma-Strahlern in sogenannten Fachbereichsstandards (TGL 1985). In diesen Standards gibt sich der Betreiber des Endlagers unter dem Begriff "Nichtzulässige Beschaffenheit" Aktivitätskonzentrationen vor, die nicht überschritten werden sollen. Für die Abfallkategorie A1/S2 wird z.B. eine Konzentration von 40 GBq/m^3 vorgegeben. Dabei soll die Aktivitätskonzentration durch Abschätzung ermittelt werden. Der zulässige Schätzfehler wird mit $\pm 50\%$ angegeben. Außerdem soll von einer gleichmäßigen Verteilung der Aktivität ausgegangen werden. Auch hieraus läßt sich jedoch keine Schlußfolgerung für Grenzwerte der eingelagerten Gesamtaktivität und des Nuklidinventars ziehen.

Im SB (1990) sind an verschiedenen Stellen Nuklidinventare repräsentativ für einige Abfallarten angegeben. Zusätzlich wird über die Abschätzung des zu erwartenden Abfallaufkommens das Inventar für einige Radionuklide für bestimmte Zeitpunkte während der Betriebsphase des

Endlagers, dem Zeitpunkt des Betriebsendes und darüber hinaus bestimmt. Das kumulierte Inventar für einige Nuklide ist dabei jedoch nur aus Graphiken zu entnehmen. Als erstes fällt auf, daß in verschiedenen Kapiteln des SB (1990) unterschiedliche Angaben bezüglich typischer Nuklidanteile in gleichen Abfällen stehen (s.u.). Außerdem ergibt die Summation des Nuklidinventars einzelner Abfallarten nicht in allen Fällen das angegebene Gesamtinventar dieser Nuklide. Dem SB (1990) ist außerdem zu entnehmen, daß bereits vor Erteilung der Dauergenehmigung radioaktive Abfälle nicht rückholbar eingelagert wurden. Dies gilt mindestens für Ra-haltige Abfälle im Jahre 1982/83 (SB II, Kap. 5, S. 97), also langlebige alpha-Strahler.

(A) Inventar der AKW-Abfälle

In SB (I, Kap.1, S.12/13) wird als Grundlage zur Angabe von Nuklidinventaren im Endlager der Anfall von Abfällen entsprechend dem noch 1989 vorgesehenen Atomprogramm der DDR benutzt. Der angegebene Nuklidvektor für niedrig- und mittelaktiven Abfall enthält die Nuklide Cs 137, Cs 134, Co 60, Mn 54 und Co 58. Für die "typischen Anteile" werden allerdings unterschiedliche Angaben gemacht. Bei der Betrachtung von Transportunfällen wird für das bei den Auswirkungen entscheidende Isotop Cs 137 ein niedrigerer Wert genannt ($12,9 \text{ GBq/m}^3$ in SB II, Kap.4, S.45) als bei der Ermittlung des Nuklidinventars (15 GBq/m^3 in SB I, Kap.1, S.12). Entscheidender ist jedoch die Nichtbeachtung von anderen mobilen oder langlebigen Isotopen in AKW-Abfällen. Nach Angaben der SAAS sind diese Abfälle mit denen aus bundesdeutschen Druckwasserreaktoren vergleichbar (BR 1990). Daher ist die Behauptung an anderer Stelle (SAAS 1990 und ERAM 1990), die Abfälle aus DDR-AKW enthielten keine langlebigen Isotope, ein Widerspruch und auch nicht nachvollziehbar. In Abfällen, wie Verdampferkonzentrat (BRD) bzw. Eindampfrückständen (DDR) und Reinigungsharzen, sind beim gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik zwangsläufig Transurane, Jod, Strontium und Tritium enthalten, die z.B. durch Undichtigkeiten der Brennstabhüllen in den Kühlkreislauf gelangen. Ein grober Vergleich mit dem Nuklidvektor für DWR-Abfälle (PSE 7 1985) ergibt, daß durch die AKW-Abfälle das Gesamtinventar des Endlagers durch ca. 10^9 Bq Pu 239 , 10^8 Bq Am 241 , 10^9 Bq I 129 , 10^{13} Bq Sr 90 und 10^{13} Bq H 3 erhöht wird. Im SB (I, Kap.1, S.12) wurde für die niedrig- und mittelaktiven AKW-Abfälle nur Cs 137 (ca. 10^{15} Bq im Jahr 2030) für weitere Betrachtungen (v.a. Langzeitsicherheit, Analyse der Transportsicherheit) berücksichtigt.

An hochaktiven AKW-Abfällen sollen z.B. Teile von Reaktoreinbauten eingelagert werden. Diese sollen von Isotopen mit längerer Halbwertszeit nur Mn 54 (313 Tage) und Co 60 (5,3 Jahre) enthalten. Davon werden im SB (I, Kap.1, S.14) etwa $1,5 \times 10^{19} \text{ Bq Co 60}$ bei Betriebsschluß im Jahre 2030 als Ausgangswert für die Betrachtung der Langzeitsicherheit berücksichtigt.

(B) Inventar der APR-Abfälle

Die Zahl der in SB (1990) angegebenen und in den Abfällen aus der Anwendung und Produktion von Radionukliden enthaltenen verschiedenen Isotope ist größer als die der AKW-Abfälle. Für die festen und flüssigen niedrig- und mittelaktiven Abfälle werden als Inventar folgende Isotope angegeben: Cs 137, Sr 90, C 14, Pm 147, Eu 155, Ce 144 und Co 60. Über die in niedrig- und mittelaktiven Strahlenquellen enthaltenen Isotope ist aus dem SB (I, Kap.1, S.22) nur eine Subsummierung unter Cs 137 und Co 60 zu entnehmen. Auch für die Abfälle höherer Aktivität werden nur Cs 137 und Co 60 sowie Fe 55 als Inhalt genannt (SB I, Kap.1, S.24). Die sogenannten Sonderabfälle (hauptsächlich alpha-haltige Abfälle und Strahlenquellen) enthalten laut SB (I, Kap. 1, S.27) H 3, Kr 85, Ra-226, Co 60, Am 241, Cf 252.

(C) Zusammenfassung

In Tabelle 4 sind die für das Jahr 2030 prognostizierten Endlagerinventare einzelner Isotope auf Grundlage der Angaben im SB (1990) zusammengestellt. Dabei wurden die jeweils höchsten Angaben berücksichtigt.

Es muß insgesamt festgestellt werden, daß der in einigen Veröffentlichungen und Stellungnahmen zum Endlager Morsleben erzeugte Eindruck von der Einlagerung nur kurzlebiger Radionuklide nicht zutrifft. Vor allem durch die Abfälle aus der Anwendung und Produktion von Radionukliden werden auch in nicht zu vernachlässigendem Umfang langlebige Radionuklide (wie z.B. C 14, Ra 226, Am 241, Pu 239) eingelagert. In geringerem Umfang werden Pu 239 sowie weitere Pu-Isotope und Am 241 auch mit AKW-Abfällen eingelagert. Hinzu kommt für diese Abfälle das sehr langlebige Jod-Isotop 129.

2.4. Zur Einlagerung von Westmüll

In diesem Abschnitt soll nicht untersucht werden, ob radioaktive Abfälle aus den alten BRD-Ländern eingelagert werden dürfen (rechtlich, formal) oder können (technische Voraussetzungen). Es sollen hier Hinweise zusammengefaßt werden, die auf Bestrebungen hindeuten, Abfälle aus den alten Bundesländern in Morsleben einzulagern. Des weiteren sollen kurz die Produktionsanforderungen an Abfälle in der ehemaligen DDR und der BRD gegenübergestellt werden.

Isotope	Aktivität im Endlager 2030	HWZ [a]	Quellenangabe
H 3	9 PBq	12	SB I, S.31
C 14	5 TBq	5730	SB I, S.28
Mn 54	1,6 PBq	< 1	SB I, S.12
Fe 55	13,4 PBq	2,7	SB I, S.31
Co 58	1,0 PBq	< 1	SB I, S.12
Co 60	15516,5 PBq	5,3	SB I, S.31
Kr 85	0,15 PBq	10,7	SB I, S.28
Sr 90	0,8 PBq	28,5	SB I, S.31
I 129	1 GBq	1,57 E7	eigene Abschätzung
Cs 134	2,6 PBq	2	SB I, S.12
Cs 137	3,4 PBq [*]	30,1	SB I, S.12-23; SB III, S.76
Ce 144	8,2 TBq	< 1	SB I, S.20
Pm 147	2 TBq	2,6	SB I, S.20
Eu 155	0,25 TBq	5	SB I, S.20
Ra 226	0,4 TBq	1600	SB I, S.31
Pu 239	26 TBq	24065	SB I, S.31
Am 241	6,3 TBq	432	SB I, S.31
Cf 252	0,06 TBq	2,6	SB I, S.27

* Mit Angaben in SB (I, Kap.1, S.28) könnte sich das Inventar auf 4,4 PBq erhöhen.

Tabelle 4: Aus SB (1990) ermitteltes Endlagerinventar für einzelne Isotope (G=Giga= 10^9 , T=Tera= 10^{12} , P=Peta= 10^{15} ; HWZ: Halbwertszeit in Jahren).

Von verschiedenen Stellen ist die mögliche Einlagerung von "Westmüll" in die Diskussion gebracht worden. Die ehemaligen Betreiber des Endlagers Morsleben kommen in einer Gesamteinschätzung im SB (IV, S.17) Anfang 1990 zu folgender Aussage:

"Die Ergebnisse von Berechnungen, besonders für die Nachbetriebsphase, lassen erkennen, daß es möglich erscheint, das gegenwärtig konzipierte Abfallaufkommen wesentlich zu erhöhen, ohne die Akzeptanz des EL [Endlagers d.V.] in Frage zu stellen."

Die Hoffnung auf Einlagerung radioaktiver Abfälle auch aus nicht DDR-Anlagen wird ebenfalls in einer Stellungnahme des Übergangsbetreibers im Sommer 1990 deutlich (ERAM 1990):

"Mit dem Staatsvertrag zwischen der BRD und der DDR wurde ein Bestandsschutz der Genehmigung des ERA Morsleben für weitere 10 Jahre geregelt. Im Auftrag des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit führt die 'Gesellschaft für Reaktorsicherheit' der BRD bis Anfang 1991 eine Überprüfung des Endlagers durch. Bei positivem Ergebnis gibt es keinen sicherheitstechnischen Grund, der dagegen spricht, gleiche Abfälle wie bisher auch von anderen deutschen Lieferanten endzulagern."

Nach der Übernahme des Endlagers durch das Bundesamt für Strahlenschutz schließt auch dieses die Einlagerung von Westmüll mit Bezug auf o.g. (und z.Zt. in Arbeit befindliches) Gutachten der GRS nicht aus (VIEHL 1990). Für das Bundesumweltministerium (BMU) spricht prinzipiell nichts dagegen, Morsleben entsprechend zu nutzen (HAZ 1990), und in einer Antwort auf eine parlamentarische Anfrage der Grünen drückt sich die Bundesregierung um eine Beantwortung der Frage nach Einlagerung von bundesdeutschem Abfall in Morsleben herum (BR 1990). Auf einer Sitzung der Arbeitsgemeinschaft für Umweltfragen berichtete ein Vertreter des BMU von einer in Arbeit befindlichen Untersuchung zur Frage, ob und welche westdeutschen Abfällen in Morsleben eingelagert werden könnten (AGU 1991).

Ein großes Interesse der Elektrizitätsversorgungsunternehmen kann grundsätzlich unterstellt werden und wurde laut HAZ (1990) auch bestätigt. In einer bundesdeutschen Fachzeitschrift (der Atomindustrie) wird in einem juristischen Aufsatz die Ansicht vertreten, daß das BfS im Rahmen der Gleichbehandlung rechtlich und politisch gezwungen wird, Abfälle im bisher genehmigten Umfang einzulagern. "Dabei dürfte es gleichgültig sein, aus welcher Gegend Deutschlands der Abfall kommt" (atw 1990).

Radioaktive Abfälle müssen für die Endlagerung bestimmten Anforderungen genügen. Diese Anforderungen unterscheiden sich für die beiden ehemaligen deutschen Staaten sowohl in einigen grundsätzlichen Punkten wie auch in Einzelfragen. Die wichtigsten grundsätzlichen Unterschiede sind (TGL 1985 und KONRAD 1986):

- In der BRD dürfen nur feste Abfälle eingelagert werden, in der DDR auch flüssige.
- Die Abfälle in der BRD müssen konditioniert sein, d.h. sie sind vorbehandelt (z.B. gepreßt oder in eine Matrix eingebunden), um eine mögliche Freisetzung von radioaktiven Stoffen zu erschweren. Die Abfälle in der DDR sind nur zum Teil konditioniert und in sehr geringem Umfang bereits vor der Einlagerung in eine Matrix (Zement) eingebunden.
- Die mechanische Stabilität der Abfälle wird in der BRD durch Einlagerung in Behältern erhöht. In der DDR wurde nur ein geringer Teil der Abfälle in Fässern eingelagert, die darüber hinaus keinen großen Stabilitätsanforderungen gerecht werden.
- Aktivitätsbegrenzungen für einzelne Abfallgebinde werden in der BRD, abgeleitet aus Sicherheitsanalysen, für Einzelnuklide garantiert. In der DDR wurden nur Begrenzungen für die Gesamtaktivität zweier Nuklidgruppen, Alpha- und Beta-/Gamma-Strahlen, in Form von Aktivitätskonzentrationen (Bq/m^3) festgelegt.

Einzelpunkte, in denen sich die Anforderungen an feste Abfälle unterscheiden, haben zum Teil sicherheitstechnische Bedeutung. Bundesdeutsche Abfälle dürfen z.B. keine selbstentzündlichen Stoffe enthalten, die in DDR-Abfällen durchaus enthalten sind (SB II, Kap.5, S.77). Ferner darf der Feuchtigkeitsgehalt in DDR-Abfällen bis zu 40% betragen, in BRD-Abfällen dagegen dürfen nur nicht vermeidbare Restgehalte an Flüssigkeiten enthalten sein. Radioaktive Abfälle, die Rn-220 freisetzen können, müssen in der BRD entweder in Verpackungen mit spezifizierter Dichtigkeit oder mit 40 mm starkem Beton umschlossen eingelagert werden. Für Morsleben existieren keine entsprechenden Vorschriften.

3. Kerntechnische Sicherheit und Betriebssicherheit

Im folgenden sollen beispielhaft vier Bereiche des kerntechnischen Betriebes kurz beleuchtet werden, weil an ihnen nicht nur der Standard der kerntechnischen Sicherheit in der Vergangenheit aufgezeigt werden kann, sondern weil sie sich auch zum Teil sehr wohl auf die gegenwärtige und zukünftige Sicherheit des Endlagers auswirken.

Die Beschränkung auf die Aspekte

- Einlagerungstechnik
- Brandschutz
- Störfälle
- Strahlenschutz

bedeutet keinesfalls, daß andere Bereiche unbedeutend sind oder daß für sie keine Erkenntnisse vorlägen; dies gilt beispielsweise hinsichtlich Schachtfördertechnik, Bewetterung, Eingangskontrolle, Qualitätssicherung, innerbetrieblichen Transports und Störfallanalyse. Es gilt auch für den Transport der radioaktiven Abfälle zum Endlager Morsleben. Hier liegen Anhaltspunkte dafür vor, daß in der Vergangenheit (und Gegenwart?) nicht entsprechend den Erfordernissen vorgegangen worden ist (z.B. unzureichende Auslegung der Transportbehälter für flüssige radioaktive Stoffe).

3.1. Einlagerungstechniken

Eine detaillierte Betrachtung der verschiedenen Techniken zur Endlagerung radioaktiver Abfälle im Endlager Morsleben würde den Umfang dieser Studie sprengen. Daher beschränken wir uns auf eine kurze Darstellung der einzelnen Techniken und benennen die dabei auftretenden Probleme.

(a) Stapelung fester Abfälle:

Radioaktive Abfälle der Kategorien A1/S1 und S2 werden in ihrer Verpackung in Hohlräumen gestapelt. Die Verpackung reicht von 200 l Fässern über Kartons und Säcke bis hin zu Plastikfolien (SB I, Kap.3, S.129). Bei evtl. Stör- und Unfällen in der Betriebsphase sind diese Verpackungen genausowenig als Schutz vor Freisetzungen radioaktiver Stoffe zu betrachten, wie als (zeitlich begrenzt wirksame) Barriere für die Nachbetriebsphase. Die Strahlenbelastung bei der

Hantierung der Abfälle ist durch diese Verpackungsart unnötig hoch, auch wenn es sich um sog. niedrigaktive Abfälle handelt. Die Ortsdosisleistung in 0,1 m Entfernung kann immerhin bis zu 10 mSv/h betragen.

(b) Versturz von festen Abfällen und Strahlenquellen

Radioaktive Abfälle der Kategorien A1/S1-S5 und A3/S1-S4 werden mit ihren Transportbehältern auf sogenannte Versturzscheulen gesetzt und durch eine Bodenöffnung nach unten in Lagerhohlräume gestürzt (s. Abb. 2). Dies geschieht sowohl in loser Schüttung (Ionenaustauschharze und andere festen Abfälle) als auch in Verpackungen (200 l Fässer oder z.B. feste Eindampfrückstände in Papphülsen). Radioaktive Stoffe können bei dieser Einlagerungstechnik als Gase oder Aerosole ungehindert freigesetzt werden. Im Endlager entsteht unmittelbar eine Mischung verschiedener Abfälle, was zu sicherheitsgefährdenden chemischen Reaktionen führen kann, z.B. Selbstentzündung (s. Kap. 32.).

(c) Einbringen von Spezialcontainern in Bohrlöcher:

Im Rahmen eines "Probetriebs" werden radioaktive Abfälle der Kategorien A1/S6, A3/S5 und A4.10 in Stahlzylindern (Volumen 3 l) in Sohlenbohrlöchern versenkt (ZUS 7 1989). Es handelt sich hier um mittel- bis hochaktive Stoffe (zum Teil mit Wärmeentwicklung), die allerdings nur Isotope mit einer Halbwertszeit von bis zu 30 Jahren enthalten sollen. Die Stahlzylinder werden im Endlager mehrfach gehandhabt. Zunächst werden die Transportbehälter (Typ Pb-250), in denen sich die Zylinder befinden, aus dem Großcontainer entladen. Im nächsten Schritt findet ein Umladen des Zylinders in einen innerbetrieblichen Behälter statt. Aus diesem wird er dann in das Bohrloch versenkt. Dies ist ein sehr umständlicher Verfahrensablauf. Die vielen Handhabungen führen zu unnötiger Strahlenbelastung der Beschäftigten und sorgen für eine höhere Störfallanfälligkeit.

(d) In-situ-Verfestigung flüssiger Abfälle:

Radioaktive Abfälle der Kategorien A2/S1 und S2 (hauptsächlich Eindampfrückstände) werden abwechselnd mit einem Bindemittel (Braunkohlenfilterasche) in söhlige Grubenräume geleitet (s. Abb. 3). Durch die anschließende Aushärtung soll sich ein monolithischer Block bilden. Bei dieser Methode treten grundsätzliche Probleme auf. Die eingeleiteten Eindampfrückstände bilden mit dem Bindemittel oder Teilen davon zunächst einen flüssigen bis breiigen Körper. Eine vollständige Durchmischung kann auch durch die zur Einleitung eingesetzten Druckschläuche und Sprühlanzen nicht erreicht werden. Qualitätskontrollen des Produkts können weder hinsichtlich der gleichmäßigen Durchmischung, noch des vollständigen Abbindens durchgeführt werden. Rißbildungen, die beim Aushärten im Körper entstehen können, bleiben ebenfalls unentdeckt. Im übrigen zeigen Vorkommnisse der Vergangenheit, daß nicht die gesamte radioaktive Flüssig-

keit von der Filterasche gebunden wurde. Überschüssige Flüssigkeit ist in tiefergelegene Grubenbereiche eingedrungen (s. Kap. 3.3.).

Weitere Gefahrenmomente bei dieser Einlagerungstechnik ergeben sich aus der Zuführung der flüssigen Abfälle. Aus den Transportbehältern wird die Flüssigkeit von der untertägigen Entleerstation mit Druckluft in ein Zwischenlager gefördert. Das Zwischenlager besteht aus zwei Behältern mit einem Volumen von je 25 m³ (SAAS 1990). Von dort werden die flüssigen Abfälle durch eine Rohrleitung über einen Kugelhahn in ein Armaturengestell gepumpt und dann weiter in den Endlagerhohlraum geführt. Während dieses Verfahrensablaufs sind eine Vielzahl von Störfällen möglich, z.B:

- Leckagen an Behälter, Rohrleitung und Kugelhahn;
- Beschädigung von Behälter oder Rohrleitung durch äußere Einwirkung (z.B. Fahrzeugverkehr);
- Überlaufen der Zwischenlagerbehälter;
- Pumpenversagen, dem eine Vielzahl von Störfallabläufen folgen kann.

Die Strahlenbelastung der Beschäftigten durch Direktstrahlung wird durch den gesamten Verfahrensablauf, in dem radioaktive Flüssigkeit bezüglich Gamma-Strahlung fast unabgeschirmt durch Strecken und sonstige Hohlräume geleitet wird, in nicht zu rechtfertigender Weise erhöht. Es besteht zusätzlich die Gefahr, daß die Rohrleitung durch äußere Einwirkung (z.B. Fahrzeugkollision) zerstört wird.

*** Zusammenfassung zu den Einlagerungstechniken:**

Alle 4 Einlagerungstechniken entsprechen entweder grundsätzlich oder von ihrer Durchführung her nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik. Im Januar 1991 wurde die Einlagerung einiger Abfallkategorien gestoppt (HAZ 1990):

- Die in-situ-Verfestigung flüssiger radioaktiver Abfälle wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) einstweilig ausgesetzt.
- Der Probetrieb für die Einlagerung von Spezialcontainern in Bohrlöchern wurde bereits Anfang Dezember 1990 gestoppt.

Es bleibt festzustellen, daß nicht die Genehmigungen widerrufen bzw. auf sie verzichtet wurde. Die Aussetzung der Einlagerungsverfahren kann also jederzeit zurückgezogen werden.

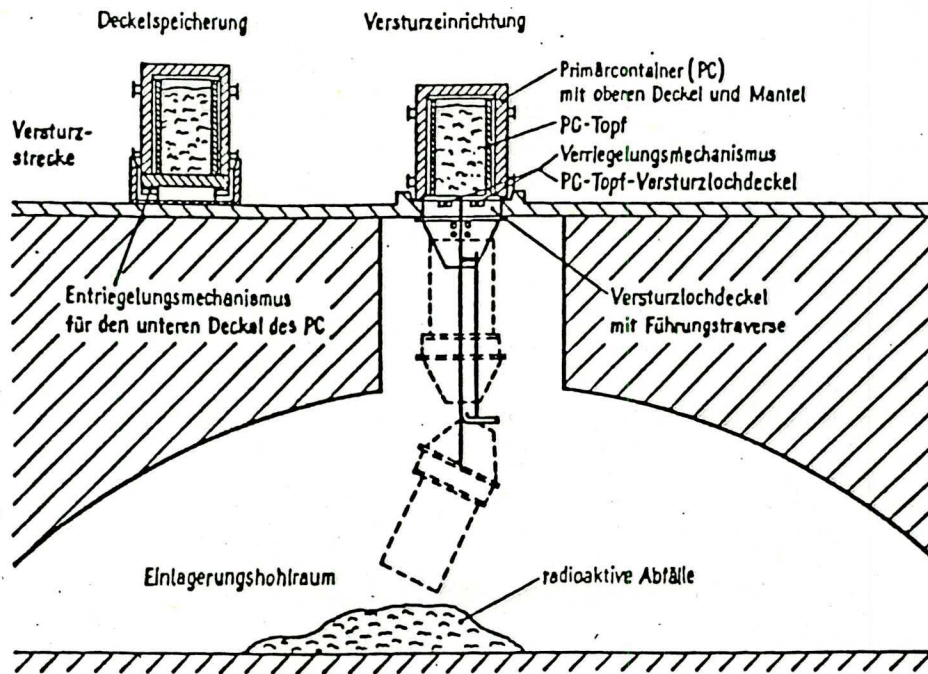


Abb. 2: Darstellung der Versturztechnik

Quelle: SAAS (1990)

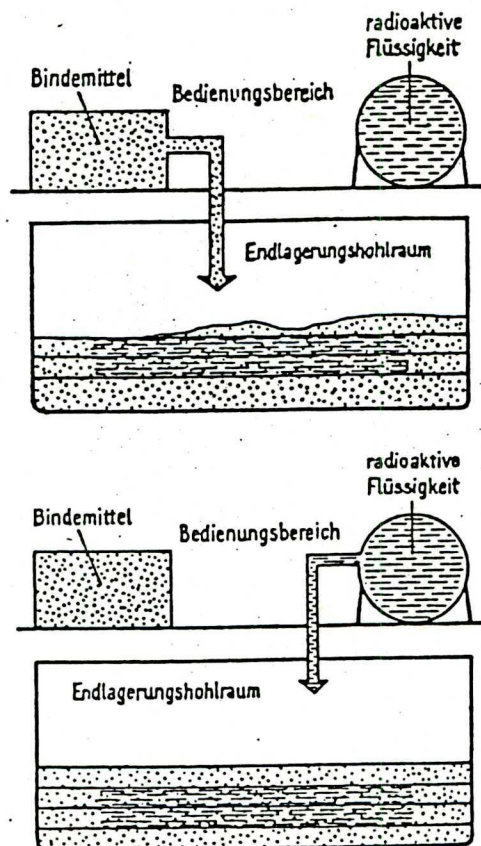


Abb. 3: Sogenannte Verfestigung flüssiger Abfälle

Quelle: SAAS (1990)

3.2. Brandschutz

Die für das Endlager existierenden Brandschutzmaßnahmen sind vollkommen unzureichend. Bei der Konzeption des Endlagers haben Überlegungen zum Brandschutz offenbar überhaupt keine Rolle gespielt. Nach einer Inspektion des Endlagers Morsleben durch das SAAS und nach Erteilung der Dauerbetriebsgenehmigung wurden einige Auflagen gemacht (SAAS 1986), die die Situation aber auch nicht entscheidend verbesserten. Der Zustandsbeschreibung in SB (1990) sind auf jeden Fall noch so viele gravierende Mängel zu entnehmen, daß die Lage bei einem Brand – wenn überhaupt – nur unter äußerst glücklichen Umständen unter Kontrolle zu bringen ist.

Die Grundlage für eine erhöhte Gefahr für den Ausbruch eines Feuers liefern zunächst die radioaktiven Abfälle selber. Laut SB (II, Kap. 5, S. 77) bestehen 30% der einzulagernden Abfälle aus brennbaren Materialien (zumindest in den besonders gefährdeten Einlagerungshohlräumen im Westfeld und im Abbau 1). Diese Abfälle sind nicht in eine Matrix eingebunden, die eine Entzündung erschweren bzw. verzögern könnte. Der erlaubte Flammpunkt, d.h. die Temperatur bei der die Abfälle entzündbar sein können, liegt nach TGL (1985) bei 100°C. Unter den Abfällen sind Stoffe, die zur Selbstentzündung neigen (z.B. Putzwolle). Eine Ursache für Selbstentzündung kann ein Zersetzungsprozeß organischer Stoffe sein, die in nicht geringen Mengen in den Abfällen enthalten sind. Prozesse dieser Art werden durch den zweiten grundlegend die Sicherheit gefährdenden Punkt, nämlich die Einlagerungstechnik, gefördert.

Da in SB (1990) und in der Genehmigung (GEN 1986) nichts Gegenteiliges erwähnt wird, ist davon auszugehen, daß verschiedene feste Abfallarten gemeinsam eingelagert werden. Es gibt also keine Kampagnen, in denen nur Abfälle desselben Typs an bestimmter Stelle eingelagert werden. Verschiedene Abfälle treffen folglich im Einlagerungshohlraum unmittelbar zusammen. Die Stapelteinlagerungstechnik (Westfeld) beinhaltet zwar eine Verpackung der radioaktiven Abfälle, diese hat aber bezüglich des Brandschutzes keine große Bedeutung. Im Gegenteil, ein Teil der Verpackungen besteht sogar aus brennbaren Materialien wie Säcken und Kartons (SB I, Kap.3, S.129). Bei der sogenannten Versturztechnik (Abbau 1 und 2) ist die Situation noch prekärer, da die Abfälle unverpackt in den Hohlraum gestürzt werden bzw. beim Stürzen die Verpackungen beschädigt werden.

Als drittes sind die baulichen und technischen Brandschutzmaßnahmen zu kritisieren. Es gibt offenbar keine Einteilung in Brandschutzzonen, für die entsprechend der Gefährdung unterschiedliche Maßnahmen, wie z.B. Einbau von Brandschutzwänden oder Festlegung maximaler

Lagerung von möglichen Brandlasten, zu ergreifen sind. Für die Anlagen über Tage sind überhaupt keine Brandschutzmaßnahmen erwähnt. Unter Tage sind Branderkennungs- bzw. Brandmeldeanlagen in einigen Einlagerungsbereichen gar nicht und in anderen nur unzureichend installiert. Z.B. zeigt eine Luftüberwachung in Bezug auf CO-Anteile (s. SB, II, S.77) erst relativ spät einen Brand an, und auch der genaue Brandort ist nicht sofort zu ermitteln. Dies verhindert die Unterbindung eines Entstehungsbrandes. Weitere Branderkennungsanlagen sollen eingebaut werden bzw. sind möglicherweise schon eingebaut worden (HAZ 1990).

Brandbekämpfungsanlagen gibt es ebenfalls nur in einigen Bereichen. Im Abbau 1 existiert eine Sprinkleranlage. Das Wasser muß allerdings über relativ weite Strecken gefördert werden. Es stehen zwei Behälter zur Speisung zur Verfügung. Deren Volumen beträgt $2,5 \text{ m}^3$ bzw. $7,5 \text{ m}^3$, eine relativ geringe Menge zum Löschen eines größeren Brandes. Es besteht zwar noch die Möglichkeit des Anschlusses an die obertägige Löschwasserringleitung. Diese Anlage muß allerdings von einem anderen Ort im Grubengebäude handbedient werden. Unter diesen Umständen dürfte für eine Sicherheitsbetrachtung davon kein Kredit genommen werden. Bei der Art der Abfälle ist darüber hinaus zu bezweifeln, ob es in jedem Fall gelingt, ein Feuer mit Wasser zu löschen (v.a. beim Brand organischer Abfälle oder von Bitumen). Nach Stand von Wissenschaft und Technik müßten Schaum- oder Gaslöschanlagen installiert werden. Im Grubengebäude befinden sich auch in der Nähe von Einlagerungsorten elektrische Anlagen (z.B. in Westfeld). Diese können leicht zur Zündquelle bzw. zum Quellort für Brände werden. Dem SB (1990) sind hierzu keine Vorsorgemaßnahmen zu entnehmen. Ein weiterer möglicher Ausgangspunkt für Brände ist der Fahrzeugverkehr zum Transport der Abfallgebinde unter Tage. Auch hierfür sind keine Brandschutzvorkehrungen bekannt. In diesem Zusammenhang muß auch darauf hingewiesen werden, daß die Grube schlagwettergefährdet ist (s. Kap. 4.2.). Dieser Aspekt scheint bei den Brannenschutzmaßnahmen möglicherweise auch nicht berücksichtigt worden zu sein.

Einrichtungen zum Abschluß von Grubenteilbereichen, wie Brandschutztore, -türen und -klappen, werden in den uns vorliegenden Unterlagen nur für den Abbau 1 beschrieben. Ihre Leistungsfähigkeit kann nicht beurteilt werden. Der Bau von Branddämmen im Störfall ist nicht vorgesehen.

Zusammenfassend muß gesagt werden, daß nach den vorliegenden Unterlagen die bundesdeutschen Brandschutzbestimmungen nicht eingehalten werden. Allein aus Brandschutzgründen ist ein sofortiger Einlagerungsstopp für alle Abfallarten zu fordern.

3.3. Störfälle, Vorfälle, Vorkommnisse

Dem Sicherheitsbericht zufolge ist beim bisherigen Betrieb des Endlagers kein Ereignis eingetreten, das als nuklearer Stör- oder Unfall zu bewerten ist und auf Grund dessen der Betrieb des Endlagers aus Strahlenschutzgründen unterbrochen werden mußte (SB II, Kap. 5, S.96).

Beim bisherigen Betrieb haben jedoch viele Vorfälle stattgefunden, die unterhalb dieser hohen Schwelle liegen und Kontamination von Grubenbereichen, Anlagenteilen und Personen, Strahlenbelastung von Personen, Erhöhung der Aktivitätskonzentration der Grubenwetter und sogar das Ausfließen flüssiger Abfälle aus dem Einlagerungsbereich zur Folge hatten. Beispielsweise kam es

- allein im Zeitraum von 1983 bis 1988 zu 106 Anlagenkontaminationen, mit maximalen Werten zwischen 132 kBq/m^2 und $25.000 (!) \text{ kBq/m}^2$ (SB II, Kap. 5, S.87). (Keine Angaben zu Einzelnukliden oder Strahlungsarten). Zum Vergleich die Grenzwerte der bundesdeutschen Strahlenschutzverordnung, Anlage IX, für die Oberflächenkontamination von Arbeitsplätzen und Gegenständen mit "sonstigen Radionukliden":
 - im Kontrollbereich: 500 kBq/m^2 ,
 - in betrieblichen Überwachungsbereichen: 50 kBq/m^2 .
- von 1982 bis 1988 zu etwa 150 Personenkontaminationen, überwiegend der Kleidung (ca. 120 Fälle, max. 113 kBq/m^2 bis 800 kBq/m^2), in ca. 20 Fällen der Haut (max. 33 kBq/m^2 bis 600 kBq/m^2) (SB II, Teil 5, S.86).

Die folgende Darstellung ausgewählter Vorfälle beruht auf der in vielerlei Hinsicht unvollständigen Darstellung des SB (1990). Grundsätzlich müssen jedoch beim Bundesamt für Strahlenschutz, das das SAAS übernommen hat, ausreichende Informationen vorliegen, weil jährliche Berichte zum Strahlenschutz und zur Betriebssicherheit angefertigt wurden.

* Einlagerung Radium-haltiger Abfälle

1982/83 wurde das Zwischenlager Lohmen des SAAS "ausgelagert". Abfälle, die bezüglich ihres Gehaltes an Radium nicht den Annahmebedingungen entsprachen, wurden im Abbau 1 und in das Westfeld eingelagert. Die Menge ist nicht bekannt; es muß sich jedoch um beträchtliche Aktivitäten gehandelt haben, denn diese Einlagerung hatte weitreichende Konsequenzen: Die beim Zerfall von Ra-226 entstehenden Radionuklide, das Edelgas Radon-222 und dessen kurzlebige,

alphastrahlende Tochterprodukte, gelangen seitdem in die Grubenwetter und bestimmen maßgeblich deren Aktivität und damit die Strahlenbelastung von Beschäftigten und Umgebung. Innerbetriebliche Folge ist die "häufige Überschreitung von Warnschwellen für Rn/Rn-Fp [Folgeprodukte] in den Einlagerungsbereichen und z.T. auch in der Abluft" (SB II, Kap. 5, S.93). Zur Häufigkeit der Überschreitungen im Arbeitsbereich enthält der SB (1990) keine Angabe (vergl. jedoch Kap. 3.4.1.). In der Abluft des Endlagers wurden während der Hauptbewetterungszeit in 6 bis 7 % der Fälle Überschreitungen der kurzlebigen Alpha- und Beta-Aktivität registriert; außerhalb der Hauptbewetterungszeit jeweils 0,4 %. Bei der Bewertung dieser Angaben ist zu berücksichtigen, daß der Grenzwert für die Ableitung von kurzlebigen Aerosolen (Radon/Radon-Folgeprodukte) mit dem Abwetter - 120 Bq/m^3 im Jahresmittel - bereits die nach DDR-Strahlenschutzrecht zulässige Aktivitätskonzentration vollständig ausschöpft.

Hinsichtlich der Einlagerung dieser Radium-haltigen Abfälle ist nicht eindeutig zu klären, ob nur bestimmte Annahmebedingungen verletzt worden sind oder ob die Einlagerung solcher Abfälle damals überhaupt nicht genehmigt war. In der Zustimmung Nr. 6 vom 03.07.1989 zur Genehmigung von 1986 (ZUS 6 1989) wird jedoch explizit die "Erfassung und Endlagerung von Radium-haltigen Abfällen" genehmigt, und zwar für Ra-Emanatoren, Ra-Prüfstrahlenquellen und mit Ra kontaminierte feste Materialien, jeweils mit einer Aktivität von $<1 \text{ MBq}$ pro Primärverpackung. (Diese Zustimmung enthält übrigens auch die Auflage, daß ein separater Bericht über die bis zum 31.12.1990 endgelagerten Ra-haltigen Abfälle zu erstellen ist. Dieser Bericht müßte also demnächst vorliegen.)

Insbesondere bei der Einlagerung von flüssigen Abfällen sind zahlreiche Vorkommnisse aufgetreten; allein 52 "Ereignisse mit Flüssigkeitsaustritt aus dem System der EDR [Eindampfdruckstände-] -Entleerung und -Verfestigung" (SB II, Kap. 5, S.94). Welche Volumina und Aktivitäten dabei insgesamt und im einzelnen ausgetreten sind, wird nur für einen Vorfall, und hier auch nur teilweise (s.u.) dokumentiert. Theoretisch sollen maximal einige Kubikmeter Flüssigkeit mit einer Aktivität von max. 40 GBq/m^3 ausfließen können. Die Hauptproblematik liegt hier im Auftreten z.T. großflächiger radioaktiver Kontaminationen (nicht nur von Anlagenteilen, s.o., sondern auch der Grube). Die daraus resultierende Strahlenbelastung wird jedoch als vernachlässigbar eingestuft (SB II, Kap. 5, S.94). Eines dieser Ereignisse wird in SB (1990) dokumentiert:

*** Vorfall bei der Endlagerung von flüssigen Eindampfrückständen**

"Infolge Anlieferung von flüssigen Abfällen mit einem Feststoffgehalt von 17,7 % (zulässig 1 %) vom KKW Greifswald mußte die Anlage ohne Siebkorbfilter und Wälzkolbenzähler betrieben werden. Es traten Wasserschläge im EDR-Rohrleitungssystem auf, die direkt auf das Rotameter wirkten und dieses zerstörten. Die dabei austretenden 30–40 l EDR kontaminierten großflächig den Fußboden der Südstrecke, den Streckenstoß, das gesamte Armaturengestell, den Aerosolmeßplatz und einen Handwagen. Die Kontaminationen wurden beseitigt bzw. isoliert" (SB II, Kap. 5, S.83).

Hier stellt sich die Frage nach den angewandten Maßnahmen zur Dekontamination und insbesondere nach ihrer Wirksamkeit. Dekontaminationsmaßnahmen sind bekanntlich meist nur von begrenzter Wirkung, d.h. es verbleibt restliche Aktivität.

Ebenfalls in Zusammenhang mit der Einlagerung flüssiger Abfälle steht folgender Vorfall mit weitreichenden Folgen:

*** Ausfließen von radioaktiven Abfällen aus Endlagerhohlräumen**

"Bedingt durch unvollständiges Abbinden der flüssigen EDR bei der Einlagerung, insbesondere bei dem in der ersten Hälfte der 80er Jahre praktizierten Verfahren der Vermischung der flüssigen Abfälle mit Bindemittel mittels Mischschnecke, sowie infolge von drei Unplanmäßigkeiten beim Durchsumpfungsverfahren kam es zum teilweisen Auslaufen der EDR in die unterhalb der Einlagerungsbereiche im Südfeld befindlichen Grubenteile (5.–7. Sohle)" (SB II, Kap. 5, S.94). Bis zum Sommer 1989 sind ca. 1.200 m³ dieses flüssigen Atommülls in die Sohlen unterhalb des Einlagerungsbereiches geflossen; eine ständige Abnahme der Zuflußmengen war zu beobachten.

Inwieweit die Behauptung zutrifft, es könne nicht zu einer Ausbreitung von radioaktiven Flüssigkeiten in die Umgebung kommen, ist zu überprüfen. Jedenfalls sollen laut SB (1990) diese Flüssigkeiten nachträglich verfestigt werden, wozu entsprechende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten laufen (SB II, Kap. 5, S.94).

*** Zusammenfassende Bewertung**

Es muß festgestellt werden, daß nicht nur die Vielzahl der Vorfälle und Abweichungen vom bestimmungsgemäßen Betrieb, sondern auch ihre Schwere im Hinblick auf weitreichende Folgen einen Indikator für den niedrigen Sicherheitsstandard beim bisherigen Einlagerungsbetrieb darstellt.

3.4. Strahlenschutz

3.4.1. Strahlenbelastung von Beschäftigten

*** Dosisgrenzwerte**

Nach der "Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz" (VOAS) vom 11. Oktober 1984 galten für beruflich Strahlenexponierte folgende Dosisgrenzwerte pro Jahr (zit. n. SB, I, S.45):

- effektive Dosis: 50 mSv,
- Augenlinse: 150 mSv,
- alle anderen Organe und Gewebe: 500 mSv.

Diese Regelung entspricht den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission. Die bundesdeutsche Strahlenschutzverordnung (StrlSchV 1990) schreibt für Organe und Gewebe teilweise niedrigere Jahresgrenzwerte vor:

- effektive Dosis, Keimdrüsen, Uterus, rotes Knochenmark: 50 mSv,
- Schilddrüse, Knochenoberfläche, Haut: 300 mSv,
- Hände, Unterarme etc. incl. dazugehöriger Haut: 500 mSv,
- alle anderen Organe und Gewebe: 150 mSv.
- Zusätzlich ist die Lebenszeitdosis auf 400 mSv begrenzt.

Aus diesen primären Grenzwerten leiten sich die jeweiligen sekundären und abgeleiteten Grenzwerte ab, z.B. die Grenzwerte für die Jahresaktivitätszufuhr oder für Raumluftkonzentrationen.

* Strahlenbelastung im Endlager

Die äußere Strahlenbelastung von Beschäftigten (Strahlenwerktätigen) im Endlager wurde durch Filmdosimeter gemessen und überwacht, die in Abständen von einem Monat (Kategorie A-Beschäftigte) bzw. 3 Monaten (Kat. B) vom SAAS ausgemessen wurden. Strahlenwerktätige in Sperrbereichen trugen ein täglich ausgewertetes Kondensatorionisationskammerdosimeter (SB II, Kap. 5, S.85). Nach SAAS (1990) waren etwa 220 Personen im Endlager beschäftigt. Wieviele von ihnen als Strahlenwerktätige eingestuft wurden (d.h. besonderen Vorschriften unterliegen), ist uns nicht bekannt.

Abb. 4 zeigt für den Zeitraum 1979–1988 die maximalen und mittleren Individualdosen sowie die Kollektivdosen der nachweisbar Exponierten. Zum Vergleich sind dort unterhalb der Zeitachse die Angaben des Sicherheitsberichtes zur äußeren Strahlenbelastung aufgelistet. Wie ersichtlich, stimmen die Angaben zur maximalen Individualdosis nicht überein: mit Ausnahme des Jahres 1979 nennt der Sicherheitsbericht regelmäßig z.T. erheblich niedrigere Belastungswerte. Zur mittleren Strahlenbelastung enthält der Sicherheitsbericht keine Aussage; diese ist auch wertlos, solange nicht gleichzeitig die Personenzahl bekannt ist.

Die unterschiedlichen Angaben können kaum darauf zurückgeführt werden, daß SAAS (1990) die innere Strahlenbelastung ebenfalls erfaßt, denn zum einen stimmen die Kollektivdosen überein, und zum anderen sollen laut Sicherheitsbericht die Inkorporationsmessungen "bisher keine nachweisbare innere Strahlenbelastung durch Inkorporation" ergeben haben (SB II, Kap. 5, S.85).

Die Ursache dieser Unstimmigkeit ist unklar. Es ist zu vermuten, daß beide Darstellungen auf Auswertung derselben Quellen beruhen, nämlich den Jahresberichten zum Strahlenschutz im Endlager Morsleben (SB 1990 nennt auch diese Quelle). Diese Berichte müssen laut Genehmigung von 1986 (die vorher geltende Regelung ist uns nicht bekannt, dürfte aber nicht wesentlich davon abweichen) folgende Angaben zur Strahlenbelastung der Beschäftigten enthalten (GEN 1986, Anlage 3):

- Anzahl der Beschäftigten, Kat. A und B,
- Gesamtbelastung in mSv,
- mittlere Belastung pro Person in mSv,
- maximale Belastung pro Person in mSv,

- Anzahl der Personen mit Belastungen von
 - <0,4 mSv/Monat bzw. 5 mSv/a,
 - 0,4-4 mSv/Monat bzw. 5-50 mSv/a,
 - >4 mSv/Monat bzw. 50 mSv/a.

Wenn zwei Auswertungen dieses Basismaterials bereits zu teilweise unterschiedlichen Ergebnissen kommen, ist eine Klärung dringend erforderlich.

Die personendosimetrischen Daten sind auch deshalb von Interesse, weil sie "deutlicher Ausdruck des hohen Niveaus bei der Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz" sind; schließlich lägen die Belastungswerte weit unterhalb der gültigen Grenzwerte (SB II, Kap. 5, S.97).

Eine sorgfältige Analyse dieses Themenbereiches ist zwar im Moment sowohl wegen der beschränkten Informationslage als auch des begrenzten Umfangs dieser Schwachstellenuntersuchung nicht möglich. Dennoch läßt sich bereits jetzt eine Reihe von Punkten identifizieren, die Zweifel an der Begründetheit der obigen Aussage aufkommen lassen. Sie werden im folgenden kurz vorgestellt.

*** Unzureichende Strahlenschutz-Planung**

Die Planungsvorgaben zur Strahlenbelastung von Beschäftigten entsprechen nicht den erforderlichen und international üblichen Strahlenschutzgrundsätzen zur Gewährleistung eines hohen Sicherheitsstandards. Die Schwellenwerte für Aktivitätskonzentrationen im Endlagerbereich sind im Gegenteil so ausgelegt, daß theoretisch der Dosisgrenzwert zu fast 100 % ausgeschöpft werden kann (GEN 1986, Anlage 3):

- <70 % für äußere Exposition (entspr. bis 35 mSv/a für Kat. A),
- max. 30 % "Reserve" für interne Exposition, jedoch
- <10 % für interne Exposition (entspr. bis 5 mSv/a) an ständig belegten Arbeitsplätzen.

Für Fahrer im innerbetrieblichen Transport darf die Individualdosis sogar 5 mSv/Monat betragen (ZUS 5, 1989)

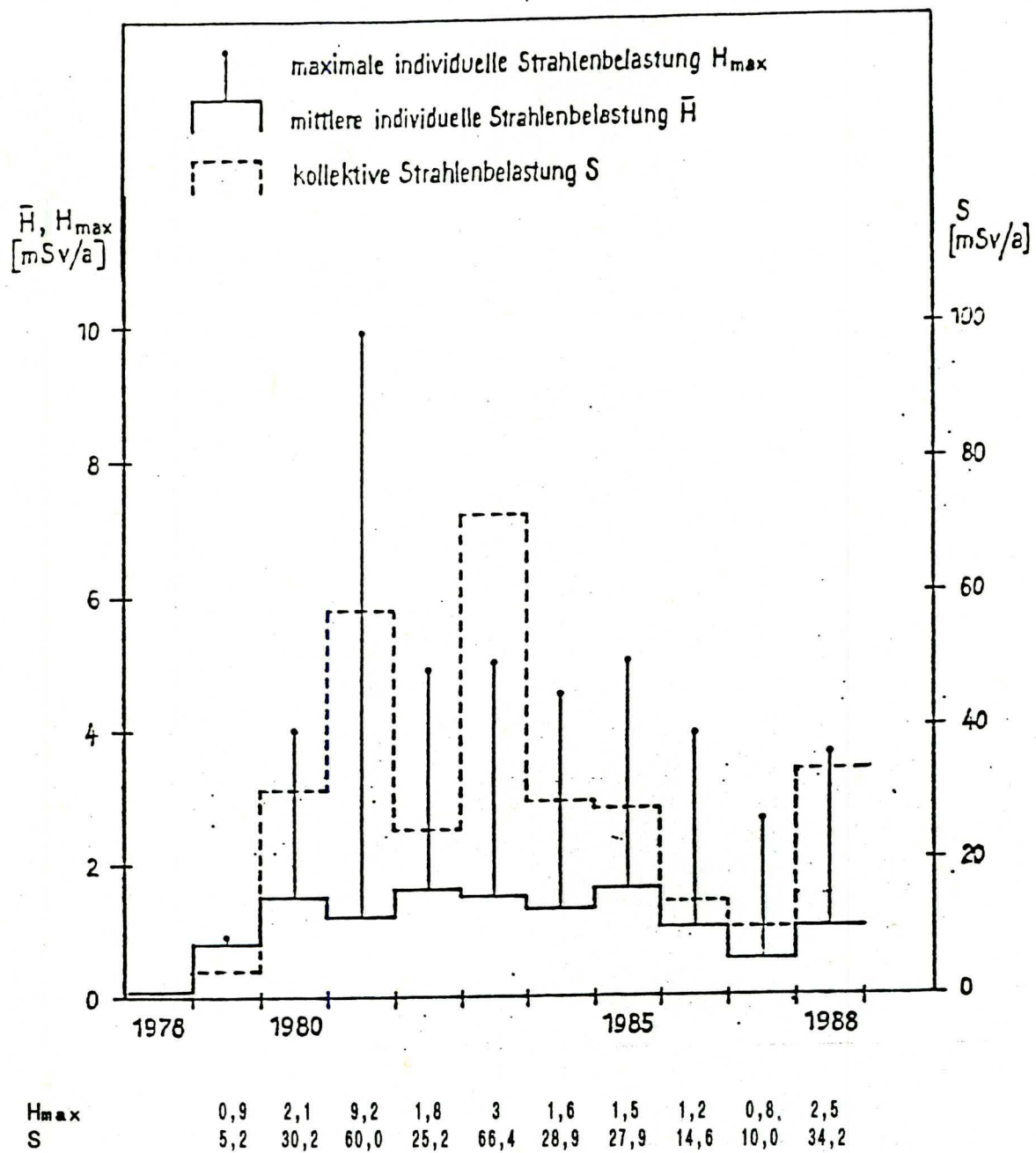


Abb. 4: Jährliche Strahlenbelastung der Beschäftigten im Endlager

Quelle: SAAS (1990)

*** Inhalationsdosis durch Radon nicht erfaßt**

Die genannten Individual- und Kollektivdosen enthalten nicht die Anteile der internen Strahlenbelastung durch Radon und -folgeprodukte, die – vergl. Kap. 3.3. – die Aktivitätskonzentration der Grubenluft wesentlich beeinflussen. In der Genehmigung von 1986 heißt es sehr deutlich: "Aus technologischen Gründen mußten die Warn- bzw. Signalisationsschwellwerte der Raumwarnsignalisationsanlage zum Teil höher festgelegt werden als die genehmigten jährlichen bzw. monatlichen mittleren Schwellwerte, da es ansonsten durch technologisch bedingte Kurzzeitüberschreitungen dieser mittleren Schwellwerte zu ständigen Signalisationen käme" (GEN 1986, Anlage 3).

Darüber hinaus sind auch Beiträge anderer gas- oder dampfförmiger Radionuklide zur Dosis vermutlich nicht erfaßt, die aus den Abfällen (oder bei Kontaminationen?) freierwerden und eine Kontamination der Grubenluft verursachen, wie z.B. Tritium oder C-14.

*** Dosiserfassung**

Zur Beurteilung der Behauptung, es seien bisher keine Inkorporationen festgestellt worden, müßte die Methodik dieser Überprüfung betrachtet werden (Stichprobenauswahl, Zeitpunkte, Meßverfahren usw.).

Bezüglich der Erfassung der externen Strahlenbelastung gilt, zumindest für die üblichen amtlichen Filmdosimeter in der BRD, daß sie im Niedrigdosisbereich (kleiner als 0,5–1 mSv/Monat) eine verminderte Nachweisempfindlichkeit haben.

*** Geringe bisher einlagerte Mengen und Aktivitäten**

Es besteht, abgesehen von bestimmten Vorkommnissen oder strahlungsintensiven Reinigungsarbeiten, eine Korrelation zwischen der Kollektivdosis und dem Produkt aus Volumen und Gesamtaktivität des eingelagerten Abfalls (SB II, Kap.5, S.97f). Bisher sind jedoch nur eher geringe Aktivitäten und Volumina in Morsleben eingelagert worden (bis zu 1300 m³/a).

*** Kombinierte Belastungen?**

Es ist zu überprüfen, inwieweit Strahlenwerktätige des Endlagers Morsleben auch für Arbeiten im Schacht Marie eingesetzt wurden und damit einer kombinierten Belastung durch ionisierende Strahlung und chemisch giftige Stoffe (?Härtereialsalze, s. Kap. 4.2.) ausgesetzt waren. Dies war nicht generell verboten. Es ist zwar "weitestgehend zu vermeiden, d.h. es ist als Regelfall für die Einlagerungsarbeiten in beiden Gruben auf unterschiedliche Personengruppen zu orientieren. Strahlenwerktätige der Kategorie A dürfen nur mit Zustimmung des SAAS zu Einlagerungs-

beiten chemisch-toxischer Abfälle eingesetzt werden – diese Einsätze in der Grube 'Marie' sind zu dokumentieren" (GEN 1986, Anlage 3).

*** Kontaminationen**

Eine Vielzahl von Kontaminationen (Personen, Anlagen, Grube; vergl. Kap. 33.) deutet nicht auf eine besonders hohe Strahlenschutzsicherheit hin.

3.4.2. Strahlenbelastung der Umgebungsbevölkerung

Anders als bei den Grenzwerten für Strahlenwerkttätige bestanden zwischen den Dosisgrenzwerten für die Umgebungsbevölkerung z.T. erhebliche Unterschiede in den Verordnungen der beiden deutschen Staaten. Tabelle 5 zeigt die Werte; es ist dabei zu beachten, daß die Grenzwerte des § 45 Strahlenschutzverordnung für jeweils Ableitungen über Luft und Wasser gelten; die Grenzwerte der VOAS gelten insgesamt.

Es bestehen noch weitere gravierende Unterschiede zwischen den Regelungen; zwei wesentliche seien hier genannt:

(1) Neben der absoluten Höhe von Grenzwerten sind die Vorschriften zur Berechnung der Strahlenbelastung von großer Bedeutung. Während dazu in der DDR unseres Wissens nach keine Regelung bestand, muß nach bundesdeutschem Recht unter Anwendung einer radioökologischen Berechnungsvorschrift (AVV 1990) und Vorgaben der Strahlenschutzverordnung der "Nachweis" erbracht werden, daß die o.g. Grenzwerte eingehalten werden.

Dies ist für das Endlager Morsleben, obwohl es zur Zeit weiter betrieben wird, bislang noch nicht geschehen. Auch der Sicherheitsbericht enthält dementsprechend natürlich keine Angaben über die zu erwartende Strahlenbelastung einer Person an den ungünstigsten Einwirkungsstellen, d.h. den Orten mit den höchsten zu erwartenden Belastungen in der Umgebung des Endlagers.

(2) Die Radioaktivitätsabgaben für das Endlager Morsleben sind nicht als Einzel- oder Summenaktivitäten pro Jahr (Bq/a) genehmigt, sondern in Form von Aktivitätskonzentrationen (Bq/m³) (s.u.). Das heißt, die zugelassene Gesamtaktivität pro Jahr ist nicht geregelt; in Abhängigkeit von Bewetterung oder Abwasservolumen ergeben sich damit unterschiedliche Aktivitätsabgaben pro Jahr.

* Genehmigte Aktivitätsableitungen

Die "Auswurfgrenzwerte", d.h. die genehmigten Aktivitätsableitungen des Endlagers über Abwetter und Abwasser sind in den Tabellen 6 und 7 in der jeweils 2. Spalte aufgeführt. Die 3. Spalte enthält die von uns daraus berechneten "Grenzwerte der Aktivitätsableitungen" in Bq/a, die sich unter bestimmten Annahmen ergeben (s. Anmerkungen zu den Tabellen).

Zur Einschätzung dieser Angaben bedarf es eines Vergleichs; die beste aller schlechten Möglichkeiten scheint uns der Vergleich mit den Antragswerten für die jährliche Aktivitätsableitung aus dem geplanten Endlager Schacht Konrad zu sein, die die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) im Plan (KONRAD 1986) vorgelegt hat (Spalten 4). Hierbei ist zu berücksichtigen, daß in Schacht Konrad wesentlich größere Abfallvolumina eingelagert werden sollen (im 2-Schicht-Betrieb ca. 40.000 m³/Jahr), daß es sich teilweise um Abfälle mit höheren Nuklidaktivitäten handelt (z.B. WAA-Abfälle), daß die Abfälle nur in konditionierter Form eingelagert werden usw. Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte zeigt die Gegenüberstellung, daß die Ableitungsgrenzwerte für Konrad nur bei der Abgabe mit dem Abwasser um Größenordnungen höher liegen. Mit der Abluft hingegen dürfen aus Morsleben vergleichsweise hohe Aktivitäten abgeleitet werden. Dies gilt insbesondere für die Aerosole (Faktor 200 höherer Grenzwert).

* Umgebungsüberwachung

Der SB (1990) enthält zwar einige Angaben zur Umgebungsüberwachung; sie sind jedoch kaum aussagekräftig und lassen deshalb keine Beurteilung der Frage zu, ob die Umgebung des Endlagers durch die radioaktiven Ableitungen beeinflusst worden ist oder nicht. Die Darstellung zeigt im wesentlichen nur, daß die Qualität der Überwachung nur ein bescheidenes Niveau aufwies. Ein grundsätzliches Problem lag in der meßtechnischen Ausstattung: Die Voraussetzungen zu nuklidspezifischen Messungen "des Fallouts, der Aerosolaktivität der Biomedien und der Wasserproben" waren im Endlager nicht vorhanden (SB II, Kap.5, S.91).

Organ	VOAS 1984	StrlSchV 1990
effektive Dosis	5	0,3
Keimdrüsen, Uterus, rotes Knochenmark	50	0,3
Knochenoberfläche Haut	50	1,8
alle anderen Organe	50	0,9
Durchschnittswert der effektiven Dosis über Zeitraum von 50 Jahren	1	keine Regelung

Tabelle 5: Dosisgrenzwerte für Einzelpersonen aus der Bevölkerung (Quellen: SB I, Kap. 2, S. 45; StrlSchV 1990).

Nuklide bzw. Nuklidgruppe	Morsleben		Konrad
	Bq/m ³	Bq/a	Bq/a
langlebige Aerosole (HWZ ≤ 30 a) β/γ-Aerosole α-Aerosole (HWZ >10 d)	15	1,9 E10	8,1 E 7 3,7 E 6
kurzlebige Aerosole (Rn/Rn-Folgeprod.) Rn-222	120	1,5 E11	1,9 E12
Tritium	4000	5 E12	1,5 E13
C-14	500	6,3 E11	3,7 E11

Anmerkung: Die Werte der Spalte 3 ergeben sich unter der Annahme einer Gesamtwettermenge von 2400 m³/min. Etwa 60 % davon werden über den Schacht Bartensleben, der Rest über den Schacht Marie abgegeben (SB I, Kap. 3, S.104).

Tabelle 6: Grenzwerte für Aktivitätsableitungen mit dem Abwetter aus dem Endlager Morsleben und Vergleich mit dem geplanten Endlager Konrad (Quellen: SB II, Kap. 5, S.87; KONRAD 1986)

Nuklide bzw. Nuklidgruppe	Morsleben		Konrad
	Bq/m ³	Bq/a	Bq/a
langlebige Aerosole (HWZ ≤ 30 a) β/γ-Aerosole α-Aerosole	20000	5 E6	7,1 E8 3 E7
Tritium	1 E6	2,5 E8	7,4 E12

Anmerkung: Die ³Werte der Spalte 3 ergeben sich unter der Annahme, daß max. 250 m³ Abwasser pro Jahr abgeleitet werden (GEN 1986, Anlage 3).

Tabelle 7: Grenzwerte für Aktivitätsableitungen mit dem Abwasser aus dem Endlager Morsleben und Vergleich mit dem geplanten Endlager Konrad (Quellen: SB II, Kap. 5, S.87; KONRAD 1986)

4. Natürliche Barrieren im Standortbereich

4.1. Geologischer Rahmen

Geologisch betrachtet liegt der Endlagerstandort Morsleben mit den beiden Gruben Bartensleben und Marie im Bereich der sogenannten **Allertalzone**, einer langgestreckten Nordwest-Südost verlaufenden Salzstruktur von etwa 2 km Breite (s. Abb. 1). Die Allertalzone stößt im Nordosten an die **Weferlinger Triasplatte** (auch: Weferlingen-Schönebecker Triasplatte), im Südwesten an die sogenannte **Lappwaldscholle**. Die drei Zonen unterscheiden sich hinsichtlich Alter und Lagebeziehungen der Gesteine, die jeweils am Aufbau der obersten knapp 1.000 m der Erdkruste in diesem Raum beteiligt sind. Sie werden durch Störungszonen voneinander getrennt.

Auch im Landschaftsbild, dessen endgültige Ausformung durch die Tätigkeit vordringenden Eises während des Eiszeitalters (vor rund 150 000 Jahren) erfolgt ist (SB III, Teil 1, S.12), macht sich diese Dreigliederung bemerkbar: Die Allertalzone fällt morphologisch weitgehend mit der Allerniederung zusammen, die vom ausgeprägten Höhenzug des Lappwalds im Südwesten und den weniger deutlichen Höhenzügen der Weferlinger Triasplatte im Nordosten begleitet wird.

In der Allertalzone besteht der obere Abschnitt der Erdkruste vornehmlich aus Steinsalz der Zechsteinzeit sowie dessen Begleitgesteinen Anhydrit (Calciumsulfat), sogenanntem Salzton (Mergelstein) und Kalisalzen. Wegen des geringen Abstands zwischen Salz und Erdoberfläche befinden bzw. befanden sich in der Lappwaldzone mehrere Salzbergwerke bzw. -gruben. Ursprünglich sind dort Kalisalze abgebaut worden, in späteren Produktionsjahren zunehmend Steinsalz. Das gilt auch für die Gruben Bartensleben und Marie.

Das Steinsalz und mit ihm die Begleitgesteine sind während der Zechsteinzeit vor rund 260 Mio. Jahren annähernd horizontal abgelagert worden. Später sind sie – auf die Belastung durch jüngere Gesteinsserien mit plastischer Verformung reagierend – in mehreren Bewegungsphasen entlang Schwächezonen in die überlagernden Serien eingedrungen und darin aufgestiegen (s. Abb. 7). Im Bereich der Aufstiegszone sind diese Serien dabei aufgewölbt und aufgeschleppt worden und daher in der Dachregion der entstehenden Salzstruktur weitgehend abgetragen worden. In den Salzabwanderungsgebieten wurden diese Gesteine dagegen relativ abgesenkt und blieben dadurch örtlich vor Abtragung bewahrt. Diese Entwicklung der Salzstruktur war vor rund 80 Mio. Jahren im wesentlichen abgeschlossen, wenngleich auch in der Folgezeit noch tiefgreifende Veränderungen stattgefunden haben.

In der Aufstiegszone gelangte das aufsteigende Salz in Kontakt mit dem oberflächennahen Grundwasser und ist dadurch teilweise aufgelöst und mit dem Grundwasserstrom weggeführt worden. Zwischen der durch Anlösung entstandenen Oberfläche des Salzkörpers, dem **Salzspiegel**, und darüber lagernden wasserführenden Serien entstand der **Gipshut** (caprock). Er besteht aus den schwerlöslichen Anteilen der Zechsteinsalze und ihren Begleitgesteinen, im wesentlichen Anhydrit bzw. Gips und Salztonresten und weist in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der auf- bzw. angelösten Zechsteinserien von Ort zu Ort wechselhafte Zusammensetzung und Mächtigkeit auf.

Die Subrosionsvorgänge haben örtlich außerdem zur Absenkung einzelner Gesteinsschollen geführt. Dadurch sind einerseits Gesteinspakete vor der Abtragung bewahrt geblieben, andererseits konnten an der Erdoberfläche Hohlformen entstehen und mit neuen Sedimenten gefüllt werden, deren heutige Existenz umgekehrt auf die ehemalige Wirkung von Subrosionsvorgängen hinweist. In der Allertalzone gilt das insbesondere für konglomeratische Sande und Sandsteine der Oberkreide, deren Entstehung im einzelnen allerdings noch ungeklärt ist (SB I, S. 88).

Das in die Allertalzone eingewanderte und heute noch vorhandene oder durch Subrosion bereits beseitigte Salz stammt aus den benachbarten Bereichen der Weferlinger Triasplatte und der Lappwaldscholle. Vor allem im Bereich der Weferlinger Triasplatte sind heute nur noch Salzreste vorhanden (s. Abb. 5. u. 7). Der Salzzustrom in die Struktur ist also weitgehend zum Abschluß gekommen. Die Salzabwanderung führte in beiden Zonen dazu, daß einzelne Gesteinseinheiten über den abwandernden Salzgesteinen gegenüber der Salzstruktur abgesenkt worden und daher im Vergleich zur Allertalzone mächtiger entwickelt und die Schichtfolge insgesamt vollständiger erhalten geblieben ist.

Unabhängig von den Bewegungen der Zechsteinsalze ist der Südwestteil des Raumes gegenüber dem Nordostteil insgesamt deutlich abgesunken. Die Unterlage der Salzgesteine ist entsprechend an Verwerfungen treppenartig versetzt und insgesamt nach Südwesten geneigt. Die Schichtfolge über den Zechsteinsalzresten in der Weferlinger Triasplatte endet dementsprechend verbreitet mit Gesteinen des Muschelkalk oder sogar des Buntsandstein, während jüngere Einheiten beseitigt worden sind. In der Lappwaldscholle ist die Gesteinsfolge dagegen vollständiger und endet verbreitet erst mit jüngeren Serien des Keuper.

Als Folge der Salzaufstiegs- und Subrosionsvorgänge weisen die Zechsteinsalze und ihre Begleitgesteine sowie die erhalten gebliebenen Gesteine des Deckgebirges heute intensive Verformungen auf: Die Salzgesteine der Salzstruktur sind wegen ihres (unter Druck) plastischen Ver-

haltens hochgradig verfaltet (s. Abb. 5 bis 7). Die spröden Begleitgesteine (Anhydrit und Salzton) sind bei diesen Bewegungen teilweise zerrissen. Das Deckgebirge ist in zahlreiche Schollen unterschiedlicher Gesteinszusammensetzung und Größe zerlegt worden. Die spröden Gesteinsserien im Salzkörper und im Deckgebirge weisen zahllose Trennflächen (Klüfte) auf.

In der Lappwaldscholle und in der Weferlinger Triasplatte sind die Lagerungsverhältnisse der Gesteine weit weniger kompliziert als in der Allertalzone: Die Schichten liegen weitgehend flach und sind allenfalls mit Annäherung an die Allertalzone aufgerichtet und verbogen (s. Abb. 5. u. 7). Allerdings treten verbreitet Verwerfungen auf, an denen sich einzelne Gesteinsschollen relativ zueinander auf- bzw. abwärts bewegt haben. Besonders auffällig sind die beiden nordwest-südost verlaufenden Verwerfungssysteme, die die Allertalzone von der Lappwaldscholle und der Weferlinger Triasplatte trennen. Die meisten Verwerfungen verlaufen jedoch quer dazu in Nordost-Südwest-Richtung und queren die Allertalzone (s. Abb. 8 u. 9).

4.2. Salzstock und Grubengebäude

Die Entstehung der Salzstruktur im Bereich der Allertalzone und die Gründe für den komplizierten internen Aufbau der Salzstruktur (s. Abb. 5 u. 6) sind in Kap. 4.1. bereits kurz dargestellt worden. Nähere Erläuterungen zum Internbau der Salzstruktur werden im folgenden nur noch dort gegeben, wo eine direkte Beziehung zu sicherheitsrelevanten Fragen besteht.

*** Schachtanlage Bartensleben-Marie**

Das Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben besteht aus zwei miteinander in Verbindung stehenden Schachtanlagen: Der Grube Bartensleben sowie der Grube Marie.

Die Grube Bartensleben stellt den eigentlichen Endlagerbereich dar, da nur hier radioaktive Abfälle eingelagert werden. Die Grube Marie ist in jüngerer Vergangenheit anderweitig genutzt worden (z.Zt. sind dort rund 5.700 t Härtereialsalze eingelagert).

Einen relativ detaillierten Überblick über die geologischen und bergtechnischen Verhältnisse beider Schachtanlagen geben SCHULZE (1962) und die Ausführungen in SB (1990). Der folgende Überblick über beide Gruben ist diesen Quellen entnommen.

- Grube Bartensleben:

In den Jahren 1910 – 1912 wurde der Schacht bis zu einer Teufe von 526 m niedergebracht. Die Grube besitzt 12 Sohlen. Die vier Hauptsohlen sind in folgenden Tiefen aufgefahren (s. Abb. 5):

1. Sohle: -386 m
2. Sohle: -425 m
3. Sohle: -460 m
4. Sohle: -506 m (Hauptfördersohle)

Das Grubengebäude weist eine streichende (NNW-SSE) Länge von rund 1,1 km und eine querschlägige Breite von max. 1,6 km auf. Nach SB (I, Kap. 3, S. 101) wird das Grubengebäude vor allem aus rund 130 Steinsalzabbauen gebildet, die jeweils bis zu 30 m hoch, 30 m breit und bis zu 150 m lang sind. Sämtliche Abbaue sind durch Strecken oder Rolllöcher miteinander verbunden. Das Hohlraumvolumen des Grubengebäudes beträgt rund 5 Mio. m³. Von 1913 – 1918 wurden in der Grube Kalisalze gewonnen. Ab 1918 bis 1969 wurde Steinsalz abgebaut.

- Grube Marie

Der Schacht Marie liegt rund 1,6 km NNW von Schacht Bartensleben. Er wurde in den Jahren 1897 – 1898 bis zu einer Teufe von 520 m niedergebracht (s. Abb. 6). Die Hauptfördersohle der Grube befindet sich in einer Teufe von -360 m. Weitere Sohlen befinden sich bei -390 m, -430 m, -460 m und bei -500 m. Das Grubengebäude weist eine streichende Länge von rund 4,1 km und eine querschlägige Breite von max. 1 km auf.

Das Grubengebäude besteht aus zum Teil versetzten Kali- und Steinsalzabbauen sowie 155 Steinsalzammern (je 20 m lang, 20 m breit, 2,2 m hoch), die 1937 – 1945 für die Rüstungsproduktion aufgefahren wurden. Das Gesamthohlraumvolumen der Grube Marie wird auf rund 5 Mio. m³ eingeschätzt. Zur Zeit sind in der Grube Marie 5.757 t cyanidhaltige Härtereialsalze eingelagert. Kommen diese Salze in Kontakt mit Laugen oder Säure, bildet sich extrem toxisches Blausäuregas. Die daraus ableitbaren potentiellen Sicherheitsrisiken für das Endlager werden hier nicht betrachtet.

Nach diesem kurzen Überblick über wichtige Merkmale der Schachthanlage Bartensleben-Marie sollen im folgenden verschiedene sicherheitsrelevante Aspekte betrachtet werden, die direkt oder indirekt mit der Schachthanlage und der Salzformation in Zusammenhang stehen. Da Wasser bzw. Lauge als das Transportmittel für Radionuklide angesehen werden müssen, kommt all den Gesichtspunkten besondere Bedeutung zu, die zu einem unkontrollierten Absaufen der Schachthanlage führen können.

4.2.1. Ein Endlager = zwei Gruben:

Beide Gruben müssen wegen ihrer engen Verzahnung (Verbindungs- und Fluchtstrecken, Bewetterung) bei Sicherheitsbetrachtungen als eine (Doppel-)Schachtanlage angesehen werden. Schwerwiegende Störungen in der einen Grube können sich auf die andere Grube auswirken. Die alleinige Betrachtung und sicherheitsmäßige Bewertung der Grube Bartensleben ist wegen der Verbindungen zwischen beiden Gruben nicht zulässig.

Nach SB (III, Teil 1, S.96) bestehen folgende Verbindungen zwischen den beiden Gruben:

- Fluchtstrecke zwischen der 3. Sohle Bartensleben und der 1. Sohle Marie (Querschnitt 6 m^2),
- Versetzte Strecke durch Kaliabbau auf dem Niveau der 3. Sohle Bartensleben,
- Strecke auf der 2. Sohle nördlich von Abbau 5, Querschnitt $4,8 \text{ m}^2$,
- Zwei Wetterrolllöcher mit Querschnitten von 3 und $2,3 \text{ m}^2$.

Nach SCHULZE (1962, S.239) sind die Gruben auf der 466 m Sohle (3. Sohle) Bartensleben und der 460 m Sohle Marie durchschlägig. Diese Strecke ist nicht eindeutig zuzuordnen; möglicherweise handelt es sich um die versetzte Strecke im Niveau der 3. Sohle (-460 m) Bartensleben. SPACKELER (1950, S.358) berichtet, daß der Durchschlag zwischen beiden Gruben auf einer Teilsohle bei -425 m Teufe hergestellt wurde. Hierbei handelt es sich wahrscheinlich um die Strecke auf der 2. Sohle (nördlich von Abbau 5), da diese auf dem -425 m Niveau verläuft.

Auch wenn die Tiefenlage und der Verlauf der einzelnen Verbindungsstrecken zwischen beiden Gruben aus den zur Verfügung stehenden Informationen nicht exakt ermittelt werden können, so ist doch insgesamt festzustellen, daß mindestens zwei Strecken, zwei offene Wetterrolllöcher sowie eine versetzte Strecke als Verbindungen zwischen beiden Gruben bestehen.

Die Bedeutung dieser Verbindungen liegt darin, daß sie im Falle eines unkontrollierten und nicht beherrschbaren Wassereinbruchs in die Grube Marie Wegsamkeiten für das eingedrungene Wasser bzw. Lauge von der Grube Marie in die Grube Bartensleben (und damit zu den radioaktiven Abfällen) darstellen.

Natürlich sind zwischen beiden Gruben Absperrrmaßnahmen (Dämme, Dammtore) möglich. Die längerfristige Wirksamkeit von Absperrrmaßnahmen in den Verbindungsstrecken (v.a. des bereits

bestehenden Dammtores in der Fluchtstrecke) muß jedoch angezweifelt werden. Insbesondere bei einem schnellen Absaufen der Grube Marie (z.B. einige wenige Tage) bliebe kaum die Zeit, Absperrbauwerke in den Verbindungsstrecken zu errichten, die längerfristig dem enormen hydrostatischen Druck, der sich auf der Wasserseite aufbaut, widerstehen können.

Selbst wenn dies für die offenen Strecken möglich wäre, stellt sich die Frage, wie denn die versetzte Verbindungsstrecke abgedichtet werden soll. Unabhängig von der Art des Versatzes wird diese Strecke gegenüber dem umgebenden (Salz-)Gebirge eine deutlich höhere Durchlässigkeit aufweisen und deshalb eine bevorzugte Wegsamkeit für Laugen in die Grube Bartensleben darstellen. Fraglich ist auch, wie die mit 2,3 und 3 m² relativ "engen" Wetterrollöcher in der u.U. nur kurzen zur Verfügung stehenden Zeit langfristig wirksam abgedichtet werden sollen.

Hinzu kommt, daß mindestens eine Fluchtstrecke zwischen beiden Gruben offen bleiben muß, die lediglich mit einem vorsorglich eingebrachten Dammtor gesichert werden kann. Ein solches Dammtor kann nicht die Wirksamkeit entfalten, wie sie durch speziell für Endlagerzwecke entwickelte Dämme (FISCHLE & SCHWIEGER 1987) oder die in SB (III, Teil 1, S. 21) beschriebenen Querschnittsabdichtungen möglicherweise erreicht werden kann.

Für die Anlage von im bergtechnischen Sinn wirksamen Dammbauwerken ist die Erfüllung einer Vielzahl von Voraussetzungen nötig (z.B. standfestes und wenig geklüftetes Gebirge, keine besonders leichtlöslichen Salze), damit das Durchsickern oder Umspülen von Dammbauwerken zumindestens mittelfristig verhindert wird (vgl. SPACKELER 1950, S.358f, GIMM 1968, S.493). Ob diese Voraussetzungen bei den Verbindungen zwischen beiden Gruben erfüllt sind, sei hier dahingestellt. Bekannt ist, daß es bei bisher ausgeführten Dammbauwerken trotz Überdimensionierung häufig bei Belastung zur Rißbildung und daraus resultierend zur Undichtigkeit oder gar Zerstörung gekommen ist (FÖRSTER & SITZ 1971, S.603).

Im übrigen kann ein Markscheidesicherheitspfeiler, wie er als Schutz zwischen zwei benachbarten Salzbergwerken gefordert ist, unter bestimmten Voraussetzungen auch dann von Salzlösungen durchdrungen werden, wenn er an keiner Stelle von Grubenbauen durchörtert ist (z.B. Wanderungen von Salzlösungen durch Auflösung von Kalisalzlagern oder über den Hauptanhypdit, vgl. GIMM 1968, S.467).

Insgesamt bleibt festzustellen, daß das Endlager in der Grube Bartensleben durch Vorgänge in der Grube Marie, insbesondere im Falle eines schnellen Absaufens letzterer, ebenfalls betroffen wird. Dabei ist zu berücksichtigen, daß dies nicht nur für den Zeitraum der Betriebsphase des

Endlagers gilt, sondern auch für die Nachbetriebsphase (bis zum weitgehenden Verschluß aller Resthohlräume durch die Konvergenz).

4.2.2. Hydrologische Gefahrenpunkte

Die besondere Gefährdung von Salzbergwerken durch eindringendes Wasser bzw. Lauge ist seit langem bekannt und vielfach beschrieben (vgl. SPACKELER 1950, BAUMERT 1955, GIMM 1968 u.a.). Besonders gefährlich ist das Eindringen von Süßwasser und ungesättigten Laugen, da diese ihre Zuflußwege durch Auflösung von Salz ständig erweitern und auch im eigentlichen Grubengebäude noch Salz auflösen können, was wiederum zur Schwächung der Pfeiler führt (im Extremfall mit Zusammenbruch des Grubengebäudes, z.B. 1921 geschehen beim Kaliwerk Hedwigsburg bei Wolfenbüttel, vgl. dazu FLAKE et al. 1975).

Die Erfahrungen im Salzbergbau zeigen, daß diejenigen Zuflüsse von besonderer Bedeutung sind, bei denen ein quasi unbegrenztes Wasser- bzw. Lösungsreservoir zur Verfügung steht. Dies ist insbesondere bei Zuflüssen aus dem Deck- oder Nebengebirge von Salzformationen der Fall. Die ebenfalls bekannten mengenmäßig begrenzten und isolierten Lösungsreservoirs innerhalb von Salzstöcken (sogenannte "Urlaugen" und Umwandlungslaugen) sollen hier nicht weiter betrachtet werden, obwohl auch sie im Einzelfall von sicherheitsmäßiger Bedeutung bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle sein können.

Die Wegsamkeiten, über die unbegrenzte Wasser- bzw. Laugenmengen in Salzbergwerke eindringen können, sind bekannt: Zum einen sind es natürliche potentielle Wegsamkeiten (v.a. Hauptanhydrit, Salzton, ggf. auch leichtlösliche Kalisalze in Verbindung mit Hauptanhydrit), zum anderen sind es künstlich angelegte potentielle Wegsamkeiten (Schächte, alte Bohrungen). Im folgenden soll auf den Hauptanhydrit und die künstlichen Wegsamkeiten näher eingegangen werden.

* Hauptanhydrit

Beim Hauptanhydrit handelt es sich um die wichtigste natürliche Wegsamkeit, über die in der Vergangenheit viele Salzbergwerke abgesoffen sind. Anhydrit bildet ein – im Gegensatz zu Salz – sprödes Gestein, das zur Kluftbildung neigt. Die miteinander vernetzten und somit hydraulisch wirksamen Klüfte des Anhydrits bilden die eigentlichen Wasserwegsamkeiten. Allerdings sind sie häufig mit Salzen (Sylvin, Carnallit, Steinsalz) gefüllt bzw. verheilt, so daß eine Wasserwegsamkeit im unbelasteten Ausgangszustand nicht in jedem Fall gegeben ist.

Eine potentielle Gefährdung erwächst dann, wenn zwei Voraussetzungen erfüllt sind: (1) Der Hauptanhydrit wird von dem Grubengebäude durchfahren und das Hauptanhydritband reicht gleichzeitig bis an den Salzspiegel (Oberfläche des Salzstocks), (2) die verheilten Klüfte des Hauptanhydrit öffnen sich durch gebirgsmechanische Vorgänge.

Bei der Schachtanlage Bartensleben-Marie können beide Voraussetzungen nicht ausgeschlossen werden.

Der Hauptanhydrit wird sowohl in Bartensleben als auch in Marie von verschiedenen Strecken mehrfach durchfahren. Gleichzeitig zeigen geologische Schnitte (vgl. SCHULZE 1962, Bild 123; Abb. 5 u. 6) für die Schachtanlage Bartensleben-Marie, daß einzelne in der Grube aufgeschlossene Hauptanhydritstränge mit dem Salzspiegel in Verbindung stehen und nicht durch die Aufstiegsbewegung der Salzstruktur "abgequetscht" worden sind.

Genaue Kenntnisse darüber, wo genau der Hauptanhydrit den Salzspiegel erreicht, können nur durch eine ausreichende Zahl von Salzspiegelbohrungen gewonnen werden. Ob diese vorliegen, läßt sich weder SB (1990) noch SAAS (1990) entnehmen. Immerhin wird in SB (III, Teil 1, S.24) festgestellt, daß zusammenhängende Stränge von Hauptanhydrit und Grauem Salzton (ebenfalls ein potentieller Wasserbringer) vom Grubengebäude bis zum Salzspiegel reichen. Die an der zitierten Stelle ebenfalls aufgestellte Behauptung, beide Gesteine seien als undurchlässige Barriere zu betrachten, kann nur als Folge vollständiger Ignoranz gegenüber allen Erfahrungen im Salzbergbau mit diesen Gesteinen verstanden werden. Die Erfahrungen weisen gerade das Gegenteil der Behauptung nach.

Die zweite Voraussetzung, nämlich die Möglichkeit der Öffnung verheilte Klüfte des Hauptanhydrits, ist ebenfalls erfüllt. Hier spielt das Vorhandensein großer Hohlräume und ein hoher Durchbauungsgrad in beiden Gruben eine Rolle. Es ist bekannt, daß durch die Erstellung und das Vorhandensein von Hohlräumen gebirgsmechanische Vorgänge induziert werden. Hierbei ist vor allem das Bestreben des Gebirges zu nennen, in die bestehenden Hohlräume hineinzufließen (sogenannte Konvergenz). Diese zwar langsam aber stetig ablaufenden Gebirgsbewegungen, die mit Spannungsumlagerungen verbunden sind, können zum Aufreißen von Klüften führen. In diesen Klüften bahnt sich dann Wasser bzw. Lauge einen Weg, wobei die Kluftfüllungen aus Salzen weggelöst werden. Diese Vorgänge können lange Zeit unbemerkt ablaufen, um dann plötzlich zu einem schnellen (wenige Tage) Absaufen der Grube zu führen. Insbesondere in der Grube Marie liegen in bestimmten Bereichen problematische gebirgsmechanische Verhältnisse vor (s. u.), die ihrerseits sicherlich keinen positiven Einfluß auf das hydrologische Gefährdungspotential haben.

Insgesamt muß also festgestellt werden, daß für die Schachtanlage Bartensleben-Marie die Möglichkeit eines unbegrenzten Wasser- bzw. Laugenzuflusses aus dem Deckgebirge über den Hauptanhydrit nicht ausgeschlossen werden kann. Die Kombination dreier ungünstiger Merkmale, nämlich der häufige Aufschluß von Hauptanhydrit im Grubengebäude, die Erstreckung des Hauptanhydrits bis zum Salzspiegel sowie zumindestens in bestimmten Grubenbereichen problematische gebirgsmechanische Verhältnisse sind generell ungünstig zu bewerten.

Aus den genannten Gründen wird bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle in Salzstöcken seit langem gefordert, Anhydritpartien und andere ungünstige Gesteinspartien beim bergmännischen Aufschluß zu vermeiden (BGR o.D.; LANGER & VENZLAFF 1988, S.12). Im Falle des Endlagers Morsleben kann dieser wesentlichen Sicherheitsanforderung in keiner Weise mehr entsprochen werden. Dies gilt auch dann, wenn nur nicht-wärmeentwickelnde Abfälle eingelagert werden. Bei der Einlagerung wärmeentwickelnder Abfälle werden die genannten Probleme durch den Wärmeeintrag in die Salzformation noch vergrößert.

*** Künstliche Wegsamkeiten**

- Schächte:

Die beiden Schächte Bartensleben und Marie stellen direkte - und während der Betriebsphase des Endlagers prinzipiell offene - Wegsamkeiten dar, über die Grundwasser bzw. Laugen in die Grubenhohlräume gelangen können. Daß diese Gefahr tatsächlich besteht, zeigt die Zusammenstellung von GIMM (1961, S.450), nach der bei 12% der abgesoffenen Salzbergwerke Zuflüsse aus undichten Schachtröhren unmittelbare Ursache des Ersaufens der Gruben waren.

Sowohl bei Schacht Bartensleben als auch bei Schacht Marie sind Zuflüsse bekannt. Nach SB (II, Kap. 5, S.75) sind im Schacht Bartensleben zwei Zuflußstellen im Deckgebirge bekannt (in 12 m Tiefe und bei 180-200 m Tiefe), über die seit Jahren konstant 6 bis 7 l/min in den Schacht fließen. Die Wässer sollen stark betonaggressiv sein (SB, I, Kap.3, S.100). Die eindringenden Wässer werden gefaßt und nach über Tage abgepumpt.

In Schacht Marie liegen die Zuflüsse über die Schachtröhre nach SB (II, Kap. 5, S. 75) bei rund 12 l/min. Die Wässer sind schwach betonaggressiv (SB, I, Teil 3, S.103). Nach SCHULZE (1962, S.244) sind diese Zuflüsse auch der Grund gewesen, daß bis zu Beginn der verstärkten Schachtwasserhebung (1984) die Lauge bereits die -500 m Sohle erreichte.

An beiden Schächten sind in den letzten Jahren Rekonstruktionsmaßnahmen durchgeführt worden, die sich bei Schacht Bartensleben nach SB (I, Kap. 3, S.100) im wesentlichen auf die Fördersysteme und die Erfassung der Schachtwässer erstreckte. Bei Schacht Marie soll zur Zeit eine Rekonstruktion der Schachteinbauten durchgeführt werden (SB I, Kap. 3, S.103). Sämtliche Maßnahmen hatten offensichtlich nicht zur Folge, daß das Eindringen von Wässern aus dem Deckgebirge in den Schacht gestoppt werden konnte.

Es bleibt also festzuhalten, daß beide Schachtröhren auch heute noch undicht sind. Gleichzeitig sind die zusitzenden Wässer betonaggressiv, d.h., sie greifen den Mörtel der Schachtmauerung auch weiterhin an. Vor dem Hintergrund, daß im Deckgebirge Wasserleiter mit erheblichen Grundwasservorräten bekannt sind (s. 4.3.2.), können diese Verhältnisse nur als unzureichend angesehen werden. Die seit längerem eindeutig formulierten Anforderungen an Schächte von Endlagern für radioaktive Abfälle sehen vor, daß die Schächte auch in der Betriebsphase trocken und standfest sein müssen und durch auf sie einwirkende äußere Einflüsse, v.a. Gebirgsdruck und Wasser, nicht beeinträchtigt werden dürfen (PITZ 1984, S.121). Diese Anforderung ist beim Endlager Morsleben eindeutig nicht erfüllt.

Die Aussagen in SB (II, Kap.5, S.74), Lösungszuflüsse über die Schächte würden durch eine ständig betriebene Wasserhaltung, Kontrolle, Wartung und spätere Verwahrung der Schächte beherrscht, kann nicht überzeugen: spätestens in der Nachbetriebsphase fallen Wartung, Kontrolle und Wasserhaltung weg, so daß unkontrollierte Zuflüsse in die Schachtanlage (auch bei dann verfüllten Schächten) möglich sind. Und selbst für die Betriebsphase ist den vorliegenden Unterlagen nicht zu entnehmen, wie denn ein stärkerer (Süß-)Wassereinbruch über die Schächte tatsächlich verhindert bzw. unter Kontrolle gehalten werden soll. Der Hinweis in SB (II, Kap. 5, S.73), ein solcher Einbruch sei ingenieur-technisch beherrschbar und eingrenzbar, stellt eine unbewiesene Zweckbehauptung dar. Die gegenwärtige Situation bezüglich der anfallenden Schachtwässer kann nur als ein "labiles Gleichgewicht" bezeichnet werden, bei dem durch dauernde betriebliche Maßnahmen der (sicherheitsmäßig unbefriedigende) status quo aufrechterhalten wird.

– Bohrungen

Bohrungen, die im Bereich der Schachtanlage Bartensleben-Marie bis in den Salzstock hineingeführt worden sind, stellen ebenfalls potentielle Wegsamkeiten für einen Wasser- bzw. Laugeneinbruch dar. Laut SB (II, Kap. 5, S.74) sollen aufgrund neuerer geologischer Erkundungsergebnisse Altbohrungen keine Gefährdung darstellen. Diese Aussage in SB (1990) wird leider nicht durch nähere Hinweise auf die Art der Erkundungsergebnisse verdeutlicht. Hier stellen sich zwei Fragen:

- (1) Sind alle relevanten Bohrungen überhaupt erfaßt bzw. bekannt (Problem der Dokumentation)?
- (2) Wie wird die Wirksamkeit der Verfüllung bei entsprechenden Altbohrungen beurteilt?

Ohne Klärung dieser Fragen kann der Aspekt "(Alt-)Bohrungen als potentielle Wasserwegsamkeit" nicht aus der Diskussion um die Sicherheit des Endlagers Morsleben herausgenommen werden.

*** Tropfstellen**

In Zusammenhang mit den hydrologischen Gefahren muß auch auf die bekannten Tropf- und Zuflußstellen im Grubengebäude der Schachanlage Bartensleben-Marie eingegangen werden. Nach SB (I, Kap. 3, S.95) sind im Zuge der bergbaulichen Aktivitäten in fast allen stratigraphischen Horizonten Tropf- oder Naßstellen festgestellt worden. Die größte Anzahl davon waren an den Hauptanhydrit und den Grauen Salzton gebunden, eine erhöhte Anzahl wurde ebenfalls am Kaliflöz Staßfurt festgestellt. Diese Tropf- und Naßstellen waren nach kurzer Zeit trockengelegt.

Zur Zeit sind im Grubengebäude nach SB (I, Kap. 3, S.95) und SB (II, Kap., S.75) fünf aktive Tropf- oder Zuflußstellen bekannt:

- Grube Bartensleben:

1. Sohle, Abbau 1a), im Liniensalzhorizont des Leinsteinsalzes (Menge: zwischen 7 - 30 Tropfen/Minute),

- Grube Bartensleben:

1. Sohle, Abbaustrecke 5a), intensiv geklüfteter Hauptanhydrit, Gräuer Salzton und Kaliflöz, (Menge: 2 l/min bis <0,02 l/min),

- Grube Bartensleben:

4a) Sohle; keine Mengenangabe in SB (1990),

- Grube Marie:

318 m Sohle, Lagerteil H, (Menge: ca. 35 - 80 l/Tag),

- Grube Marie:

2a) Sohle, "Bunte Firste", in tektonisch stark beanspruchtem Hauptanhydrit; keine Mengenangabe.

Laut SB (I, Kap. 3, S.95) sollen die geringen Zuflußmengen, der Chemismus der Lösungen sowie z.T. die Begleitgase darauf hinweisen, daß diese Zuflüsse aus dem Salzgebirge selbst stammen, d.h. zu den Ur-laugen oder Umwandlungslösungen zu zählen sind. Ähnlich äußert sich SCHWANDT (1978, S.256), der austretende Laugen in der Schachtanlage Bartensleben-Marie den Umwandlungslösungen zuordnet. In den zur Verfügung stehenden Unterlagen werden keine Analysen der angetroffenen Lösungen angegeben, so daß die entsprechenden Aussagen hinsichtlich der Herkunft der Lösungen nicht direkt nachvollzogen werden können.

Das Vorkommen entsprechender Lösungen in Salzstöcken ist nicht ungewöhnlich. Sie bilden – sofern ihr Volumen gering ist – auch keine Gefahr für ein Endlager im Salz. Mit ihrer Hilfe ist jedoch nachgewiesen worden, daß Lösungsbewegungen auch innerhalb eines geschlossenen Salzkörpers möglich sind (HERRMANN 1984).

Von Interesse ist der Zufluß im Lagerteil H der Grube Marie. Dieser soll nach SB (II, Kap. 5, S.75) "syngenetischen" Ursprungs sein, d.h., es soll sich auch hier um isoliert innerhalb des Salzstocks vorkommende Lösungen handeln, die keinen Kontakt zu Wässern bzw. Laugen außerhalb des Salzstocks aufweisen. Interessant ist, daß an anderer Stelle des SB (I, Kap. 3, S.95) eine hydrologische Gefährdung des Grubengebäudes durch den Zufluß in Lagerteil H nicht ausdrücklich ausgeschlossen wird. Danach ist die Herkunft der Lösungen nicht eindeutig geklärt, und eine Beziehung zum Salzspiegel wird nicht völlig ausgeschlossen. Andererseits wird wegen der relativen Konstanz der Zuflüsse seit 50 Jahren sowie dem Chemismus und der Dichte der Lösungen für die Betriebsphase der Schachtanlage keine hydrologische Gefahrensituation erwartet.

Die Bewertung des Zuflusses im Lagerteil H ist in SB (1990) widersprüchlich. Solange nicht der Nachweis geführt wird, daß es sich bei den entsprechenden Lösungen tatsächlich nicht um Ur-laugen oder Umwandlungslösungen ohne Kontakt zum Salzspiegel oder potentiell wasserleitenden Gesteinen innerhalb des Salzkörpers handelt, müssen diese zufließenden Lösungen als kritisch bewertet werden. Es ist bekannt, daß Salzbergwerke an plötzlich anschwellenden Zuflüssen ertrunken sind, die vorher über viele Jahre nur geringe Lösungsmengen geliefert haben (GIMM 1961, S.460).

Besondere Bedeutung erhält der Zufluß in Lagerteil H auch dann, wenn er in dem Bereich stattfindet, in dem nach SB (III, Teil 2, S.123) die Mächtigkeit der Salzscheibe (Abstand zum

Salzspiegel) nur noch 34 m beträgt. In diesem Fall ist der Zuflußweg aus dem Deckgebirge extrem kurz, und es besteht die Gefahr, daß durch Gebirgsbewegungen (v.a. Konvergenz) der Zuflußweg zu einem unbestimmten Zeitpunkt erweitert wird (bzw. auch neue Zuflußwege geschaffen werden) und schlagartig große Mengen an Wasser bzw. Lauge ins Grubengebäude eindringen. Im übrigen muß hier auch die Frage gestellt werden, wo denn im Bereich der geringmächtigen Salzscheibe ein entsprechend großer "Speicherraum" für die aus dieser Zuflußstelle seit Jahrzehnten austretenden Lösungen Platz findet (immerhin dürften bisher mindestens 1.000 m³ Lauge zugetreten sein).

An dieser Stelle muß klar darauf hingewiesen werden, daß eine Salzscheibe von rd. 40 m zum Salzspiegel hin in keiner Weise die Anforderungen erfüllt, die an die Mächtigkeit von Salzscheiben bei Endlagern für radioaktive Abfälle gestellt werden. Gefordert werden 400 – 500 m mächtige Salzscheiben (PTB 1984). Diese Anforderung ist im übrigen in großen Teilen der Schachanlage Bartensleben-Marie nachweislich nicht erfüllt.

Ob der von SCHWANDT (1978) genannte Zufluß in Grubenbereich 318/H-W im Grubenfeld Bartensleben-Marie, der als Umwandlungslösung angesprochen wird, mit dem Zufluß in Lagerteil H des Grubenfeldes Marie identisch ist, kann aus den Unterlagen nicht entnommen werden.

Faßt man die Überlegungen zur hydrologischen Gefährdung des Endlagers Morsleben zusammen, so ist festzustellen, daß eine solche Gefährdung eindeutig nicht auszuschließen ist. Die diesbezüglich wichtigen Aspekte und aus geowissenschaftlicher Sicht an ein Endlager im Salz zu stellenden Forderungen

- Vermeiden des Durchfahrens von Hauptanhydrit, Salzton und anderer ungünstiger Gesteinsfolgen,
- keine unklaren Lösungszutritte,
- keine geringmächtige Salzscheibe,
- kein Zufluß von Wasser aus dem Deckgebirge über die Schächte

sind nicht erfüllt. Hinzu tritt der ungünstig zu bewertende Zustand, daß das Endlager Morsleben aus zwei miteinander verbundenen Gruben besteht, von denen jede einzelne bereits ungünstige Befunde aufweist.

Die Aussage, ein Ersaufen der Grube in der Betriebsphase sei wegen der bekannten gegenwärtigen hydrogeologischen Situation als äußerst unwahrscheinlich anzusehen und deshalb dem Restrisiko zuzuordnen (SB (II, Kap. 5, S.73) kann aus den tatsächlichen Verhältnissen und Befunden gerade nicht abgeleitet werden. Im übrigen ist der Gebrauch des Begriffes Restrisiko an dieser Stelle nur eine die tatsächlichen Verhältnisse verschleiernde Sprachfloskel, da zur Bestimmung eines (Rest-)Risikos in jedem Fall die Eintittswahrscheinlichkeit des Ereignisses (hier: Absaufen) quantifiziert werden muß. Dies ist nicht geschehen, wäre aber u.U. anhand der verfügbaren Daten über in der Vergangenheit abgesoffene Salzbergwerke möglich.

Mehr als dürftig ist in diesem Zusammenhang der Hinweis in SB (II, Kap. 5, S.74), daß im Falle des Absaufens der Grube ingenieurtechnische Barrieren sowie die natürlichen Standortbarrieren als sicherheitsrelevantes System wirken sollen. Ein Absaufen der Grube bedeutet vielmehr, daß die natürliche Barriere zumindestens teilweise versagt hat. Im übrigen ist die langfristige Wirkung ingenieurtechnischer Barrieren bekanntermaßen gering.

Der an dieser Stelle mögliche Einwand, die durchgeführte Sicherheitsanalyse, bei der eine (kontrollierte) Flutung der Schachtanlage Ausgangspunkt ist, weise trotz Flutung des Endlagers eine ausreichende (Langzeit-)Sicherheit nach, kann nicht gelten (s. dazu Kap. 5.).

4.2.3. Standsicherheit

Die Gewährleistung der Standsicherheit des Grubengebäudes der Schachtanlage Bartensleben-Marie ist eine notwendige Voraussetzung zum Erhalt der Integrität der natürlichen Barriere Salzstock. Das Zubruchgehen von einzelnen Feldesteilen oder gar des gesamten Grubengebäudes, u.U. aber auch nur starke Verformungserscheinungen, können weitreichende Auswirkungen haben. Hierbei ist insbesondere an die Öffnung von Wasserwegsamkeiten in die Grube mit Absaufen der Grube und anschließende Freisetzung der Radionuklide über kurze Wege in das Deck- oder Nebengebirge der Salzstruktur zu denken (s. Kap. 4.2.2.). Selbst Auswirkungen auf die Erdoberfläche (z.B. Bildung von Einsturztrichter) sind dann nicht auszuschließen. Die Standsicherheit des Grubengebäudes bzw. die gebirgsmechanischen Verhältnisse stehen also in einem engen Zusammenhang mit den hydrologischen Gefahren.

Es muß deshalb ein geotechnischer Nachweis der Standsicherheit des Grubengebäudes geführt werden, in den u.a. die Gebirgsstruktur, herrschende Gebirgsspannungen und rheologische Stoffgesetze einfließen müssen.

Die Tatsache, daß das Grubengebäude Bartensleben-Marie seit Jahrzehnten ohne Zubruchgehen steht, deutet auf eine im engeren bergmännischen Sinn bisher gegebene Standsicherheit hin. Da an ein Endlager für radioaktive Abfälle jedoch höhere Ansprüche zu stellen sind als an ein Gewinnungsbergwerk, muß die langfristige Standsicherheit nachgewiesen werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß im Bereich des Grubengebäudes und in dessen Umfeld heute und auch zukünftig Gebirgsbewegungen ablaufen bzw. ablaufen werden (die sich z.B. in der Konvergenz zeigen) und Spannungsänderungen bzw. -umlagerungen stattfinden. Durch das Auffahren neuer Hohlräume werden diese verstärkt. Wegen der auch in Zukunft ablaufenden Veränderungen im Gebirge kann aus der bisher gegebenen Standsicherheit nicht selbstverständlich auf die zukünftige Standsicherheit geschlossen werden. Diese ist **nachzuweisen**. Insbesondere ist nachzuweisen, daß keine unzulässigen Verformungen (z.B. im Bereich der geringmächtigen Salzscheibe) stattfinden werden.

Vor diesem Hintergrund ist es interessant, daß in bestimmten Feldesteilen des Grubengebäudes eine geomechanische Beanspruchung künftig weitestgehend vermieden werden muß. Diese Aussage in SAAS (1990, S.95) deutet darauf hin, daß im Grubengebäude offensichtlich kritische Bereiche vorhanden und bekannt sind.

Hierzu gehören nach SB (II, Kap. 5, S.73) nicht näher bezeichnete Bereiche der 1. Sohle und der "am wenigsten stabile" Zentralteil. Wahrscheinlich beziehen sich die Schwachstellen im Bereich der 1. Sohle auf die Grube Marie, da in SB (IV, Kap. 7, S.13) keine Schwachstellen im Bereich der 1. Sohle des Schachts Bartensleben bekannt sein sollen.

Die benannten Schwachstellen scheinen weiterhin identisch zu sein mit dem bereits im Abschnitt "Tropfwasser" weiter oben erwähnten Bereich der Grube Marie, in der die Mächtigkeit der Salzscheibe weniger als 40 m beträgt.

Die vorliegenden Informationen lassen erkennen, daß im Bereich der geringmächtigen Salzscheibe ein offensichtlich kritischer gebirgsmechanischer Zustand gegeben ist. Es drängt sich die Frage auf, wie garantiert werden soll, daß es hier langfristig nicht zu einem gebirgsmechanischen Störfall kommt, in dessen Folge ein unkontrollierter Zufluß von Wässern aus dem Deckgebirge in die Grube Marie stattfindet.

Weiter bleibt zu fragen, wie denn die Stabilität des Grubengebäudes zu beurteilen ist, wenn Wasser bzw. Lösungen zufließen, die die tragenden Stützpfeiler durch Salzauflösung (v.a. leicht lösliche Kalisalze) in ihrer Tragfähigkeit weiter reduzieren. Die Auswirkungen eines solchen

nicht auszuschließenden Vorgangs auf die Stabilität des Grubengebäudes sind nach SB (III, Kap. 6, S.13) derzeit offensichtlich nicht abzuschätzen. Eine solche Abschätzung erscheint dringend erforderlich, da nur so die Folgen eines Absaufens des Grubengebäudes mit anschließender Radionuklidausbreitung halbwegs bewertet werden können.

Es genügt nicht, den Störfall "Absaufen der Grube" mit vordergründigen Hinweisen von vorneherein auszuschließen, sondern es muß vor dem Hintergrund der bekannt ungünstigen gebirgsmechanischen Verhältnisse insbesondere in den genannten kritischen Bereichen der Grube Marie eine Auseinandersetzung mit diesem Störfall und seinen möglichen Konsequenzen erfolgen.

Insgesamt lassen die vorliegenden Unterlagen – insbesondere SB (1990) – unabhängig von den bereits identifizierten kritischen Grubenbereichen nicht erkennen, ob die notwendigen Anforderungen an den Standsicherheitsnachweis für ein Endlagerbergwerk, wie bei LANGER & VENZLAFF (1988) dargestellt, beim Endlager Morsleben erfüllt sind. Die laut SAAS (1990, S.95) regelmäßig im Endlager Morsleben durchgeführten Messungen (v.a. Präzisionsnivellements, Konvergenzmessungen) sowie die übertägigen Messungen (Präzisionsnivellements) sind zwar notwendige, aber für einen Standsicherheitsnachweis keinesfalls hinreichende Maßnahmen.

*** Gebirgsschläge**

In Zusammenhang mit der Standsicherheit soll noch kurz auf das Problem der Gebirgsschläge (plötzlicher Zusammenbruch von Pfeilern oder auch Feldesteilen) eingegangen werden. Nach SB (I, Kap. 3, S.22) sollen Gebirgsschläge in der Grube Bartensleben unwahrscheinlich sein, da großräumige Abbaufelder fehlen und eine zusätzliche Stabilisierung durch vertikal anstehenden Anhydrit gegeben sein soll. Unklar ist, ob diese Aussage auch für die Grube Marie gilt.

Neben der Baufeldgröße stellen nach GIMM (1961, S.252) auch die Teufenlage einer Grube und die Standfestigkeit sowie das Bruchverhalten der Pfeiler wichtige Einflußgrößen bei Gebirgsschlaggefährdung dar. Hauptanhydrit kann nach GIMM (1961, S.253) schlaggefährlich sein, und Carnallitit ist eindeutig als schlaggefährlich bekannt. Beides ist im Grubengebäude aufgeschlossen. Aus den verfügbaren Unterlagen wird nicht klar, inwieweit alle Größen bei der Beurteilung der Gebirgsschlaggefährdung berücksichtigt worden sind. Im übrigen ist nach GIMM (1961, S.258) noch kein sicheres Prognosemerkmal bekannt, und es sind auch keine Maßnahmen bekannt, mit denen Gebirgsschläge sicher vermieden werden können.

* Schlagwetter

Die Gruben Marie und Bartensleben gelten als schlagwettergefährdet, weshalb bestimmte Maßnahmen bei Neuauffahrungen und Bohrungen berücksichtigt werden müssen (SB, I, Kap. 3, S.101). SCHULZE (1962, S.231ff) listet allein 37 Vorkommnisse auf, bei denen in einzelnen Fällen beträchtliche Mengen an Gas über zum Teil längere Zeiträume vor allem aus Bohrungen austraten. Die Gasaustritte liegen im Bereich von Anhydrit und Steinsalz sowie der Kalisalzflöze. Die austretenden Gase enthalten in verschiedenen Prozentanteilen Methan, das bei entsprechender Konzentration in der Umgebungsluft explosiv ist. Die Schlagwettergefährdung in einem Endlager für radioaktive Abfälle ist in jedem Fall – und jenseits aller zu treffenden Vorichtsmaßnahmen – als ungünstig zu bewerten. Inwieweit die Schlagwettergefährdung der Grube in Sicherheitsbetrachtungen für die Einlagerungsphase (z.B. Brandszenarien) eingegangen ist, ist unklar.

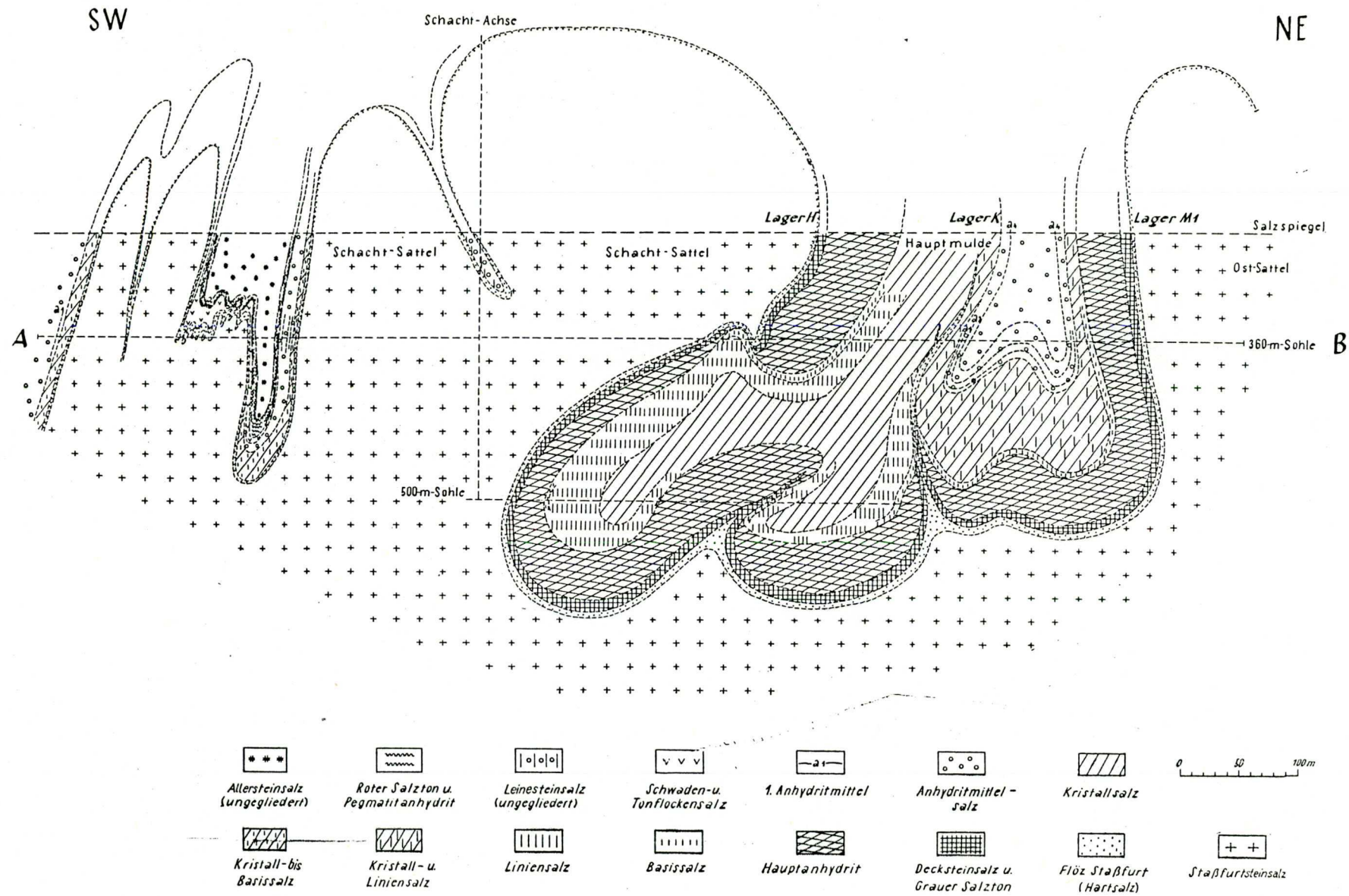
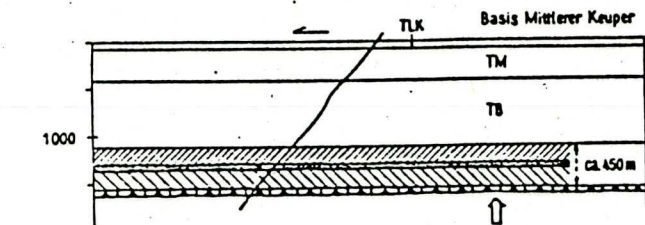
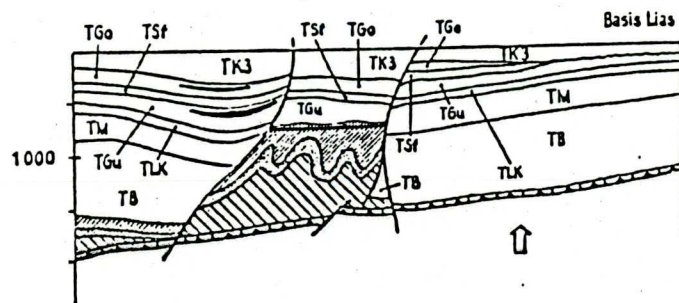
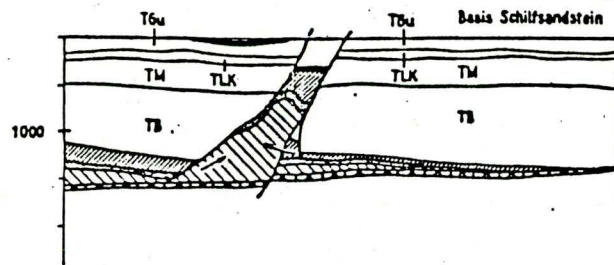


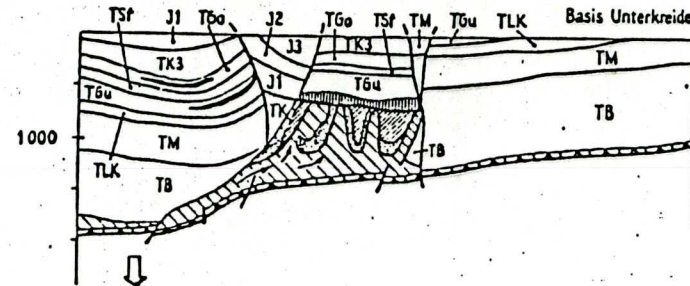
Abb. 6: geologischer Schnitt durch die Salzstruktur im Bereich der Grube Marie
 Quelle: SCHULZE (1962)



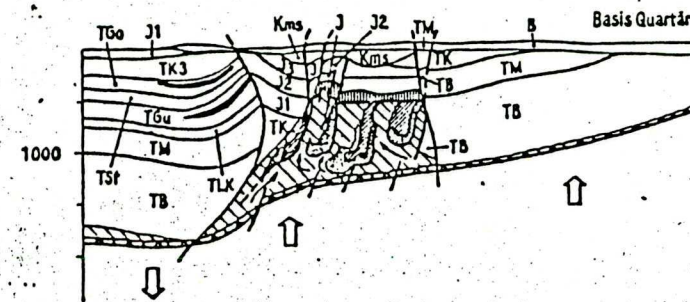
Initialstadium
~ 230 Mill. a.



1. Diapiristadium
(alekimmerisch)
230-205 Mill. a.



2. Diapiristadium
(jungkimmerisch)
135-130 Mill. a.



3. Diapiristadium
(lamarisch)
70-60 Mill. a.

0 1 2 3 km

B	Tertiär	T	Trias	TLK	Letzte Keuper		Hauptanhydrit
Kms	Maastricht	TK	Keuper	TM	Muschelkalk		Subsaliner Zechstein (A2-T1)
J	Jura	TK3	Oberer Keuper	TB	Buntsandstein		Caprock
J3	Malm	TGo	Oberer Gipskeuper		Halitlager im Keuper		Schollenbewegungen
J2	Dogger	TSf	Schilfsandstein		Jüngerer Zechstein		Salzfließbewegungen
J1	Lias	TGu	Unterer Gipskeuper		Staßfurtsteinsalz		

Abb. 7: Entwicklung der Salzstruktur
Quelle: SAAS (1990)

4.3. Deckgebirge und Nebengebirge

Die folgenden Aussagen über Zusammensetzung und Aufbau und vor allem die sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Deckgebirges und Nebengebirges der Salzstruktur Allertalzone stützen sich im wesentlichen auf SB (1990, I u. III) sowie SAAS (1990). Beide Unterlagen enthalten kaum Primärdaten, wie die Beschreibung von Untersuchungsverfahren und die Darstellung der Einzelergebnisse, sondern eine zusammenfassende Wertung der im Rahmen der Standortuntersuchung erarbeiteten Befunde. Die in diesen Unterlagen zitierten Berichte zu Einzelaspekten stammen im wesentlichen aus der Zeit nach der Erstgenehmigung des Endlagers. Sie standen uns nicht zur Verfügung. Die Veröffentlichung wichtiger Aspekte daraus ist geplant.

4.3.1. Gesteine

Die Gesteine von Deckgebirge und Nebengebirge am Standort Morsleben weisen sehr wechselhafte Zusammensetzung auf. Damit ist zugleich eine große Variabilität derjenigen Gesteinseigenschaften verbunden, die die Transportbedingungen von etwa aus dem Endlager freigesetzten Radionukliden mit dem Grundwasser in Deckgebirge und Nebengebirge bestimmen, also die Wasserdurchlässigkeit und die Rückhalteleistung gegenüber Radionukliden. Über die Rückhalteleistung der Deckgebirgsschichten liegen nur für wenige Punkte und ausgewählte Nuklide (Ba 140 u. Co 58) Meßdaten aus Laborversuchen vor (SB III, Teil 2, Tab. 6.7.1), die nur bedingt auf die natürlichen Bedingungen und das Endlagerinventar übertragen werden können (SB III, Teil 2, S. 129).

Unter dem Begriff **Deckgebirge** werden hier alle Gesteinseinheiten der Allertalzone über dem Salzspiegel, einschließlich des Gipshutes (s. 4.1.), zusammengefaßt. Der Salzspiegel bildet entgegen seiner Bezeichnung keine ebene Fläche. Er befindet sich vielmehr im Tiefenbereich von etwa 140 – 160 m unter NN, das entspricht Tiefen von rund 250 – 270 m unter der Geländeoberfläche, und weist ein unregelmäßiges Relief auf.

Die Zusammensetzung des Gipshutes variiert in Abhängigkeit von Art und Menge der Beimengungen schwerlöslicher Gesteinstypen in den aufgelösten Salzgesteinen von Ort zu Ort. Hauptbestandteil ist Anhydrit, der örtlich zu Gips umgewandelt ist. Untergeordnet treten Salztoneurückstände auf. Die Mächtigkeit des Gipshutes schwankt zwischen etwa 10 m und 225 m. Entsprechend variiert auch die Tiefenlage der Gipshutoberfläche. Auftragungen des Gipshutes sind östlich des Schachtes Bartensleben und unmittelbar nordöstlich des abgesoffenen Schachtes Alleringersleben bekannt (s. Abb. 8) Die Gipshutoberfläche reicht hier über NN hinauf.

Das Deckgebirge über dem Gipshut besteht überwiegend aus Ton-, Schluff- und Mergelstein des Keuper und Oberjura und aus an der Basis konglomeratisch entwickeltem, teilweise zu Sandstein verfestigtem Sand der Oberkreide (Maastricht). Diese Einheiten werden flächenhaft von einer wenige Meter bis mehrere Zehnermeter mächtigen Decke aus Lockersedimenten des Quartär (Eiszeitalter) überlagert. Deren Mächtigkeit ist im Allertal besonders groß. Im Bereich der Gipshutaufragung südöstlich des Schachtes Bartensleben (s.o.) überlagern diese Serien den Gipshut direkt. Die Folge beginnt mit sandig-schluffigem Grundmoränenmaterial (Geschiebemergel bzw. -lehm), das von sandig-kiesigen Schmelzwasserablagerungen überlagert wird.

Die Deckgebirgsserien unter den Quartärserien bilden zahlreiche durch Verwerfungen voneinander getrennte Einzelschollen unterschiedlicher Ausdehnung und mit im einzelnen komplizierten Innenbau (s. Abb. 8). Die Verwerfungen verlaufen überwiegend parallel und quer zur Längsachse der Allertalzone. Die Mächtigkeit der Gesamtfolge des Deckgebirges sowie einzelner Schichtglieder ist – auch als Folge der wechselhaften Gipshutmächtigkeit – erheblichen Schwankungen sowohl innerhalb einzelner Schollen als auch von Scholle zu Scholle unterworfen. Die beteiligten Festgesteine sind intensiv geklüftet.

Insgesamt ist der Aufbau des Deckgebirges kompliziert und im einzelnen offensichtlich nur unzureichend bekannt. Darauf deuten zumindest die geringe Bohrdichte nördlich des Schachtes Marie und widersprüchliche Darstellungen in SAAS (Abb. C-3) und SB (I, Abb. 3.8) der Deckgebirgsszusammensetzung in unmittelbarer Umgebung des Schachtes Marie hin.

Als **Nebengebirge** werden hier die Gesteinseinheiten der Weferlinger Triasplatte und der Lappwaldscholle aufgefaßt, soweit sie heute neben Salzgesteinen und Deckgebirge der Allertalzone liegen. Anteile der Schichtfolge sind zwar durch regional und überregional wirksame Abtragungsvorgänge, die überwiegend nicht mit der Entstehung der Salzstruktur in der Allertalzone in Zusammenhang stehen, verloren gegangen, doch ist die Schichtfolge im einzelnen vollständiger als in der Allertalzone. Heute gehören dazu noch Tonstein, Schluffstein, Mergelstein und Sandstein des Buntsandstein und Keuper, örtlich auch Kalkstein des Muschelkalk. Im Grenzbe- reich zur Allertalzone treten Ton-, Schluff- und Mergelstein des Oberjura auf.

Die beteiligten Schichten weisen im Vergleich zu den Einheiten der Allertalzone weniger auffällige Lagerungsstörungen auf, weil sie sich im ehemaligen Salzabwanderungsgebiet (s. 4.1.) befinden und daher durch die Salzbewegungen mechanisch erheblich weniger beansprucht sind als die Gesteine in der Allertalzone. Das gilt nicht für den von Störungen durchzogenen Grenzbe-

reich zur Allertalzone. In der Lappwaldscholle und Weferlinger Triasplatte treten außerdem zahlreiche Querverwerfungen auf, die auch die Allertalzone queren (s. Abb. 8). Der Gesteinsverband ist in diesen Bereichen zerrüttet. Zudem sind die Festgesteine geklüftet.

4.3.2. Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasser im Deckgebirge ist für die Sicherheit von Endlagern in Steinsalz in zweifacher Hinsicht von Bedeutung: Einerseits kann Grundwasser die Funktionstüchtigkeit des Endlagers dadurch beeinträchtigen, daß durch Salzauflösung am Salzspiegel Verbindungen zwischen wasserführendem Deckgebirge und wasserwegsamem Gesteinen im Salzkörper oder sogar Hohlräumen des Bergwerks hergestellt werden, auf denen unkontrollierbare Wassermengen in das Bergwerk einströmen können (s. auch 4.2.). Zum anderen ist Grundwasser langfristig das wichtigste Transportmedium für Radionuklide aus dem Endlager in die Biosphäre. Die genaue Kenntnis von Richtung und Geschwindigkeit der Grundwasserbewegung im Deck- und Nebengebirge sowie der während des Radionuklidtransports ablaufenden Konzentrationsverändernden Prozesse stellt daher eine wichtige Voraussetzung zur Beurteilung von Endlagerstandorten dar. Die genannten Faktoren sind ihrerseits von der Wasserdurchlässigkeit und der Rückhalteleistung der beteiligten Gesteine (s. 4.3.1.) sowie der Lage von Grundwasserneubildungsgebieten und zugehörigen Vorflutern abhängig.

* Wasserdurchlässigkeit

Ausschlaggebend für die Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit ist die sog. "Gebirgsdurchlässigkeit". Sie setzt sich aus der durch die Gesteinsporen und durch Klüfte und andere Trennfugen verursachten Durchlässigkeit eines Gesteins in seinem natürlichen Verband zusammen und kann nur durch geeignete Geländeuntersuchungen festgestellt werden. In den ausgewerteten Unterlagen (SAAS 1990 u. SB 1990) finden sich dazu nur wenige konkrete Angaben, sondern überwiegend interpretierende Darstellungen der Untersuchungsergebnisse, die eine abschließende Beurteilung nicht erlauben (s. 4.3.).

Nach Aussagen in SAAS (1990, S. 105) überwiegen im Standortbereich des Endlagers grundwasserstauende gegenüber grundwasserleitenden Gesteinen. Ergebnisse von Untersuchungen zur Bestimmung der Gebirgsdurchlässigkeit liegen aus dem Standortbereich offenbar jedoch kaum vor; zumindest enthalten SAAS (1990) und SB (1990) keine am Standort bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte. Genauso fehlen Angaben über die detailliert untersuchten Gesteinseinheiten,

Art, Zahl und Ort der durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnis. Aus Formulierungen in SB (III, Teil 2, S. 149) muß geschlossen werden, daß etwa vorliegende Daten das Deckgebirge nicht mit hinreichender Genauigkeit und Repräsentativität kennzeichnen: Sie sind in die Modellierung des Radionuklidtransportes im Deckgebirge nicht eingegangen. Die Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit muß daher mit Hilfe von Analogieschlüssen aus dem generellen Zusammenhang zwischen Gesteinsentwicklung und Wasserdurchlässigkeit und der Kenntnis der im Standortbereich vorhandenen Gesteine erfolgen.

Danach ist in Deckgebirge und Nebengebirge in der Standortumgebung mit dem Vorhandensein folgender Grundwasserleiter zu rechnen: Sandsteine des Buntsandstein und des Mittleren Keuper (Schilfsandstein) und Oberen Keuper (Rät), Kalkstein des Muschelkalk, Sand bzw. Sandstein der Oberkreide (Maastricht) und Schmelzwassersande des Quartär. Deren generelle Lagebeziehungen zueinander gehen grob aus den geologischen Schnitten in Abb. 5 u. 7 hervor.

Auch bei den nicht ausdrücklich als Grundwasserleiter zu bezeichnenden übrigen Gesteinen ist bis zum Beweis des Gegenteils wegen der – insbesondere im Deckgebirge – ausgeprägten Klüftung mit nicht vernachlässigbarer Gebirgsdurchlässigkeit zu rechnen.

Sehr schwierig zu beurteilen ist die Gebirgsdurchlässigkeit des Gipshutes. Laut SB (III, Abb. 3.10) hat sich der Gipshut bei einigen Erkundungsbohrungen als durchgehend "dicht" erwiesen; bei anderen Bohrungen ist im Salzspiegelbereich dagegen Grundwasser angetroffen worden (SB III, Abb. 3.10: Nähe Schacht Alleringleben, nordnordöstlich Schacht Bartensleben), was auf eine erhöhte Durchlässigkeit im Salzspiegelbereich schließen läßt. In SAAS (1990) und SB (1990) wird betont, die Wasserdurchlässigkeit des Gipshutes sei überwiegend gering und im wesentlichen an kavernöse Zonen gebunden. Für diese Einschätzung spräche auch die Beobachtung, daß der Gipshut weitgehend aus Anhydrit besteht (s. 4.3.1.) und Klüfte oft verheilt sind, Zeichen für das Fehlen intensiven Kontaktes mit Süßwasser.

Allerdings ist die Zahl der Beobachtungspunkte offenbar sehr gering. Zudem beweisen örtliche Vergipsung des Anhydrits (SB 1990) und das erwähnte Auftreten von Grundwasser im Salzspiegelniveau, daß örtlich durchaus Zonen erhöhter Wasserdurchlässigkeit bestehen. Das gilt insbesondere für Störungszonen, die nach SB (1990) auch den Gipshut durchtrennen.

Der Aufbau des Deckgebirges in der Umgebung des Standortes ist sehr heterogen. Das betrifft einerseits die Frage, welche Gesteinseinheiten über dem Salzspiegel bzw. dem Gipshut überhaupt vorhandenen sind, andererseits die engräumig wechselnde Mächtigkeit der Deckgebirgseinheiten. Diese Variabilität betrifft zweifellos auch die Gebirgsdurchlässigkeit des gesamten Deckgebirges:

Aus Abb. 5 und 10 geht hervor, daß der Gipshut engräumig erheblichen Mächtigkeitsschwankungen unterworfen ist und daß er von Keuperserien und/oder Kreidesanden bzw. -sandsteinen (s.o.) mit sehr unterschiedlicher Gebirgsdurchlässigkeit überlagert wird. Im einzelnen scheinen Gesteinstyp und -mächtigkeit örtlich sogar noch unklar zu sein (s. "?" in Abb. 10).

Von besonderer Bedeutung für die Beurteilung der Standortsicherheit ist die Wasserdurchlässigkeit der eiszeitlichen Ablagerungen, die örtlich direkt den Gipshut überlagern (s. Abb. 8). Nach SB (I, S.92) schließt die gering durchlässige Grundmoräne an der Basis der Quartärschichten den Gipshut und damit auch den Salzspiegelbereich zuverlässig gegen die wasserführenden Schmelzwassersande über der Grundmoräne ab. Im Hinblick auf die Zuverlässigkeit dieser hydraulisch trennenden Wirkung der Grundmoräne sind beim gegenwärtigen Kenntnisstand angesichts der generell großen Schwankungsbreite der Mächtigkeit und Zusammensetzung und damit auch der Wasserdurchlässigkeit von Grundmoränen erhebliche Zweifel angebracht. Sie werden durch die vorliegenden hydrochemischen Befunde verstärkt (s.u.).

Die verschiedenen Gesteinseinheiten des Deckgebirges stoßen an den Rändern der Allertalzone an verschiedene Gesteinsserien der Lappwaldscholle und der Weferlinger Triasplatte. Das Deckgebirge der Allertalzone einschließlich Gipshut sowie die Gesteine der Lappwaldzone und der Weferlinger Triasplatte werden von Querstörungen durchschlagen.

Insgesamt muß aus diesen Verhältnissen geschlossen werden, daß im Deckgebirge der Allertalzone mit engräumig wechselnden Durchlässigkeitsverhältnissen, und zwar in horizontaler und vertikaler Richtung, zu rechnen ist. Die Identifizierung von Zonen erhöhter Wasserwegsamkeit wird durch den kleinräumigen Aufbau des Deckgebirges und unkontrollierte Kontakte mit dem Nebengebirge erheblich erschwert. Aus demselben Grund muß selbst engräumig mit sehr unterschiedlichen hydraulischen Verhältnissen gerechnet werden. Hinzu kommt, daß insbesondere alte Bohrungen, über deren Verfüllung oft nichts bekannt ist, eine lokale vertikale Wasserbewegung ermöglichen können (s. dazu auch 4.2.).

*** Grundwasserbewegung**

Laut SB (I, S.92) und SAAS (1990, S.105) weist das Grundwasser in der Allertalzone eine deutliche hydrochemische Schichtung auf. Das oberflächennahe Grundwasser ist süß und allenfalls lokal unter wenig durchlässigen Gesteinen gespannt. Außerhalb der Allertalzone bewegt sich das Grundwasser in diesem Stockwerk im wesentlichen in grobkörnigen Anteilen (Sandstein) bzw. auf Klüften und Verwerfungen der oberflächennahen Festgesteine (Lappwaldscholle: Keuper,

vor allem Rätsandstein; Weferlinger Triasplatte: Buntsandstein). In der Allertalzone erfolgt die Bewegung in sehr unterschiedlichen Einheiten, im wesentlichen in geklüfteten Keupergesteinen, Sanden der Oberkreide sowie sandigen Quartärserien. Oberflächennahes Grundwasser wird im Lappwald bei Bad Helmstedt und in der Allertalzone bei Beendorf (s. Abb. 1) zu Trinkwasserzwecken gefördert.

Bereits aus den morphologischen Verhältnissen in der Umgebung des Standortes Morsleben (s. 4.1.) kann abgeleitet werden, daß die Aller der Vorfluter für das oberflächennahe Grundwasser nicht nur der Allertalzone, sondern auch für angrenzende Bereiche der Lappwaldscholle und der Weferlinger Triasplatte ist. Das Grundwasser strömt also aus Südwesten (Lappwaldscholle) bzw. Nordosten (Weferlinger Triasplatte) in die Allertalzone ein. Grundwasserspiegelmessungen zeigen (SB III, Teil 2, Abb. 6.7.1), daß sich die Neigung des Grundwasserspiegels im Übergangsbereich zwischen Lappwald und Allerniederung deutlich versteilt. In der Allerniederung geht der Abstrom in mehr nordwestliche Richtung über und folgt damit dem Verlauf der Längsachse der Allertalzone. Wegen der wechselhaften Zusammensetzung des Deckgebirges (s. 4.1. u. 4.3.1.) können lokal Abweichungen von diese generellen Verhältnissen auftreten. Die Geschwindigkeit der Grundwasserbewegung dürfte bei einigen Metern bis Zehnermetern pro Jahr liegen.

In größeren Tiefen der Allertalzone ist das Grundwasser stark versalzt. Über die hydraulischen Verhältnisse in diesen tieferen Bereichen liegen nur wenige konkrete Angaben vor. Laut SAAS (1990) und SB (I, Kap. 3.1.2.4) sind die Wässer gespannt und stagnieren. Zwischen oberflächennahem Grundwasser und tiefem Grundwasser habe sich ein stabiler Übergangsbereich herausgebildet, wobei die Grenze zwischen Süßwasser und Salzwasser zwischen etwa 30 und 80 m über NN, das sind rund 50 m unter Geländeoberfläche, verlaufe (SAAS 1990, S. 105). Tritiumbestimmungen zeigten, daß Bombentritium nur bis etwa in diese Tiefe anzutreffen ist. Über die genaue Konfiguration der Grenzfläche liegen keine Unterlagen vor. Es ist jedoch davon auszugehen, daß sie unter der Aller infolge des sogenannten "Coning-Effekts" eine ausgeprägte Hochlage aufweist.

An (nur) einer Wasserprobe aus einem kavernösen Gipshutbereich in Salzspiegelnähe ist mit Hilfe von Kohlenstoff-14-Untersuchungen ein Grundwassermodellalter von 12 000 Jahren bestimmt worden (SAAS 1990, S. 105; SB, III, Teil 1, S.25). Wesentliche Ursache für den nur unbedeutenden Zutritt von Süßwasser an den Salzspiegel sei die Plombierung des Gipshutes durch eiszeitliche Ablagerungen (Grundmoräne) mit geringer Wasserdurchlässigkeit (SB, I, Kap. 3.1.2.4., s.o.). Diese hinsichtlich sicherer Endlagerung radioaktiver Abfälle am Standort Morsleben optimistischen Aussage stehen folgende Beobachtungen gegenüber, die Zweifel an der Richtigkeit dieser Einschätzung aufkommen lassen:

Auch für das Grundwasser in größeren Tiefen ist zweifellos die Aller der Vorfluter. Die Neubildungsgebiete liegen ebenfalls in der Lappwaldscholle und der Weferlinger Triasplatte. Nach NLFb (1979 u.1982) ist bereits im Ostteil des Lappwalds eine deutliche hydraulische Stockwerksgliederung des Grundwassers zu erkennen, wobei im oberen Grundwasserstockwerk deutliche höhere Grundwasserstände (Potentiale) gemessen werden als im nächsttieferen. Die Erneuerung des tieferen Wassers findet also durch Durchsickerung höherer Stockwerke statt. Die im Lappwald festgestellten Grundwasserstände auch des tieferen Stockwerks liegen im allgemeinen deutlich (mehr als 20 m) über den Grundwasserständen in den benachbarten Abschnitten der Allertalniederung. Dieser Unterschied reicht als Motor für eine Grundwasserbewegung im Bereich des Salzspiegels aus.

Nach SAAS (1990, S.105) deuten tiefen- und dichtenormierte Druckpotentiale der Wässer in der Allertalzone darauf hin, daß dort ein aufwärts gerichteter Potentialgradient vorhanden ist. Demnach kann versalztes Tiefenwasser, das durch den Zustrom aus dem Lappwald und von der Weferlinger Triasplatte erneuert wird, grundsätzlich durchaus in höhere Zonen aufsteigen. Bevorzugte Aufstiegszonen sind Verwerfungen im Grenzbereich zwischen Nebengebirge und Allertalzone oder in der Allertalzone selbst (SB, I, Abb. 3.10). Das schließt örtlich hohe Waseralter nicht aus.

Belege für die Existenz eines solchen Salzwasseraufstiegs sind zum einen das Auftreten einer (?ehemaligen) Solequelle an der Stelle des heutigen Schachtes Bartensleben (geologische Karte, Bl. Helmstedt), der sich allerdings im Bereich der am Südweststrandstörung der Allertalzone befindet. Andererseits treten andernorts auch in der Allertalzone selbst lokal erhöhte Salzkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser auf (SB, III, Teil 2, Abb. 6.7.2), die am ehesten durch den Aufstieg versalzten Tiefenwassers zu erklären sind. Bemerkenswerterweise nimmt die Salzfracht der Aller in der Umgebung des Standortes in Fließrichtung meßbar zu SB (III, Teil 2, S.123) – auch dies ein deutlicher Hinweis auf aktive Subrosion und den Aufstieg versalzten Tiefenwassers. Bilanzierenden Daten zu den aufgenommenen und mit dem Flußwasser abgeführten Salzmengen liegen genausowenig vor, wie Ansätze für eine Wasserhaushaltsbilanz.

Die genannten Beobachtungen zeigen, daß durchaus wasserwegsame Verbindungen zwischen versalztem Tiefenwasser, wahrscheinlich auch dem Salzspiegel, und oberflächennahem Grundwasser bestehen und auch benutzt werden. Damit ist zugleich die Möglichkeit des Radionuklidtransports aus dem Salzspiegelbereich in oberflächennahes Grundwasser gegeben. Über die Transportgeschwindigkeiten sind gegenwärtig keine Aussagen möglich. Wegen des kurzen Transportwegs können Konzentrationsverringernde Prozesse nur in beschränktem Ausmaß stattfinden.

* Subrosion

Subrosion, also die Auflösung von Salzgestein durch Grundwasser, führt langfristig zu einer Verringerung des Abstands zwischen dem endgelagerten radioaktiven Abfall und dem Salzspiegel bzw. dem oberflächennahen Grundwasser und damit der Biosphäre. Außerdem können durch Auflösungsprozesse am Salzspiegel Wasserwegsamkeiten zwischen dem grundwasserführenden Deckgebirge und dem Grubengebäude hergestellt, wiederbelebt oder verstärkt werden.

Verschiedene Beobachtungen (s.o.) belegen, daß zumindest örtlich Subrosion stattfindet und wasserwegsame Zonen zwischen Salzspiegel und oberflächennahem Grundwasser bestehen. Nach Füllung der Gruben Bartensleben und Marie mit Wasser stünden sie auch für den Transport von Radionukliden aus dem Endlager in die Biosphäre zur Verfügung.

Der Salzspiegel liegt heute bei etwa 140 m bis 160 m unter NN (s. 4.3.1.). Spektakuläre Hinweise auf aktive Subrosion fehlen offenbar. Laut SB (1990) und Energiewerke Nord AG im Aufbau (1990) liegt die Rate der flächenhaften Subrosion am Salzspiegel gegenwärtig bei höchstens 0.05 mm/a. Zwar ist im einzelnen nicht bekannt, auf welche Befunde sich diese Aussage stützt, doch ist der Zutritt von Grundwasser an die endgelagerten Abfälle als Folge der vollständigen Beseitigung des überlagernden Salzes nicht zu besorgen.

Verstärkte Aufmerksamkeit erfordert dagegen das Phänomen der selektiven Subrosion. Das ist die gegenüber Steinsalz bevorzugte Auflösung von im Salzspiegelbereich vorhandenem Kalisalz, die unter Umständen bis weit unterhalb des Salzspiegels in den Salzkörper hineinreichen kann. Für den Standort Morsleben ist das Wirken selektiver Subrosion in Vergangenheit und Gegenwart zumindest nicht auszuschließen. Auf Grund der Lagerungsverhältnisse der Salzgesteine und ihrer Begleitgesteine ist mit dem Auftreten des Kaliflözes Staßfurt im Salzspiegelbereich durchaus zu rechnen (s. Abb. 5 u. 6). Darüber hinaus ist in der Grube Marie örtlich nur eine dünne Salzschwebe über den höchsten Grubenbauen vorhanden (s. 4.2.), in der Hauptanhydrit und Kalisalz dicht nebeneinander vorkommen können. Selektive Subrosion stellte gerade in solchen Zonen eine beträchtliche Gefahr für die Funktionstüchtigkeit des Endlagers dar.

Ob und wie weit in der Vergangenheit selektive Subrosion tatsächlich stattgefunden hat, ist im einzelnen offensichtlich unbekannt. Die vom Salzstock Gorleben vorliegenden Erfahrungen (BORNEMANN & FISCHBECK 1989) zeigen, daß Hinweise auf dieses Phänomen im Rahmen der Standorterkundung allenfalls zufällig gefunden werden können, wenn nicht gezielt danach

gesucht wird. Von entsprechenden Untersuchungen am Standort Morsleben ist bislang nichts bekannt. Dabei ist diese Frage hier angesichts des Laugenzutritts im Lagerteil H der Grube Marie von hervorragender Bedeutung (s. 4.2.).

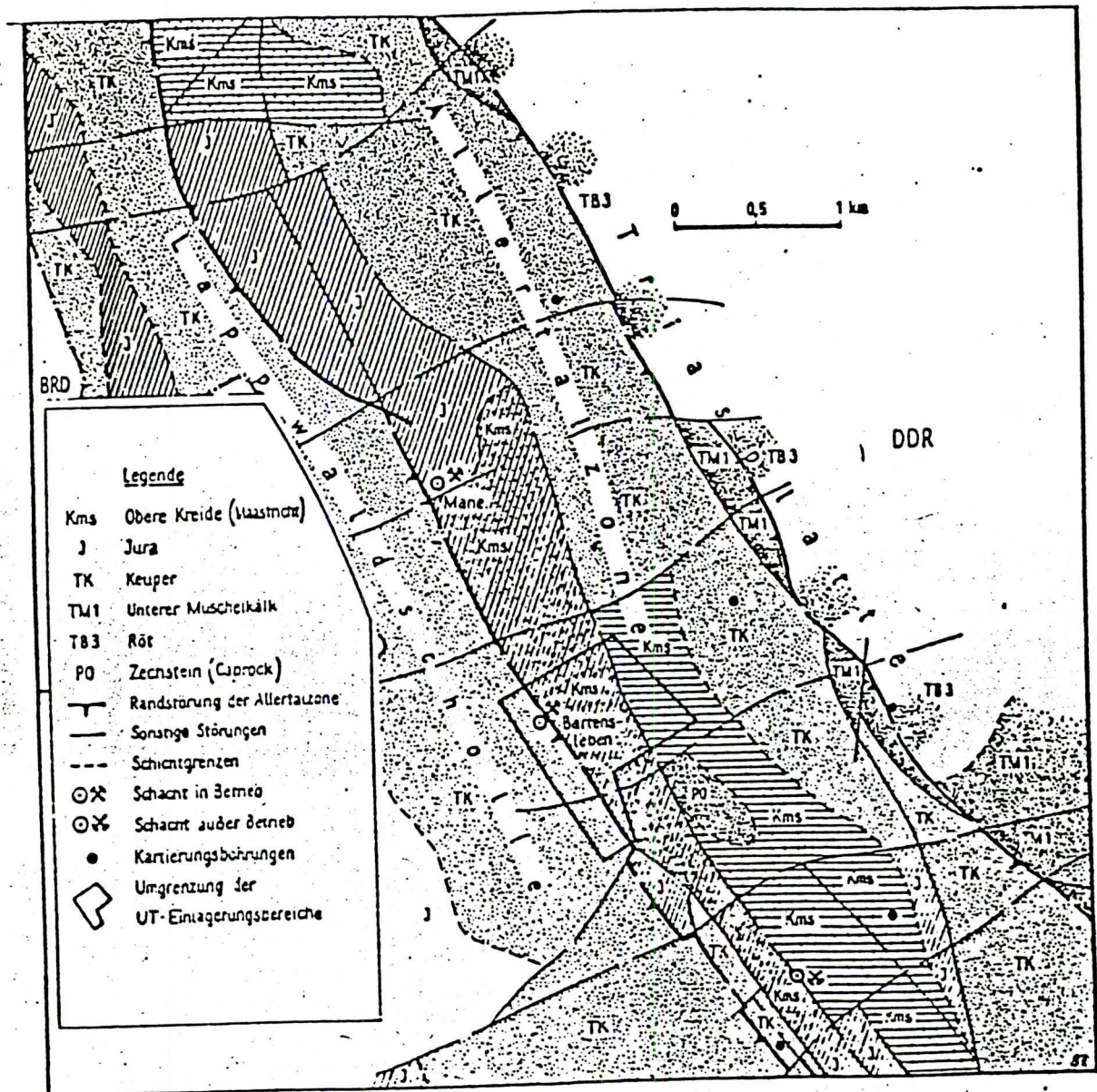


Abb. 8: Geologisch-tektonische Situation im Allertalbereich (Quartär abgedeckt)

Quelle: SAAS (1990)

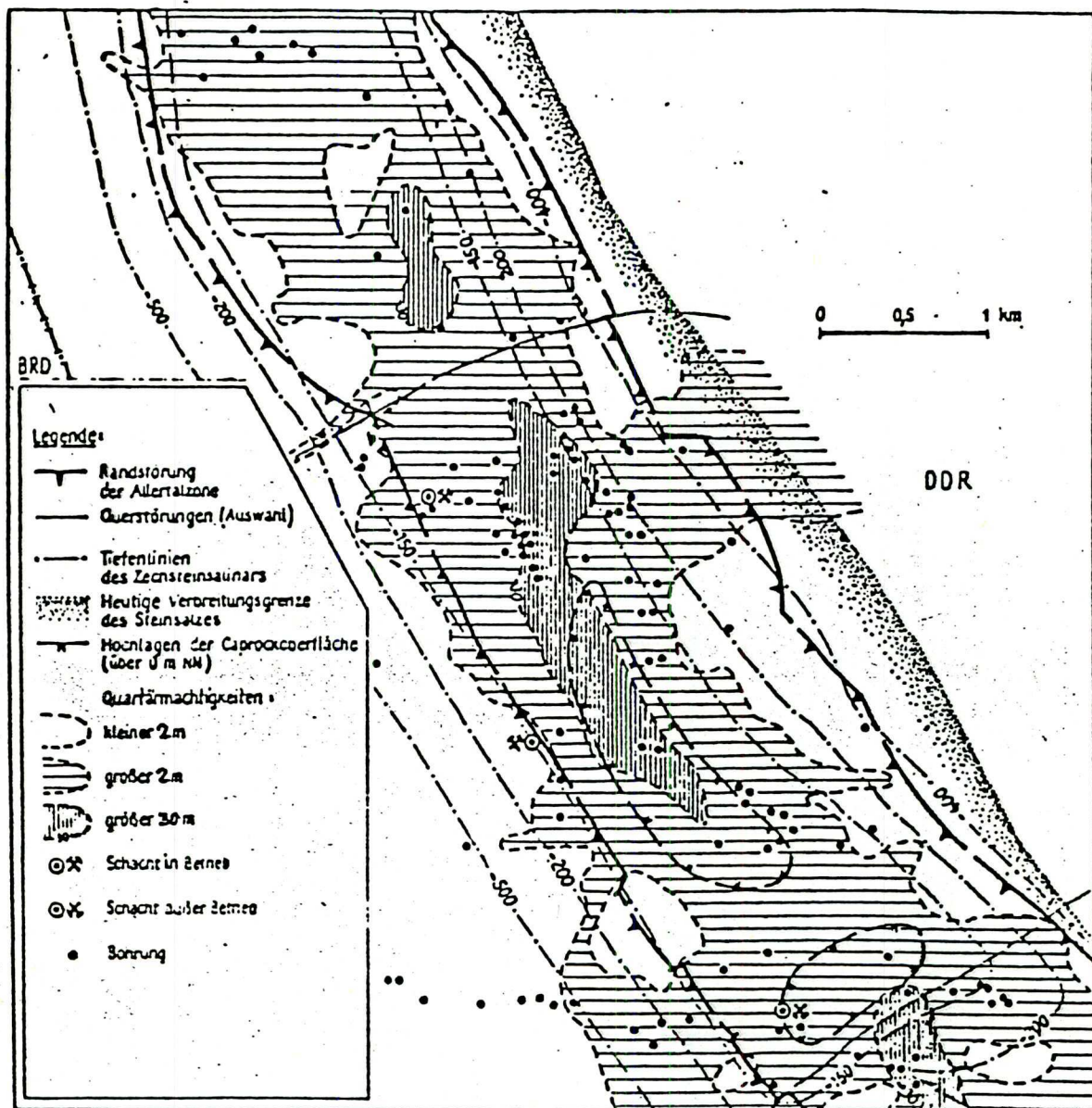
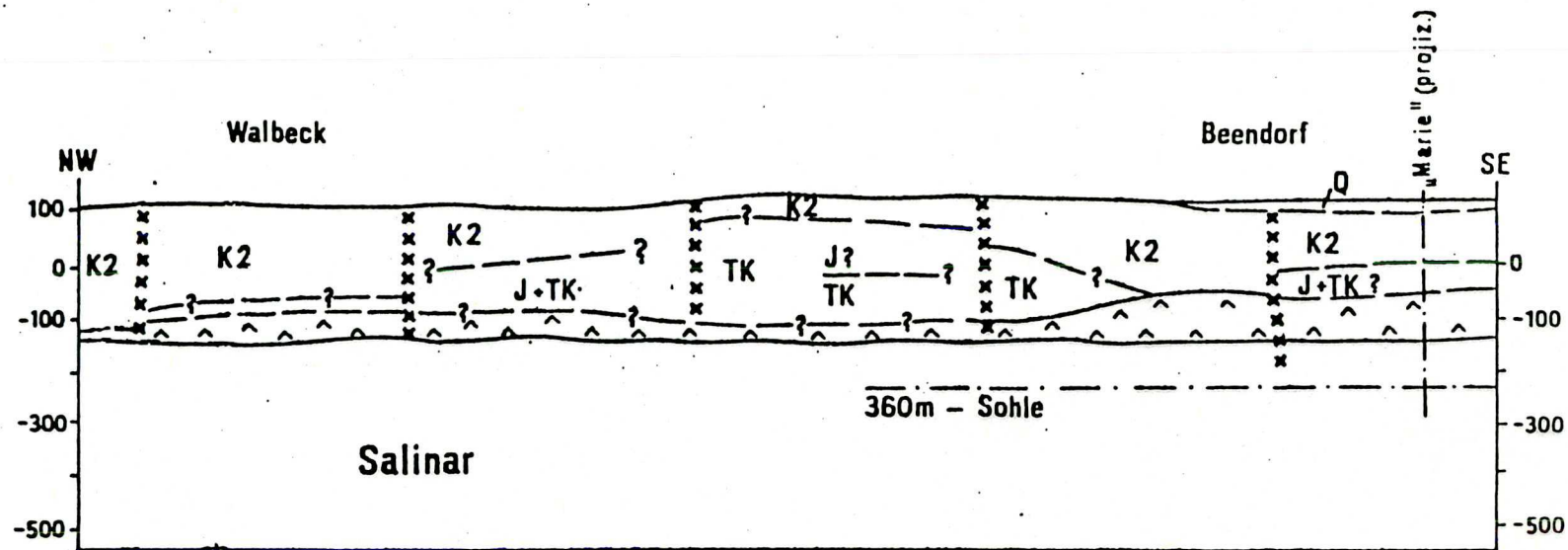


Abb. 9: Geologisch-tektonische Situation im Allertalbereich

Quelle: SAAS (1990)



Legende

Q Quartär
K2 Obere Kreide
J Jura
TK Keuper



Caprock



Störungszone

0 1 2 3 Km

Abb. 10: Geologischer Längsschnitt der Allertalzone im Bereich Walbeck-Beendorf

Quelle: SAAS (1990)

4.4. Zusammenfassende Bewertung der geologischen Barrieren

* Salzstock/Grubengebäude

Die in Zusammenhang mit der Schachtanlage Bartensleben-Marie sowie der Salzstruktur aufgezeigten Probleme und Fragen sowie die dargestellten ungünstigen Befunde sind nicht zuletzt Resultat eines Zielkonfliktes.

Dieser Zielkonflikt besteht darin, daß die Schachtanlage Bartensleben-Marie als Bergwerk zur Gewinnung von Salzen aufgefahren worden ist, wobei als Optimierungsziel die möglichst wirtschaftliche Salzgewinnung angestrebt wurde. Aspekte der Grubensicherheit (gegen Absaufen, Betriebsicherheit u.ä.) wurden dabei nur so weit berücksichtigt, daß eine ausreichend sichere und möglichst langfristige Salzgewinnung gewährleistet war.

Die Umwidmung der Schachtanlage in ein Endlager für radioaktive Abfälle führt dagegen zwangsläufig zu einer Änderung des Optimierungszieles, da jetzt nicht mehr die Gewinnung von Rohstoffen gefragt ist, sondern die möglichst (langfristig) sichere Endlagerung von Abfällen.

Dem Ziel der sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle stehen bei der Schachtanlage Bartensleben-Marie wegen ihrer Vorgeschichte als Gewinnungsanlage und daraus resultierender struktureller Mängel Hindernisse entgegen. Es sind dies:

- keine Auswahl der Salzformation bzw. des Standortes unter den speziellen geowissenschaftlichen Gesichtspunkten, die bei einem Endlager für radioaktive Abfälle beachtet werden müssen (die in SAAS 1990, S.23, genannten Auswahlkriterien, nach denen Bartensleben ausgewählt worden ist, geben keinen Hinweis auf besondere Berücksichtigung entsprechender Aspekte),
- Endlagerung in einem Grubengebäude, dessen Hohlraumgeometrie die oftmalige Durchfahrung als kritisch bekannter Gesteine (v.a. Hauptanhydrit) mit sich bringt,
- Endlagerung in einem Grubengebäude, in dem die durchfahrenen Hauptanhydritstränge zumindestens teilweise mit dem Salzspiegel in Verbindung stehen,

- Endlagerung in einem Grubengebäude, das über mehrere Strecken mit dem benachbarten Grubengebäude Marie in Verbindung steht,
- Endlagerung in einem Grubengebäude, in dem in bestimmten Teilen Schwachstellen hinsichtlich der Standsicherheit bekannt sind,
- Endlagerung in einem Grubengebäude, dessen Salzscheibe zu gering mächtig ist,
- Endlagerung in einer Salzstruktur, die einen sehr komplizierten Internbau aufweist (Kullissenfalten u.ä.),
- Endlagerung in einem Grubengebäude, bei dem für mindestens einen Lösungszutritt die Herkunft der Lösung aus dem Deckgebirge nicht ausgeschlossen werden kann; gleichzeitig liegt die Zutrittsstelle im Bereich sehr gering mächtiger Salzscheibe,
- Endlagerung in einem Grubengebäude, in das über beide Schächte Wasser aus dem Deckgebirge der Grube zuläuft,
- Endlagerung in einer als schlagwettergefährdet eingestuften Grube,
- Endlagerung in einer Salzstruktur, deren Deck- und Nebengebirge einen ausgesprochen komplizierten Aufbau besitzen.

Diese negativ zu bewertenden Befunde des Endlagers Morsleben bezüglich der geologischen Barriere Salzstock-Grubengebäude sind durch menschliche Eingriffe im Nachhinein überwiegend **nicht mehr zu ändern**. Sie sind auch weitgehend unabhängig von der Art des Endlagerbetriebes, so daß mögliche Änderungen der Betriebsführung (z.B. keine Einlagerung flüssiger Abfälle zusammen mit Braunkohleflugaschen) auf die (langfristige) Sicherheit keine positiven Auswirkungen haben können.

* Deckgebirge und Nebengebirge

Die über den Standort Morsleben vorliegenden Informationen erlauben keine abschließende Beurteilung des Deck- und Nebengebirges der Allertalzone. Allerdings gibt es Hinweise, wonach die Eignung des Standortes, soweit sie von den Eigenschaften des Deckgebirges und des Nebengebirges bestimmt wird, erheblich eingeschränkt ist. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Das Deckgebirge besteht als Folge von Salzaufstieg und Subrosion aus einzelnen Gesteinsschollen mit jeweils unterschiedlichem Aufbau, wechselnden Mächtigkeitsverhältnissen und teilweise komplizierten Lagebeziehungen. Die Schollen werden durch Verwerfungen voneinander getrennt. Diesem heterogenen Aufbau entsprechen komplizierte Verhältnisse im Hinblick auf die Wasserdurchlässigkeit in horizontaler und vertikaler Richtung. Für die Standortbewertung ist die Existenz wasserwegsamere Zonen zwischen Salzspiegel und oberflächennahem Grundwasser von besonderer Bedeutung.

Die Aller ist der Vorfluter für das in der Allertalzone selbst und den benachbarten Bereichen der Lappwaldscholle bzw. der Weferlinger Triasplatte neugebildete Grundwasser. Das Wasser strömt der Allertalzone und der Aller in verschiedenen Stockwerken zu. Das Grundwasser der Allertalzone weist eine hydrochemische Schichtung auf: Das oberflächennahe Grundwasser ist süß; es wird von versalztem tiefem Grundwasser unterschichtet.

In der Allertalzone herrschen verbreitet hydraulische Druckverhältnisse, die den Aufstieg von versalztem Wasser aus dem Bereich des Gipshutes und des Salzspiegels in oberflächennahe Grundwasserleiter zulassen. Lokal erhöhte Salzkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser der Allertalzone sowie die Zunahme der Salzfracht der Aller im Standortbereich belegen, daß ein solcher Aufstieg tatsächlich stattfindet. Dieselben Wegsamkeiten stünden für den Radionuklidtransport zur Verfügung.

Die gegenwärtige flächenhafte Subrosionsrate soll unter 0,05 mm/a liegen. Die engräumig variablen hydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse im Deckgebirge und Nebengebirge der Allertalzone legen nahe, auch für den Salzspiegelbereich ähnlich komplizierte Bedingungen anzunehmen. Besonderes Augenmerk ist daher auf etwaige Zonen vorausseilender (selektiver) Subrosion zu richten. Das gilt auch deswegen, weil die Salzscheibe über den höchsten Abbaukammern nur wenige Zehnermeter beträgt.

Zusammenfassend gilt, daß die ausgewerteten Unterlagen über das Deckgebirge und das Nebengebirge der Allertalzone am Standort Morsleben keine positive Eignungsaussage für den Standort erlauben. Vielmehr ist festzustellen, daß das hydraulische Regime in der Allertalzone und ihrer Nachbarschaft den Aufstieg von Radionukliden aus dem Salzspiegelbereich in oberflächennahes Grundwasser begünstigt. Dem steht allenfalls die geringe Wasserdurchlässigkeit einzelner Gesteinseinheiten des Deckgebirges, insbesondere des Gipshutes, entgegen. Nach den vorliegenden Befunden wird der Radionuklidtransport dadurch jedoch nicht verhindert, sondern lediglich auf bestimmte Zonen konzentriert.

5. Nachweis der Langzeitsicherheit

5.1. Vorgehensweise beim Nachweis der Langzeitsicherheit

* Schutzziele:

In der Bundesrepublik Deutschland gelten bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle folgende Schutzziele:

"Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Bergwerken soll dem Schutz von Mensch und Umwelt vor der Schädigung durch ionisierende Strahlung dieser Abfälle gewährleisten.... Nach der Beendigung der Betriebsphase muß das gesamte Endlager sicher gegen die Biosphäre abgeschlossen werden. Auch nach der Stilllegung dürfen Radionuklide, die als Folge von nicht völlig abschließbaren Transortvorgängen aus einem verschlossenen Endlager in die Biosphäre gelangen könnten, nicht zu Individualdosen führen, die die Werte des § 45 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) überschreiten" (RSK 1983).

Maßstab für die Eignungsbeurteilung von Endlagerstandorten sind also festgelegte höchstzulässige Individualdosen. Werden die in der StrlSchV festgelegten Dosisgrenzwerte bzw. die daraus abgeleiteten Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr (Anlage IV StrlSchV) unterschritten, dann gelten die Schutzziele nach § 1 Atomgesetz (AtG), nämlich Schutz von Leben, Gesundheit und Sachgütern vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen, als grundsätzlich eingehalten.

Die Anwendung eines solchen wirkungsbezogenen Maßstabes bei der Beurteilung der Langzeitsicherheit von Endlagern (und damit der geologischen Barrieren) ist nicht unproblematisch, unter anderem deswegen, weil der Maßstab vom (z.B. radiotoxikologischen) Erkenntniszuwachs abhängig ist.

Sinnvollerweise sollten die natürlichen Barrieren eines Endlagers mit von der Wirkung der Radionuklide unabhängigen geowissenschaftlichen Maßstäben und Parametern beurteilt werden. Diese Maßstäbe für die Leistungsfähigkeit der geologischen Barrieren müssen aus ihrer Funktion abgeleitet werden, die darin besteht, den Transport von Radionukliden aus dem Endlager zu verhindern bzw. so zu behindern, daß die Schutzgüter sicher nicht beeinträchtigt werden.

Eine solche geowissenschaftliche Beurteilungsgröße für die Funktionstüchtigkeit geologischer Barrieren könnte die Laufzeit des Grundwassers zwischen dem Endlager und der Biosphäre bzw. oberflächennahem Grundwasser sein. Diese Größe müßte wiederum am erforderlichen Isolationszeitraum der eingelagerten Abfälle gemessen werden (näheres hierzu in GRUPPE ÖKOLOGIE 1989).

Unabhängig von der Art des gewählten Beurteilungsmaßstabes sind einige unverzichtbare methodische Grundanforderungen an den (Langzeit-)Eignungsnachweis von Endlagern zu stellen (GRUPPE ÖKOLOGIE 1989):

- das Beurteilungsverfahren muß Ergebnisse liefern, die zuverlässig am angewendeten Maßstab gemessen werden können,
- der Bedarf an repräsentativen Informationen über das geologische System und die Randbedingungen des Radionuklidtransports, die für die Beurteilung erforderlich sind, muß gedeckt werden können,
- Modellannahmen zum Aufbau des geologischen Systems und zu den Randbedingungen des Radionuklidtransports müssen überprüfbar sein, und eingesetzte Rechenmodelle müssen geeicht werden können,
- sofern Rechencodes eingesetzt werden, müssen sie geeicht und die Ergebnisse verifiziert werden können,
- künftige Veränderungen des gegenwärtigen Zustands des geologischen Systems und der Randbedingungen des Radionuklidtransports müssen innerhalb des erforderlichen Isolationszeitraumes berücksichtigt werden können.

*** Kriterien:**

Eine Möglichkeit der Standortauswahl und -bewertung besteht in der Anwendung von Eignungskriterien. Bevor in der Bundesrepublik die Sicherheitsanalyse als alleinige Methode zum Führen des Langzeiteignungsnachweises in den sogenannten Sicherheitskriterien der RSK (1983) festgeschrieben wurde, spielten solche Kriterien bei der Diskussion über Endlagerstandorten eine wichtige Rolle. Unter Kriterien sollen konkrete Anforderungen an die geologischen Barrieren verstanden werden, mit deren Hilfe die vorgegebenen Schutzziele erreicht werden sollen.

So waren von der Niedersächsischen Landesregierung bei der Auswahl des Endlagerstandortes (Salzstock) Gorleben angeblich folgende Sicherheitskriterien angewendet worden (HART-KOPF 1979):

- (1.) "Der Salzstock sollte durch frühere Bohrungen oder bergmännische Aktivitäten möglichst unberührt sein, um unkontrollierte Eingriffe in das System Salzstock zu vermeiden".
- (2.) "Der Salzstock sollte eine für die Aufnahme radioaktiver Abfälle ausreichende Größe besitzen, die außerdem das Vorkommen mächtiger, reiner Steinsalzpartien wahrscheinlich erscheinen läßt. Große Partien reinen Steinsalzes werden als Voraussetzung für die Einlagerung wärmeentwickelnder Abfälle angesehen".
- (3.) "Die Salzstockoberfläche sollte nicht mehr als 400 m unter Gelände liegen und nicht zu hoch in die oberflächennahen Grundwasserhorizonte reichen".
- (4.) "Die engere Standortregion sollte keine nutzbaren Lagerstätten (einschließlich Grundwasserreserven) enthalten".

In den Niederlanden sind Ende der Siebziger und Anfang der Achtziger Jahre sehr viel konkretere Kriterien diskutiert worden, u.a. beispielsweise (RGD 1980):

- (a) Der Salzspiegel des Salzstocks muß unterhalb der in den hydrologischen Kreislauf einbezogenen Zone liegen.
- (b) Der Salzstock muß von einem undurchlässigen Gipshut (bevorzugt aus Anhydrit statt Gips) bedeckt sein.
- (c) Der Salzstock muß vom wasserführenden Deckgebirge durch eine Schicht aus Ton bzw. sandigem Ton getrennt werden.

Zwar sind diese Kriterien für die Suche und Beurteilung von Standorten für die Endlagerung (auch) wärmeproduzierender hochaktiver Abfälle in Steinsalz aufgestellt worden; mit Ausnahme der sich aus der Wärmeentwicklung hochaktiver Abfälle ergebenden Anforderungen (2. Kriterium) gelten sie jedoch uneingeschränkt auch für die Endlagerung schwach- und mittelaktiver Abfälle.

Aus den Ausführungen in den Kap. 4.1. bis 4.3. wird deutlich, daß von den genannten Kriterien am Standort Morsleben lediglich das 2. Kriterium erfüllt sein kann. Bei allen übrigen Kriterien bestehen zumindest gravierende Zweifel, ob sie ihrem Sinn nach erfüllt sind (3. Kriterium). Konsequenterweise folgt daraus, daß der Standort Morsleben von Anfang nicht in die engere Wahl für die Endlagerung radioaktiver Abfälle hätte kommen dürfen, wenn bei der Standort-suche Sicherheitskriterien im Vordergrund gestanden hätten.

*** Sicherheitsanalyse:**

Der Langzeitsicherheitsnachweis für das Endlager Morsleben ist – ähnlich wie für andere Endlagerprojekte in der Bundesrepublik Deutschland – mit Hilfe einer deterministischen Sicherheitsanalyse geführt worden. Dabei entsprechen die Schutzziele in der ehemaligen DDR in allgemeiner Form (keine inakzeptablen Folgen durch die Endlagerung radioaktiver Abfälle für Menschen, s. SB I, Kap. 2, S.41) denen der Bundesrepublik. Als Grenzwert der Individualdosis für die Endlagerung wird jedoch nicht derjenige aus der ehemaligen DDR-Strahlenschutzverordnung herangezogen (vgl. Tab. 5, Kap. 3.4.2.), sondern einer Empfehlung der Internationalen Strahlenschutzkommission gefolgt und 0,1 mSv/a effektive Dosis zugrunde gelegt (ICRP 1985).

Der beim Langzeitsicherheitsnachweis für das Endlager Morsleben zu berücksichtigende Betrachtungszeitraum ergibt sich nach SB (I, Kap. 2, S.50) aus der eingelagerten Aktivität und dem Abklingverhalten der endgelagerten Abfälle. Gleichzeitig wird der abschätzbare Betrachtungszeitraum, für den der Zustand der geologischen Barrieren noch ausreichend genau prognostiziert werden kann, auf rund 10.000 Jahre beschränkt. Da das Gefährdungspotential langlebiger Radionuklide den Prognosezeitraum um Größenordnungen überschreiten kann, werden verkürzte sogenannte "realistische Betrachtungszeiträume" abgeleitet (SB, I, Kap. 2, S.63). Die Ableitung geschieht durch Berücksichtigung gefährdungsreduzierender Prozesse bei Mobilisierung und Transport der Radionuklide (z.B. Verdünnung der Radionuklide, Verringerung der Transportgeschwindigkeit durch Sorption).

Auf die mit dieser Vorgehensweise verbundene Problematik (z.B. Bestimmung belastbarer und repräsentativer standortspezifischer Sorptionswerte) soll hier nicht weiter eingegangen werden. Gleiches gilt für die Probleme, die mit dem auf ca. 10^4 Jahre reduzierten Prognosezeitraum zusammenhängen. Diesbezügliche Fragen werden ausführlich in GRUPPE ÖKOLOGIE (1989) behandelt.

Da in den folgenden Unterkapiteln die für das Endlager Morsleben durchgeführte (Langzeit-)Sicherheitsanalyse etwas näher betrachtet werden muß, sollen hier die wesentlichen Schritte dieser Methode – losgelöst von den mit ihr verbundenen grundsätzlichen methodischen Problemen (s. dazu GRUPPE ÖKOLOGIE 1989) – kurz vorgestellt werden.

Die Sicherheitsanalyse für die Nachbetriebsphase des Endlagers geht von der Erkenntnis aus, daß Radionuklide langfristig nur durch das Transportmittel Grundwasser bzw. Lauge aus dem Endlager in die Biosphäre gelangen können. Bei der Sicherheitsanalyse können folgende vier aufeinanderfolgende Schritte unterschieden werden:

- (1) Identifizierung eines abdeckenden Störfalls (s. Kap. 5.2.),
- (2) Mobilisierung und Ausbreitung der Radionuklide in Grubengebäude und Salzstock (s. Kap. 5.2.),
- (3) Ausbreitung der Radionuklide in Deck- bzw. Nebengebirge der Salzformation (s. Kap. 5.3.),
- (4) Ausbreitung der Radionuklide in der Biosphäre (s. Kap. 5.4.).

Alle Mobilisierungs-, Transport- und Anreicherungs Vorgänge werden dabei in Form mathematischer Modelle dargestellt (simuliert). Ziel ist es, die zeitabhängige räumliche Konzentrationsverteilung der mit dem Grundwasser bzw. der Lauge aus dem Endlager freigesetzten Radionuklide in der Litho- und Biosphäre zu berechnen. Daraus läßt sich schließlich die individuelle Strahlenbelastung der Menschen berechnen, die irgendwann in der Zukunft mit den in die Biosphäre freigesetzten Radionukliden in Kontakt kommen. Das Ergebnis der gesamten Sicherheitsanalyse besteht letztendlich in Zahlenwerten, die die weit in der Zukunft liegende individuelle Strahlenbelastung angeben. Liegt der Wert der errechneten Strahlenbelastung unter den Grenzwerten, dann gilt die Langzeitsicherheit des Endlagers als nachgewiesen. Beim Endlager Morsleben wird der Transport dreier Leitnuklide (Co 60, Cs 137, Pu 239) von ihrem Einlagerungsort bis in die Biosphäre berechnet. Grundlage ist das prognostizierte Inventar dieser Radionuklide im Endlager im Jahre 2030.

5.2. Ausbreitung von Radionukliden im Grubengebäude

* Ausgangsszenario:

Jede Sicherheitsanalyse für die Nachbetriebsphase eines Endlagers hat als Ausgangspunkt die Identifizierung möglicher Störfälle (Szenarien), durch die das Transportmittel Wasser bzw. Lauge in das Endlager eindringen kann und in Kontakt mit den Abfällen kommt. Von diesen Störfällen ist dann derjenige weiter zu betrachten, der zu der größten Radionuklidfreisetzung führt (abdeckender Störfall). Beim geplanten Endlager im Salzstock Gorleben wird z.B. ein Absaufen des mit Abfällen gefüllten und "versiegelten" Endlagerbergwerks zu Beginn der Nachbetriebsphase über den Hauptanhydrit als solch abdeckender Störfall angesehen (PSE16 1985, S.5).

Die beim Endlager Morsleben durchgeführte und in SB (1990) beschriebene Sicherheitsanalyse beruht nicht auf der Annahme eines Störfalles, durch den die Hohlräume im Endlager mit Lauge gefüllt werden. Vielmehr wird eine gezielte Flutung des Grubengebäudes mit Salzlösungen am Ende der Betriebsphase den weiteren Betrachtungen als Ausgangsszenario zugrunde gelegt (SB, III, Teil 1, S.13). Dieses Szenario soll nach SB (III, Teil 2, S.144) gegenüber anderen Szenarien als konservativ gelten, d.h. in seinen Auswirkungen eher zu einer größeren als der tatsächlich zu erwartenden Strahlenbelastung führen.

Das beim Endlager Morsleben gewählte Ausgangsszenario ist aus zwei Gründen als völlig unzureichend zurückzuweisen:

(1.) Das Verfüllen (= Versetzen) der nach Einlagerung der Abfälle verbleibenden Resthohlräume im Endlager mit Lauge stellt den allgemein anerkannten Grundsatz der angestrebten Isolierung der Abfälle vom Transportmittel Lauge bzw. Wasser auf den Kopf. Das Transportmittel für Radionuklide wird bei diesem Szenario absichtlich in das Endlager eingebracht. Geradezu abenteuerlich ist die in SB (III, Teil 2, S.139) geäußerte Vorstellung, bei dem gewählten Szenario sei durch technische Maßnahmen (Dämme, Pfropfen) die Festlegung einer definierten Örtlichkeit zum Druckausgleich möglich. Abgesehen von der Fragwürdigkeit ihrer Realisierung wird durch diese Konzeption die grundlegende Bestimmung eines Endlagers, nämlich die kontroll- und wartungsfreie Isolation von Schadstoffen, geradezu auf den Kopf gestellt.

(2.) Die Auswahl des Szenarios "gezielte Flutung des Endlagers" ist aus einer Gruppe anderer Szenarien (z.B. Auswirkungen eines zukünftigen Bergbaus, Meteoriteneinschlag), die zu einer Freisetzung von Radionukliden aus dem Endlager führen können, ausgewählt worden. Die

Gründe für die Auswahl des Ausgangsszenariums werden im einzelnen aus den Ausführungen in SB (1990) nicht klar erkennbar. Erkennbar ist allerdings, daß ein unkontrolliertes Absaufen des Endlagers in seinen Auswirkungen auf die Stabilität des Grubengebäudes und die Radionuklidfreisetzung nicht bewertbar sein sollen (SB, III, Teil 1, S.13). Gleichzeitig wird an anderer Stelle ein unkontrolliertes Absaufen von vorne herein ausgeschlossen (SB, II, Kap. 5, S. 73 f)

Die Unklarheiten bei der Szenarienauswahl sind nicht verständlich, da die tatsächlichen Verhältnisse im Bereich der Barriere Salzstock-Grubengebäude sehr wohl Hinweise auf begründete Szenarien liefern. So ist bekannt (vgl. Kap. 4.2.2.), daß der Hauptanhydrit im Grubengebäude aufgeschlossen ist und Kontakt mit dem Salzspiegel hat. Es sind weiterhin gebirgsmechanische Schwachstellen im Grubengebäude bekannt und auch, daß die Salzscheibe zum Salzspiegel hin an einigen Stellen extrem geringmächtig ist. Gleichzeitig ist bekannt, daß Gebirgsbewegungen und -verformungen ablaufen, die zu einer Öffnung von Wasserwegsamkeiten (abgesehen von den sowieso undichten Schächten) führen können. Vor diesem Hintergrund wäre es naheliegend - und mit den tatsächlichen Befunden der Barriere Salzstock-Schachthanlage in Einklang zu bringen - ,ein Störfallszenario auszuwählen, das in einem unkontrollierten Wasser- bzw. Lau- genzufluß mit anschließendem Ersaufen des Endlagers besteht. Hierbei sind dann auch mögliche Lösungserscheinungen im Grubengebäude und daraus resultierend eine verringerte gebirgsmechanische Stabilität zu berücksichtigen.

Die Auswirkungen eines solchen Szenarios sind gegenüber der kontrollierten Flutung mit großer Wahrscheinlichkeit schwerwiegender. Das gewählte Ausgangsszenario ist deshalb auch in keiner Weise die aus "sicherheitstechnischer Sicht konservativste Annahme bezüglich einer möglichen Radionuklidausbreitung", wie im SB (IV, Kap. 7, S. 3) behauptet wird. Die kurzen Hinweise und Behauptungen im SB (II, Kap. 5, S.73f), ein Absaufen der Grube in der Betriebsphase sei äußerst unwahrscheinlich und durch ingenieurtechnische Maßnahmen beherrschbar, genügen nicht, ein entsprechendes Szenario auszuschließen.

Es ist somit festzustellen, daß bereits der Anfangsschritt der Langzeit-Sicherheitsbetrachtung, nämlich die Auswahl des Störfallszenarios (hier genauer: Verwahrszenarios) weder anerkannten Grundsätzen der Endlagerung entspricht, noch die standortspezifischen Gegebenheiten des Systems Salzstock-Grubengebäude berücksichtigt. Allein daraus ergibt sich zwangsweise, daß die errechneten Ergebnisse der Sicherheitsanalyse keinerlei realen Bezug bzw. nicht die notwendige Aussagekraft besitzen können.

Unabhängig von dieser Erkenntnis sollen dennoch die auf dem Ausgangsszenario basierenden weiteren Überlegungen zur Ausbreitung der Radionuklide kurz betrachtet werden. Dies ge-

schieht in der Absicht, unabhängig vom unzureichenden Ausgangsszenario problematische Aspekte zu identifizieren. Auch dadurch kann eine Aussage darüber getroffen werden, welche Aussagekraft der in der Langzeitsicherheitsanalyse ermittelten zukünftigen Strahlenexposition des Menschen zukommt.

*** Ausbreitung von Radionukliden im Grubengebäude:**

Nachdem der gesamte verbleibende Hohlraum der Schachanlage Bartensleben-Marie mit Lauge gefüllt ist (Dauer laut SB (1990): 50 Jahre), beginnt die Mobilisierung der Radionuklide aus den Abfällen und schließlich ihr Transport durch das Grubengebäude in Richtung des Ortes (bzw. der Orte), an dem (denen) die mit Radionukliden beladene Lauge in das Deck- oder Nebengebirge des Salzstocks übertritt.

Die Antriebskräfte für die Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude beruhen auf der Diffusion sowie vor allem auf der Konvektion (freie Konvektion durch Temperatur- und Dichteunterschiede, erzwungene Konvektion durch Konvergenz der Hohlräume oder Durchströmung des Grubengebäudes)¹⁾.

Bei diesen Antriebsmechanismen wird bereits im SB (III, Teil 1, S.15f) eine Einengung vorgenommen, die mit dem gewählten Ausgangsszenario begründet wird. Und zwar werden konvektive Ausbreitungsmechanismen, die durch Bruchvorgänge als Folge geomechanisch instabiler Verhältnisse in der Grube induziert werden, ausgeschlossen. Gleiches gilt für eine konvektive Durchströmung des Grubengebäudes, die durch Verbindungen zwischen Endlager und grundwasserführenden Gesteinsschichten des Deckgebirges ermöglicht werden können. Betrachtet werden somit neben Diffusionsvorgängen nur noch die freie Konvektion und die durch Hohlraumkonvergenz erzwungene Konvektion. Ebenfalls nicht betrachtet worden ist ein möglicher Transportmechanismus, bei dem die im Endlager u.U. gebildeten Gase (Radiolysegase, Gase aus der chemischen Umsetzung von Abfällen) als Antrieb fungieren (SB, IV, Kap. 7, S.10).

Als Eintrittsorte der mobilisierten Radionuklide aus dem Grubengebäude bzw. dem Salzstock ins Deckgebirge sind festgelegt worden (SB, III, Teil 2, S.140/143):

¹⁾Auf die z.T. umfangreichen Ausführungen im SB (1990) zur Mobilisierung der Radionuklide aus den Abfällen soll hier nicht weiter eingegangen werden.

- Eintritt der Radionuklide in einen höher gelegenen Grundwasserleiter am oberen Ende des unverfüllten Schachtes,
- Übertritt über den Schacht im Bereich einer zukünftigen Wasserbohrung im Deckgebirge.

Sonstige mögliche Übergangsbereiche (z.B. Lager H bei Schacht Marie mit geringmächtiger Salzscheibe, verfüllter Schacht) werden zwar in SB (1990) erwähnt, die Ausbreitung von Radionukliden im Bereich dieser Orte ins Deckgebirge wird jedoch nicht weiter betrachtet, da die entsprechende Methodik noch in der Entwicklung sei und keine standortspezifischen Ergebnisse vorliegen sollen (SB, III, Teil 2, S.143).

Bei der Festlegung der Übertrittsorte in das Deckgebirge erstaunt, daß ein naheliegender Ausbreitungspfad nicht berücksichtigt wird: die Ausbreitung über den Hauptanhydrit. Dies umso mehr, da in SB (III, Teil 1, S.17) festgestellt wird, daß nur die Szenarien relevant sind, bei denen Verbindungen zwischen Grubengebäude und Grundwasserleitern des Deckgebirges als Freisetzungs- und Ausbreitungspfade bereits vorhanden sind. Wie in Kap. 4.2.2. bereits festgestellt wurde, stellt der Hauptanhydrit eine solche Verbindung dar.

Die Aussage in SB (III, Teil 2, S.123), durch Ablaugung werde sich innerhalb von 10^4 Jahren keine natürlich bedingte Kontaktzone zwischen dem Endlager und dem Deckgebirge aufbauen, ist vor diesem Hintergrund ebenfalls irreführend. Es kann nur nochmals darauf hingewiesen werden, daß auch ohne weitere Ablaugung der Salzstockoberfläche bereits über den Hauptanhydrit eine potentielle Wegsamkeit zwischen Deckgebirge und Endlagerbergwerk besteht. Über diese Wegsamkeit kann das Endlager absaufen, es können nach diesem Ereignis aber auch Radionuklide über diesen Weg ins Deckgebirge freigesetzt werden. Betrachtet man den Hauptanhydrit als potentielle Austrittswegsamkeit, dann können auch räumlich anders gelagerte Übergangsorte für kontaminierte Laugen ins Deckgebirge identifiziert werden.

Die Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude selbst wird mit Hilfe einer L-förmigen Strecke-Schacht-Geometrie simuliert. Dabei hat die Strecke eine Länge von 700 m, wobei an einem Ende der Strecke sich die Radionuklidquellen befinden, am anderen Ende der Strecke der Schacht mit einer Höhe von 500 m.

Es ist offensichtlich, daß ein solch idealisiertes und extrem vereinfachtes Modell des Grubengebäudes den tatsächlichen Verhältnissen, die durch eine ausgesprochen komplizierte Hohlraumgeometrie gekennzeichnet sind, nicht gerecht wird. Gleichzeitig wird in SB (III, Teil 1, S.121) darauf hingewiesen, daß die Rechenergebnisse außerordentlich sensibel auf Änderungen der geometrischen Annahmen reagieren. Die errechneten Ergebnisse des Radionuklidtransports im

Grubengebäude können deshalb – die Eignung des benutzten Programmsystems KASOMO einmal vorausgesetzt – auch nur für diese der Realität des Grubengebäudes nicht entsprechenden Hohlraumkonfiguration gelten. Aussagen über die tatsächlich zu erwartende Radionuklidenausbreitung sind so sicherlich nicht zu gewinnen.

Diese Einschätzung wird auch dadurch gestützt, daß der Antriebsmechanismus Hohlraumkonvergenz in den Rechnungen nur stark vereinfacht berücksichtigt wurde (offensichtlich Ansatz einer konstanten maximalen Konvergenzrate von $K = 10^{-4} \text{ a}^{-1}$ bzw. einer mittleren Konvergenzrate von $K = 3,75 \cdot 10^{-4} \text{ a}^{-1}$ bei laugenerfülltem Grubengebäude). Dabei ist bekannt, daß die Konvergenzrate nicht konstant ist und ihrerseits von vielfältigen Einflußgrößen (z.B. Temperatur, Teufe, Durchbauungsgrad, Gesteinsart) abhängt. Im übrigen wird im SB (IV, Kap. 7, S.19) selbst eingestanden, daß der benutzte Konvergenzansatz – dem grundlegende Bedeutung als "stoffübertragendem Prozeß" zugesprochen wird – bisher nur auf Ansätzen beruht, die noch zu spezifizieren und experimentell zu stützen sind.

Die möglichen zukünftigen Abläufe im kontrolliert mit Lauge versetzten Endlager sind aus den genannten Gründen nicht zutreffend beschrieben, und das Ergebnis der Berechnung der Radionuklidenausbreitung im Grubengebäude (freigesetzte Radionuklide erreichen den Schacht nach 5 bis 10 Jahren, Anfangsvolumenstrom ca. 12 m^3 pro Tag, vgl. SB, III, Teil 2, S.141) gilt deshalb auch nur für genau die Voraussetzungen, die den Berechnungen zugrunde liegen. Dadurch wird die Aussagekraft der weiteren Radionuklidenausbreitung im Deckgebirge (s. Kap. 5.3.) und in der Biosphäre (s. Kap. 5.4.) gravierend beeinträchtigt.

Diese Einschätzung wird nicht davon berührt, daß bei den Vorgängen, für deren Abschätzung keinerlei oder keine gesicherten Daten vorliegen, eine sogenannte konservative Vorgehensweise (Annahme von Sachverhalten, die im Ergebnis zu einer eher höheren als der tatsächlichen Strahlenbelastung führen) gewählt worden ist. Zu diesen sogenannten konservativen Annahmen bei der Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude gehören laut SB (1990):

- das Ausgangsszenario,
- die sofortige Mobilisierung von Radionukliden bei Kontakt mit Lauge (SB, III, Teil 2, S.214),
- keine Berücksichtigung von Dammbauwerken (SB, III, Teil 2, S.212).

Abgesehen von der grundsätzlichen Problematik konservativer Annahmen, nämlich der Unklarheit darüber, ob getroffene Annahmen in jedem Fall tatsächlich konservativ sind, ist festzustel-

len, daß die in SB (1990) getroffenen Annahmen nicht in jedem Fall konservativ sind bzw. Konservativität nicht nachgewiesen ist.

Dies gilt in jedem Fall für das Ausgangsszenario. Die Annahme einer sofortigen Mobilisierung der Radionuklide bei Kontakt mit Lauge ist nur konservativ für Radionuklide mit kurzer Halbwertszeit. Bei längerlebigen Radionukliden spielt es für das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung keine Rolle, ob ihre Mobilisierung direkt oder erst nach einigen Jahren geschieht. Für längerlebige Radionuklide ist die getroffene Annahme mit Blick auf das Ergebnis der Berechnungen somit nicht als konservativ, sondern als realistisch einzuschätzen.

Die Nichtberücksichtigung von Dammbauwerken, die die Zuwanderung von Lauge zu den Abfällen oder die Ausbreitung von Radionukliden mit der Lauge verzögern können, ist in jedem Fall eine Annahme, die sicher nicht zu einer Unterschätzung der Auswirkungen führt. Unabhängig von dem Problem der längerfristigen Wirksamkeit solcher Dämme sind dem SB (1990) allerdings keine Hinweise zu entnehmen, an welchen Orten des real ja bereits existierenden Grubengebäudes solche Dämme vorgesehen sind. Eine standortbezogene technische Konzeption fehlt, wobei laut SB (IV, Kap. 7, S. 21) mit Blick auf die "ausgewiesene hohe Sicherheit die Begründung für deren Erfordernis" fehlt. Dies kann doch nur bedeuten, daß bei den Ausbreitungsrechnungen "Konservativitäts-Kredit" durch die Nichtberücksichtigung von Dämmen genommen wird, andererseits aber genau diese Dämme wegen der (angeblich) hohen Sicherheit als nicht erforderlich angesehen werden. Solange für die Ausbreitungsrechnung im Grubengebäude eine extrem vereinfachte Hohlraumgeometrie benutzt wird, ist der Hinweis auf die durch die Nichtberücksichtigung entsprechender Dämme gegebene Konservativität der Rechnungen lediglich eine Gedankenspielerlei.

Insgesamt ist für die Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude bzw. Salzstock festzustellen, daß

- das Ausgangsszenario indiskutabel (und in keiner Weise konservativ) ist,
- die Vorstellungen bezüglich Ausbreitungswege und Übertrittsorte ins Deck- bzw. Nebengebirge unvollständig sind,
- die Ausbreitungsrechnungen mit einer den tatsächlichen Verhältnissen in keiner Weise angemessenen extrem vereinfachten Strecke-Schacht-Geometrie durchgeführt wurden,
- der gewählte Ansatz wichtiger Einflußgrößen auf das Rechenergebnis (z.B. Konvergenz) zumindestens fraglich ist,
- der mögliche Antriebsmechanismus "Gas" nicht betrachtet worden ist.

Dies führt insgesamt dazu, daß mögliche Ereignisabläufe im System Salzstock-Endlager völlig unzureichend beschrieben werden. Entsprechend sind auch die Ergebnisse der durchgeführten Ausbreitungsrechnungen nur gültig für die ihnen vorgegebenen Randbedingungen. Ein Übereinstimmen der Ergebnisse mit einer möglichen zukünftigen Realität wäre rein zufälliger Natur.

5.3. Radionuklidausbreitung im Deckgebirge

Die dem Nachweis der Langzeitsicherheit von Endlagern für radioaktive Abfälle generell entgegenstehenden methodischen Schwierigkeiten (s. 5.1.) treffen auch für den Standort Morsleben zu. Die in SB (1990) behandelten Einzelaspekte zur Frage der Langzeitsicherheit des Endlagers, soweit sie das Deckgebirge in der Allertalzone betreffen, können hier nur teilweise, und zwar beschränkt auf ausgewählte Aspekte der Modellrechnungen zum Radionuklidtransport im Deckgebirge (insbesondere SB III, Teil 2, Kap. 6.7.3.), behandelt werden. Danach ist die Aussagekraft der Ergebnisse der durchgeführten Modellrechnungen wegen gravierender Mängel, die einerseits das betrachtete Referenzszenario und andererseits die Repräsentativität der in die Modellrechnungen eingeflossenen Daten betreffen, erheblich eingeschränkt. Wieweit die eingesetzten Rechencodes und ihr Einsatz den Anforderungen genügen, wird nicht betrachtet.

Die Modellierung des Radionuklidtransportes im Deckgebirge ist auf die Gesteinseinheiten oberhalb des Gipshutes beschränkt. Es wird das Szenario "flüssige Verwahrung der Abfälle" zugrundegelegt: Durch Konvergenz aus dem Grubengebäude ausgepreßte Lauge träte danach über die Schächte Bartensleben und/oder Marie direkt in das oberflächennahe Grundwasser ein. Weitere Randbedingungen bestehen darin, daß dieses Grundwasser im Wasserwerk Beendorf als Trinkwasser gewonnen wird (3000 m³ pro Tag) bzw. der Aller zuströmt, deren Wasser genutzt wird. Es ergeben sich drei Modellfließwege (SB: "Stromröhren") für kontaminiertes Grundwasser mit den in Klammern angegebenen Längen und Laufzeiten (SB III, Teil 2, S. 153):

1. Schacht Marie – Aller (1200 m, 11 Jahre),
2. Schacht Marie – Wasserwerk Beendorf (500 m, 217 Tage),
3. Schacht Bartensleben – Aller (1320 m, 12,8 Jahre).

Nach SB (III, Teil 2) soll es sich um ein konservatives Szenario handeln. Die Annahme des Eintritts von kontaminierter Lauge in den oberen Abschnitt des Deckgebirges führe wegen der kurzen Transportwege zur Überschätzung der resultierenden Radionuklidkonzentrationen im genutzten Grundwasser oder Oberflächenwasser und der aus deren Nutzung folgenden Strahlenbelastungen. Diese Aussage kann für den Fließweg Schacht Marie – Wasserwerk Beendorf zutreffen.

Allerdings muß die Realitätsnähe des gewählten Szenarios anzweifelt werden: Ihm steht ein andernorts (SAAS 1990, Abb. C-9; SB III, Teil 2, S. 144) beschriebenes Szenario gegenüber, wonach die Schächte und einige Streckenabschnitte nach Betriebsschluß teilweise verfüllt werden sollen. In diesem Fall könnte Lauge auch über Schwachstellen im Hauptanhydrit am Salzspiegel

in das Deckgebirge gelangen. Aus den hydraulischen und hydrochemischen Befunden aus der Umgebung des Standortes ist zu schließen, daß radionuklidbelastetes Grundwasser aus dem Salzspiegelbereich in Oberflächennähe aufsteigen würde (s. 4.3.). Die beteiligten Laugemengen dürften zwar kleiner sein als im Referenzszenario, jedoch muß mit steilen Aufstiegsbahnen für das tiefe Grundwasser und damit kurzen Transportwegen und -zeiten sowie hohen Radionuklidkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser gerechnet werden.

Bemerkenswerterweise wird der Fließweg Schacht Marie – Wasserwerk Beendorf des Referenzszenarios im Rahmen der Bewertung der Radionuklidausbreitung in der Biosphäre nicht mehr berücksichtigt (s. dazu 5.4.), weil Grundwasser wegen des zu hohen Salzgehaltes nicht in den im Referenzszenario unterstellten Mengen (3000 m^3 pro Tag) förderbar sei. Laut SB (III, Teil 2, S. 174) dient die Beendorfer Wassergewinnung lediglich der Aufrechterhaltung eines stabilen Trinkwasserangebotes. Im Jahr 1988 betrug die Fördermenge 64000 m^3 .

Eine wesentliche Randbedingung des als konservativ deklarierten Szenarios, nämlich die Förderung von 3000 m^3 Grundwasser pro Tag in Beendorf, steht also offenkundig in Widerspruch zu den gegenwärtigen Standortgegebenheiten. Diese großzügige Art der Ableitung des Referenzszenarios deutet auf einen eher beliebigen als sorgfältigen Umgang mit dem Begriff Konservativität hin. Er kommt auch darin zum Ausdruck, daß die radiologischen Auswirkungen dezentraler Grundwassergewinnung und -nutzung, die von der Salzfracht des Grundwassers weniger beeinträchtigt wäre, in SB (1990) nicht einmal erwähnt wird.

Als wesentliches Ergebnis zur sicherheitsmäßigen Charakterisierung des Deckgebirges liefern die Modellrechnungen für jedes Radionuklid die relative Maximalkonzentration im Grundwasser am Ort der Grundwassernutzung bzw. des Übertritts in die Aller, und den Zeitpunkt des Auftretens dieser Konzentration. Diese relative Maximalkonzentration ist bezogen auf die normierte Ausgangskonzentration im oberflächennahen Grundwasser und kann außer beim Transport entstehenden Zerfallsprodukten grundsätzlich nicht >1 sein. Der reziproke Wert der Maximalkonzentration ist der Barrierenfaktor. Er charakterisiert die Rückhalteleistung des Deckgebirges gegenüber dem jeweiligen Nuklid und erlaubt keine direkte Aussage zur Einhaltung der Schutzziele (s. dazu 5.4.).

Außer durch die oben erwähnten grundsätzlichen Fragen wird die Aussagekraft der Rechenergebnisse auch durch mangelnde Repräsentativität der in die Berechnungen eingeflossenen Informationen eingeschränkt. So bestanden wegen der ehemaligen Grenzlage des Standortes bereits Schwierigkeiten bei der Beschaffung einfacher hydraulischer Basisinformationen. Außerdem standen standortspezifische Daten zur Gebirgsdurchlässigkeit und zur Rückhalteleistung der

Gesteine nicht in ausreichender Qualität und Quantität zur Verfügung. Die Transportrechnungen mußten darum teilweise mit Literaturangaben und Schätzwerten zu wichtigen Parametern durchgeführt und auf die Radionuklide Cs 137, Co 60 und Pu 239 beschränkt werden (s. dazu auch 5.4.). Die Ergebnisse erlauben auch wegen dieser Mängel keine belastbare standortspezifische Eignungsaussage.

Auf einem allgemeinen Betrachtungsniveau bestätigen die Modellrechnungen allerdings den bekannten Sachverhalt, daß vor allem Radionuklide mit großer Halbwertszeit und hoher Wasserlöslichkeit bzw. geringer Rückhaltbarkeit im Grundwasserleiter maßgeblich zur Strahlenbelastung beitragen. Von den untersuchten Radionukliden erweist sich folglich Pu 239 als besonders bedeutsam. Zu seiner Zurückhaltung leistet das Deckgebirge nur bei sehr langen Transportwegen bis zum Nutzungsort einen sicherheitsmäßigen Beitrag. Wie oben gezeigt wurde, sind dem gegenüber bei konservativer Vorgehensweise kurze Transportwege im Deckgebirge und bis zum Beweis des Gegenteils signifikante Strahlenbelastungen auch bei kurzlebigen Radionukliden zu unterstellen.

5.4. Ausbreitung von Radionukliden in der Biosphäre

Im letzten Schritt der Sicherheitsanalyse für die Nachbetriebsphase wird die potentielle Strahlenbelastung von Menschen durch die Nutzung von kontaminiertem Grundwasser und Oberflächen(Vorfluter)wasser unter Zugrundelegung der heutigen Standortverhältnisse und Ernährungsbedingungen berechnet. Da Methodik und Modelleingangsdaten nicht den in der Bundesrepublik üblichen Berechnungsvorschriften (AVV 1990; unter Berücksichtigung anlagenrelevanter Aspekte) entsprechen, ist eine kritische Betrachtung und Wertung des Vorgehens notwendig. Dies kann an dieser Stelle nicht im erforderlichen Umfang geleistet werden; bezüglich Details sei nur darauf verwiesen, daß die Ingestionsdosisfaktoren für Plutonium aus der ICRP-Veröffentlichung Nr. 30 entnommen und damit um etwa den Faktor 10 zu niedrig angesetzt sind (ICRP 48 1986; StrlSchV 1990). Beispiele für grundsätzliche Kritikpunkte:

*** Leitnuklidmodell**

Um den Modellierungsaufwand zu begrenzen, beschränkt sich die Sicherheitsanalyse auf folgende "Leitnuklide":

- Co 60 (für Nuklide mit Halbwertszeiten von 2 – 10 Jahren),
- Cs 137 (für Nuklide mit Halbwertszeiten von 10 – 50 Jahren),
- Pu 239 (für Nuklide mit Halbwertszeiten > 50 Jahre).

Diese Leitnuklide wiederum repräsentieren nicht das gesamte Spektrum der Radionuklide im Endlager nach Abschluß der Betriebsphase. Deshalb werden zusätzlich Grundsatzüberlegungen zu den Radionukliden Fe 55, Am 241, Ra 226, Sr 90 und Tritium angestellt (SB I, Kap. 1, S.31).

Es fehlt eine Analyse, ob diese Beschränkung zulässig ist und alle Radionuklide, die einen radiologisch relevanten Beitrag zur Kontamination des oberflächennahen Grundwassers liefern, damit angemessen erfaßt sind.

*** Ausbreitungs- und Belastungspfade**

Der Transfer von Radionukliden zum Menschen durch Nutzung von kontaminiertem Wasser kann auf folgenden Wegen geschehen (StrlSchV 1990):

1. Trinkwasser,
2. Wasser-Fisch,
3. Viehtränke-Tier-Milch/Fleisch,
4. Beregnung-Futterpflanze-Tier-Milch/Fleisch,
4. Beregnung-Pflanze.

Die Sicherheitsanalyse betrachtet zunächst alle Pfade außer Pfad 2 (Fischverzehr), der als "nicht dominierend" angesehen wird, weil über eine Nutzung des Vorfluters für erwerbsmäßigen Fischfang bzw. -zucht nichts bekannt sei (SB III, Teil 2, S.176).

Die Abschätzung der Strahlenexposition erfolgt für 4 "Biosphärenszenarien" (SB III, Teil 2, S.209):

- B1: Beregnungs-/Trinkwasserpfad Nahrungsmittel, Oberflächenwassereinsatz.
- B2: Trinkwasserpfad; Trinkwasser aus Grundwasser.
- B3: Trinkwasserpfad; Trinkwasser aus Oberflächenwasser.
- B4: Beregnungs-/Trinkwasserpfad Nahrungsmittel, Grundwassernutzung.

Der Trinkwasserpfad wird "wegen der praktisch nicht vorhandenen oder stark verminderten biosphärischen Barrierenwirkung im Prinzip als kritisch" eingeschätzt (SB III, Teil 2, S.176). Den-

noch wird er für die weitere Einschätzung der Endlagersicherheit als "nicht relevant" angesehen und im folgenden nur noch für "Vergleichszwecke" (?) herangezogen, und zwar mit folgenden zwei Begründungen:

(a) Wenn eine Trinkwasserkontamination erfolgt, "kann in Verbindung mit dem derzeitigen Stand der Meßtechnik postuliert werden", daß die Gefahr einer zusätzlichen Radioaktivitätsaufnahme "vernachlässigbar klein" ist. Auch bei einem US-amerikanischen Autor (Cohen) werde "auf die leichte Nachweisbarkeit von Radioaktivität und die Möglichkeit zur Warnung vor Nutzung von kontaminiertem Wasser verwiesen." (SB III, Teil 2, S.176)

Diese Begründung ist abenteuerlich und verkehrt den Sinn der Sicherheitsanalyse ins Gegenteil: Der Sicherheitsnachweis darf keinen Kredit nehmen von der Möglichkeit, daß in naher oder ferner Zukunft vielleicht alle Wasserwerke und Brunnenbesitzer mit entsprechenden Analysenlabors ausgerüstet sind.

(b) Die Nicht-Relevanz des Trinkwasserpfadcs wird weiterhin begründet mit der Aussage, daß die Salzkonzentrationen im Grundwasser dessen Nutzung als Trinkwasser ausschließen würden (SB III, Teil 2, S.176).

Auch dieser Ausschlußbegründung stehen schwerwiegende Bedenken entgegen: Angesichts der in SB (I, S.92) dargestellten hydrochemischen Verhältnisse können Nutzungsbeschränkungen für Grundwasser lediglich die pro Zeiteinheit ohne Versalzungsgefahr förderbare Menge betreffen. Wieweit die Nutzung von Oberflächenwasser beschränkt ist, ist SB (1990) nicht zu entnehmen (s. dazu auch Kap. 5.3.)

*** Ergebnisse der Sicherheitsanalyse**

Den Abschluß der Sicherheitsanalyse bildet die zusammenfassende Darstellung der Rechenergebnisse zur Radionuklidenausbreitung von den Einlagerungsorten im Endlager über das Grubengebäude und die Deck- und Nebengebirgsschichten bis in die Biosphäre (SB III, Teil 2, S.219ff). Ausgehend von den Aktivitäten der Leitnuklide Cs 137, Co 60 und Pu 239, die nach Abschluß der Betriebsphase im Endlager vorhanden sind, wird die berechnete zu erwartende maximale Strahlenbelastung ins Verhältnis zum maximal zulässigen Grenzwert von 0,1 mSv/a gesetzt. Damit ergibt sich ein nuklidspezifischer "Sicherheitsfaktor", der den Abstand zwischen dem Grenzwert und der Dosis durch Radionuklidfreisetzung aus dem Endlager ausdrückt. Dieser Sicherheitsfaktor muß 1 sein.

Der folgende Ausschnitt aus der entsprechenden Tabelle des Sicherheitsberichtes (SB III, Teil 2, S.220) führt Ausgangsaktivitäten und Ergebnisse der Berechnungen auf:

	Leitnuklide		
	Cs-137	Co-60	Pu-239
Aktivität im Endlager	5,4 E16	1,7 E16	5,3 E13
max. Ingestionsdosis Ganzkörper ¹⁾ , mSv/a	4,1 E-4	7,1 E-11	1,1 E-3
zuläss. Ingestionsdosis Ganzkörper ¹⁾ , mSv/a	0,1		
Sicherheitsfaktor	244	1,4 E9	89

¹⁾ vermutlich ist die effektive Dosis gemeint

Die höchste Sicherheit wird damit für Co 60, die niedrigste für Plutonium mit immerhin noch einem Sicherheitsfaktor von 89 ausgewiesen. Diesem Ergebnis wird hohe Bedeutung beigemessen: "Der Vergleich zulässiger und zu erwartender Strahlenbelastungen für das ERA Morsleben zeigt, daß bei der derzeit konzipierten Abfallmenge bis zum Jahr 2030 für den Nachbetriebszeitraum die Sicherheit gegeben ist" (SB III, Teil 2, S.220).

Diese Schlußfolgerung ist jedoch unzulässig: Selbst unter der Voraussetzung, alle Einwände gegen Methodik, Einzelparameter usw. seien gegenstandslos, ist dieses Endresultat nur dadurch so günstig und erlaubt eine positive Eignungsaussage, weil für die zu erwartenden maximalen Ingestionsdosen dasjenige der 4 "Biosphärenszenarien" gewählt wurde, das zu den geringsten Strahlenbelastungen führt: Das Szenario B1 (Beregnungs-/Tränkwasserpfad Nahrungsmittel, Oberflächenwassereinsatz (SB III, Teil 2, S.209)).

Unter Zugrundelegung der anderen 3 Szenarien ergeben sich für Plutonium, dem Leitnuklid für die langlebigen Radionuklide, und damit für die Nachbetriebsphase relevant, folgende "Sicherheitsfaktoren" S:

- B2 Trinkwasserpfad, Trinkwasser aus Grundwasser: S=0,07.
- B3 Trinkwasserpfad, Trinkwasser aus Oberflächenwasser: S=0,7.
- B4 Beregnungs-/Tränkwasserpfad Nahrungsmittel, Grundwassernutzung: S=9.

Da es unzulässig ist, den Trinkwasserpfad auszuschließen, ist selbst unter der Voraussetzung, alle vorherigen Teilschritte der Sicherheitsanalyse hätten belastbare Ergebnisse produziert, der Sicherheitsnachweis für die Nachbetriebsphase des Endlagers Morsleben **nicht** erbracht.

5.5. Zusammenfassende Bewertung des Langzeitsicherheitsnachweises

Laut SB (Vorwort, 1. Abs.) ist die Langzeitsicherheit des Endlagers Morsleben im Sinne eines minimalen Risikos nachgewiesen: "Dessen Nachweis [des minimalen Risikos, d.V.] wird im vorliegenden Sicherheitsbericht erstmals durch überwiegend deterministische Modellierung der Freisetzungssphänomene von Radionukliden aus dem Abfall und deren Migration bis in die Biosphäre bei gleichzeitig strenger Konservativität der dabei eingehenden Parameter und Datensätze geführt".

Die Überprüfung der durchgeführten Sicherheitsanalyse zeigt, daß diese Aussage nicht nachvollzogen werden kann:

- Das Ausgangsszenario (kontrollierte Flutung der Grube) ist nicht konservativ und widerspricht elementaren Grundsätzen bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle;
- Die Ausbreitungsrechnungen in Grubengebäude sind mit einer den tatsächlichen Verhältnissen in keiner Weise angemessenen extrem vereinfachten Strecken-Schacht-Geometrie durchgeführt worden;
- Die gewählten Ansätze wichtiger Einflußgrößen auf die Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude (v.a. Konvergenz) sind äußerst fraglich;
- Mögliche Übertrittsorte (v.a. Hauptanhydrit) für Radionuklide aus der Salzformation ins Deckgebirge sind ausgeschlossen worden;
- Die Ausbreitung der Radionuklide im Deckgebirge ist mit Hilfe von qualitativ und quantitativ völlig unzureichenden Daten berechnet worden. Repräsentativität ist nicht gegeben;

- Die Festlegung wichtiger Randbedingungen für Szenarien und der Abbau von konservativen Überschätzungen sind willkürlich vorgenommen worden. Der Ausschluß des "Trinkwasserpfad" bei der Berechnung der Radionuklidausbreitung in der Biosphäre ist nicht zulässig.
- Es ist fraglich, ob eine Beschränkung der Sicherheitsanalyse auf drei Leitnuklide zulässig ist. U.U. sind Radionuklide, die einen radiologisch relevanten Beitrag leisten können, nicht erfaßt bzw. berücksichtigt worden.

Insgesamt führt dies – unabhängig von den grundsätzlichen methodischen Problemen der Sicherheitsanalyse – dazu, daß der Wert der errechneten Strahlenbelastung in keiner Weise realistisch oder gar sicher konservativ ist. Der für die drei Leitnuklide berechneten hohen "Sicherheitsfaktoren" besitzen deshalb ebenfalls keine Aussagekraft. Vom Nachweis der Langzeitsicherheit für das Endlager Morsleben kann keine Rede sein.

6. Quellen

- AEE (1981): Anordnung über die allgemeinen Leistungsbedingungen für die zentrale Erfassung und Endlagerung radioaktiver Abfälle vom 30. September 1981, GBl. Sdr.Nr. 1073.
- AEE (1986): Anordnung über die zentrale Erfassung und Endlagerung radioaktiver Abfälle vom 25. Februar 1986, § 5, Abs.2, Ziffer 2, GBl.I, Nr.13, S.182.
- AGU (1991): Arbeitsgemeinschaft für Umweltfragen e.V., Fachausschuß IV, Kernenergie und Strahlenschutz: Aussage von Dr. Matting (BMU) auf der Sitzung am 23.1.1991.
- ATW (1990): atomwirtschaft/atomtechnik, XXXV/11, November 1990, S. 521.
- AVV (1990): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen.- Bundesanzeiger Nr. 64a; 31.03.1990
- BAUMERT, B. (1955): Die Laugenspeicher in den Schichten des Zechsteins und ihre Gefahren für den Salzbergbau.- Z.dt.geol.Ges., 65, 105(1953), S.729-733.
- BGR (o.D.): Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Auszug aus dem Bericht zum Studienvertrag Nr. 025-76-9-WASD der Kommission der Europäischen Gemeinschaft vom Mai 1977 zum Thema "Langzeitlagerung radioaktiver Abfälle".- In: BMFT (o.D., Hrsg.) - Bundesministerium f. Forschung u. Technologie: Kriterien für ein Endlager für radioaktive Abfälle - Diskussionsbeiträge, S.25-46, Bonn.
- BORNEMANN; O. & FISCHBECK, R. (1989): Quarternary subrosion and transformation of Stassfurt potash seam (Zechstein 2) at top of Gorleben salt dome, Federal Republic of Germany.- Am. Ass. Petrol. Geol. Conv. 1989, abstracts; zitiert nach: Bundesamt für Strahlenschutz (1990): Fortschreibung des Zusammenfassenden Zwischenberichtes über bisherige Ergebnisse der Standortuntersuchung Gorleben vom Mai 1983.- ET-Bericht, 2/90.
- BR (1990): Bundestagsdrucksache 11/7547: Antwort der Bundesregierung auf eine kleine Anfrage der Fraktion Die Grünen.
- Energiewerke Nord AG im Aufbau (1990): Beantwortung einer Anfrage des Umweltausschusses (der Stadt Helmstedt).- 6 S. (6.8.1990).

- ERAM (1990): Energiewerke Nord AG im Aufbau, Zweigniederlassung ERA Morsleben: Stellungnahme vom 6.8.1990.
- FISCHLE, W. & SCHWIEGER, K. (1987): Untersuchungen an einem Abschlußbauwerk im Kalisalzbergwerk Hope.- Kali u. Steinsalz, 9, H. 11, S.380-387.
- FLAKE, R. et al. (1975): Das Problem aufgegebenener Tagesschächte.- Mitt. Westf. Berggewerkschaftskasse, 31, 238 S., Bochum.
- FÖRSTER, W. & SITZ, P. (1971): Untersuchungen zur Beanspruchung und Gestaltung von untertägigen Propfen und Dämmen.- Neue Bergbautechnik, 1. Jg., H.8, S.595-603.
- GEN (1986): Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz: Genehmigung zum Dauerbetrieb des Endlagers für radioaktive Abfälle, 22.4.1986.
- GIMM, W. (1961): Kali- und Steinsalzbergbau, Bd. 1, 600 S., Leipzig.
- GRUPPE ÖKOLOGIE (1989): Der Nachweis der Langzeitsicherheit bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle - kurzer Prognosezeitraum garantiert keine Sicherheit -.- unveröff. Studie d. Gruppe Ökologie Hannover e.V., Hannover.
- HARTKOPF (1979): Antwort auf Fragen des Abg. Ueberhorst zu Tiefbohrungen in Gorleben.- Umwelt, 72, S.38.
- HAZ (1990): Hannoversche Allgemeine Zeitung vom 6.12.1990.
- HERRMANN, A.G. (1984): Die Entstehung und Herkunft von Lösungen im Salzstock Gorleben.- In: BMFT (1984, Hrsg.) - Bundesministerium für Forschung u. Technologie: Entsorgung, Bericht von einer Informationsveranstaltung des Bundes vor dem Schachtabteufen - Salzstock Gorleben - v. Mai 1983, Bd.3, S.441-451, Bonn.
- ICRP (1985): International Commission on Radiological Protection: Radiation protection principles for the disposal of solid radioactive waste.- ICRP Publication, 46, Oxford u.a.
- ICRP (1986): International Commission on Radiological Protection: The Metabolism of Plutonium and Related Elements.- ICRP Publication, 48, Oxford u.a.
- KONRAD (1986): Physikalisch-Technische Bundesanstalt: Plan Endlager für radioaktive Abfälle, Schachtanlage Konrad Salzgitter, Textband 1, Stand 9/86.

- LANGER, M. & VENZLAFF, H. (1988): Die geowissenschaftliche Zielsetzung der untertägigen Erkundung des Salzstocks Gorleben.- PTB informiert, Heft 1(1988), S.3-13, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig.
- NLfB - Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1979): Hydrogeologische Stellungnahme zur Frage der Gefährdung des Wasserwerkes Helmstedt durch die Lagerung von radioaktiven Abfällen in der Grube Bartensleben.- 6 S. (Bearbeiter W. GRIMMELMANN, Tgb.-Nr. N 3.2-6600/79, im Auftrag des Nieders. Ministers f. Ernähr., Landw. u. Forsten).
- NLfB - Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1982): Bericht über die in den Jahren 1980-1981 im Gebiet zwischen der Deponie Morsleben (DDR) und dem Wasserwerk Helmstedt durchgeführten hydrogeologischen Untersuchungen.- 4 S. (Bearbeiter W. GRIMMELMANN, Tgb.-Nr. N 3.2-4503/82, im Auftrag des Nieders. Ministers f. Ernähr., Landw. u. Forsten).
- PITZ, W. (1984): Ergebnisse der Schachtvorbohrungen für die Auslegung von Erkundungsschächten.- In: BMFT (1984, Hrsg.) - Bundesministerium für Forschung u. Technologie: Entsorgung, Bericht von einer Informationsveranstaltung des Bundes vor dem Schachtabteufen - Salzstock Gorleben - v. Mai 1983, Bd. 3, S.119-143, Bonn.
- PSE7 (1985): Sicherheitsanalyse der Transporte von radioaktiven Materialien für den Verkehrsträger Schiene.- Abschlußbericht Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung, Fachband 7, Berlin Januar 1985.
- PSE16 (1985): Modellansätze und Ergebnisse zur Radionuklidfreisetzung aus einem Modellsalzstock.- Abschlußbericht Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung, Fachband 16, 324 S., Berlin.
- PTB (1984): Physikalisch-Technische Bundesanstalt: PTB-Info Blatt, 1/84 v. 05.01.1984, Braunschweig.
- RGD (1980): Rijks Geologische Dienst der Niederlande: Schreiben an J.-D. Becker-Platen, Gemeinsame Informationsstelle Bund-Land, der Beauftragte des Landes (20.03.1980, Az. Hrsv; RvdL-2280).
- RSK (1983): Empfehlungen der Reaktor-Sicherheitskommission auf ihrer 178. Sitzung am 15. Sept. 1982: Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk.- Bundesanzeiger Nr. 2 v. 05.01.1983, Bonn.

- SAAS (1990) – Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz: Die Entsorgung von radioaktiven Abprodukten aus der Anwendung der Atomenergie in der Deutschen Demokratischen Republik, Report SAAS-381, Berlin.
- SB (1990): Sicherheitsbericht des Endlagers für radioaktive Abfälle Morsleben 1989, Bände I-IV, Morsleben.
- SCHMIERER, Th. (1914): Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen usw., Bl. Helmstedt.- Lfg. 185, 82 S..
- SCHULZE, J. (1962): Die Salzlagerstätte des Allertal"grabens".- Freiburger Forschungshefte, Bd. C 97/III, S.202-251, Berlin.
- SCHWANDT, A. (1978): Zusammenhänge zwischen Geologie und Zuflüssen von Salzlösungen und Wässern in Kali- und Steinsalzgrubenfeldern des Saale-Unstrut- und Nordharz-Kaligebiets.- Jb. Geol., Bd. 9/10 für 1973/74, S.175-260, Berlin.
- SPACKELER, G. (1950): Lehrbuch des Kali- und Steinsalzbergbaues.- In: KEGEL, SPACKELER & RAMMLER (1950 Hrsg.): Berg- und Aufbereitungstechnik, Bd. 2, 9b, 448 S., Halle (Saale).
- STRLSCHV (1990): Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV).-
In: Atomgesetz mit Verordnungen, Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden
- TGL (1985): VE Kombinat Kernkraftwerke "Bruno Leuschner" Greifswald: Fachbereichsstandard Zentrale Erfassung radioaktiver Abfälle, 1985
TGL 190-921, Blatt 01-05.
- VIEHL (1990): Aussage des Sprechers des Bundesamtes für Strahlenschutz Dr. Eckart Viehl laut "die tageszeitung" vom 13.11.1990.
- ZUS 2 1987: SAAS: Zustimmung Nr. 2 zur "Erfassung und Zwischenlagerung von Neutronenquellen" vom 15.4.1987.
- ZUS 5 1989: SAAS: Zustimmung Nr. 5 für die "Technologie zum Transport und Versturz verfestigter Eindampfrückstände (EDR_{st})" vom 19.1.1989.

ZUS 6 1989: SAAS: Zustimmung Nr. 6 für die "Erfassung und Endlagerung von Radium-haltigen Abfällen" vom 3.7.1989.

ZUS 7 1989: SAAS: Zustimmung Nr. 7 für einen "Probetrieb der Technologie 'Transport und Endlagerung von Spezialcontainern mit radioaktiven Abfällen'" vom 24.10.1989.

ZUS 8 1989: SAAS: Zustimmung Nr. 8 für die "Erfassung und Endlagerung fester radioaktiver Abfälle, die ausschließlich das Radionuklid Pm-147 enthalten" vom 14.12.1989.

ZUS 03 1990: SAAS: Zustimmung Nr. 03 zur "Durchführung eines Industrieversuches zur Technologie der Verfestigung von Eindampfrückständen mit Braunkohlenfilterasche in Verbindung mit dem Dichtstromförderverfahren" vom 22.1.1990.

ZUS 04 1990: SAAS: Zustimmung Nr. 04 zur "Verfestigung, Erfassung und Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit einer maximalen Aktivitätskonzentration von 7,5 TBq Tritium/m³" vom 25.4.1990.