

Duplikat

**Prüfung und Bewertung
der vom
Niedersächsischen Umweltministerium
ausgelegten Antragsunterlagen
des Bundesamtes für Strahlenschutzes (BfS)
auf Errichtung und Betrieb
der Schachtanlage Konrad
als Anlage des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle
mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung gemäß § 9 b AtG**

Dr. Gronemeier + Partner Consulting GmbH

Beratende Geologen und Ingenieure VDI BDG
Eine Gesellschaft des TÜV Norddeutschland e.V.



**Prüfung und Bewertung
der vom
Niedersächsischen Umweltministerium
(Planfeststellungsbehörde)
mit Bekanntmachung vom
20.04.1991 /405-40326/03-5/1-
ausgelegten Antragsunterlagen
des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS)
auf Errichtung und Betrieb der Schachtanlage Konrad als
Anlage des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle
mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung gemäß § 9 b AtG**

GUTACHTEN

erstellt im Auftrag der Stadt Salzgitter von:

Dr. Gronemeier + Partner Consulting GmbH
Eine Gesellschaft des TÜV Norddeutschland e.V.
Mathildenstraße 25, 2300 Kiel 14
NL: Berlin, Bremen, Frankfurt, Luxembourg, Wolfen

Bearbeitung:

H. Bauer, Dipl.-Geologe
B. Burmeister, Dipl.-Geographin
B. Dörries, Dipl.-Geophysiker
H. Hamer, Dipl.-Geologe
Dr. M. Zingk

in Zusammenarbeit mit:

BÜRO FÜR GEOTECHNIK UND LAGERSTÄTTEN, Dr. K. Rottenbacher
Viktoriastraße 5, 6242 Kronberg im Taunus

Verantwortliche Leitung : Dr. K. Gronemeier, VDI, BDG

Oktober 1991



Kiel, den 30. Oktober 1991

Dr. Gronemeier + Partner Consulting GmbH

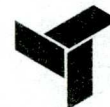


(Dr. K. Gronemeier)

Geschäftsführender Gesellschafter



Dieser Bericht umfaßt IV und 99 Seiten, 4 Abbildungen



Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	I
2.	Einleitung	1

Teil I

3.	Beschreibung des Endlagers und Darstellung der Auswirkungen des Vorhabens sowie geologische, hydrogeologische Verhältnisse und Modelle	2
3.1	Standortdaten	2
3.2	Geologischer Rahmen	5
3.2.1	Stratigraphie und Sedimentpetrographie	5
3.2.1.1	Stratigraphie	5
3.2.1.2	Sedimentpetrographie mit Berücksichtigung der Geochemie	10
3.2.1.3	Schwachstellen und Konsequenzen	12
3.2.2	Strukturgeologie	13
3.3	Seismologische Verhältnisse und Lastannahmen	15
3.4	Lagerstätte	16
3.5	Hydrologische, hydrogeologische Verhältnisse und Modelle	17
3.5.1	Hydrologie und Wasserwirtschaft	17
3.5.2	Hydrogeologie und Hydrochemie	18
3.5.2.1	Hydrogeologie	18
3.5.2.2	Isotopenuntersuchungen	26
3.5.2.3	Mineralquellen	23
3.5.2.4	Gasanalysen	26
3.5.2.5	Schwachstellen und Konsequenzen	26
3.6	Geowissenschaftliche Bewertung	29
3.6.1	Hydrogeologische Modelle	31
3.6.2	Modellrechnungen	34
3.6.3.	Validierung der Modellrechnungen	36
3.6.4	Schwachstellen und Konsequenzen	37
4.	Gebirgsmechanik	39
4.1	Geodätische Messungen	39
4.2	Verformungsmessungen an Strecken und Kammern	40
4.3	Schachtteufenmessung	40
4.4	Verformungsmessungen in geeigneten Bohrungen	42
4.5	Spannungsmessungen	42
4.6	Versuchskammereinführung	43
4.7	Bergmännische Erfahrungen	43
4.8	Gebirgsmechanische Bewertung	43
4.9	Detailmodell	45
4.10	Schwachstellen und Konsequenzen	45



5.	Geologische Langzeitprognose	47
6.	Betrieb und betriebliche Anlagen	47
7	Störfallanalyse der untertägigen Anlagenbereiche	51
7.1	Auslegungsstörfälle	51
7.2	Störfälle der Klasse 1	51
7.3	Schwachstellen und Konsequenzen	53
8.	Thermische Beeinflussung des Wirtsgesteins	54
9.	Erdbebensicherheit des Grubengebäudes	55
10	Langzeitsicherheit	56
10.1	Radionuklidfreisetzung aus dem Grubengebäude	56
10.2	Sorption	57
10.3.	Dispersion	57
11.	Sonstige Emissionen der Anlage (Kap. 3.10 der Planunterlagen)	58
12.	Abschluß des Betriebes (Dr. K. Rottenbacher)	58
12.1	Verfüllen der Einlagerungskammer	58
12.2	Kammerabschlüsse und Kammerabschlußbauwerke	62
12.3	Restverfüllung des Grubengebäudes	64
12.4	Schachtverfüllung	64
12.5	Überwachung	69
12.6	Schwachstellen und Konsequenzen	69

Teil II

1.	Einleitung	72
2.	Einwendungsrelevante Tatbestände in Hinblick auf das UVPG	73
2.1	Formale einwendungsrelevante Tatbestände	73
2.2	Methodische einwendungsrelevante Tatbestände	74
2.3	Inhaltliche einwendungsrelevante Tatbestände	76
2.3.1	Beschreibung der Methodik, inhaltliche und räumliche Abgrenzung des Untersuchungsrahmens	76
2.3.2	Beschreibung des Vorhabens mit Angaben über Standort, Art und Umfang sowie Bedarf an Grund und Boden, Beschreibung der wichtigsten Merkmale der verwendeten technischen Verfahren	77
2.3.3	Beschreibung der Umwelt und ihrer Bestandteile unter Berücksichtigung des allgemeinen Kenntnisstandes und der allgemein anerkannten Prüfungsmethoden, soweit dies zur Feststellung und Beurteilung aller sonstigen für die Zulässigkeit des Vorhabens erheblichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt erforderlich ist	79



2.3.4	Beschreibung von Art und Menge der zu erwartenden Emissionen und Reststoffe, insbesondere der Luftverunreinigungen, der Abfälle und des Anfalls von Abwasser sowie sonstiger Angaben, die erforderlich sind, um erhebliche Beeinträchtigungen der Umwelt durch das Vorhaben feststellen und beurteilen zu können	88
2.3.5	Beschreibung der Maßnahmen, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen der Umwelt vermieden, vermindert oder soweit möglich ausgeglichen werden sowie der Ersatzmaßnahmen bei nicht ausgleichbaren, aber vorrangigen Eingriffen in Natur und Landschaft	88
2.3.6	Beschreibung der zu erwartenden erheblichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt unter Berücksichtigung des Allgemeinen Kenntnisstandes und der allgemein anerkannten Prüfungsmethoden	89
2.3.7	Übersicht über die wichtigsten, vom Träger des Vorhabens geprüften Vorhabenalternativen und Angabe der wesentlichen Auswahlgründe unter besonderer Berücksichtigung der Umweltauswirkungen des Vorhabens.	91
2.3.8	Hinweise auf Schwierigkeiten, die bei der Zusammenstellung der Angaben aufgetreten sind.	91



1. Zusammenfassung

Es wurde eine Prüfung und Bewertung der beim Niedersächsischen Umweltministerium (Planfeststellungsbehörde) ausgelegten Antragsunterlagen des Bundesamtes für Strahlenschutz auf Errichtung und Betrieb der Schachanlage Konrad als Anlage des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung gemäß § 9 b AtG durchgeführt.

Die Planunterlagen wurden auf Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Schwachstellen geprüft, bewertet und auch dahingehend begutachtet, ob die in dem Gutachten von 1987 aufgezeigten Mängel in den Planunterlagen ausgeräumt worden sind.

Aus den Prüfungsvorgängen wurden die im folgenden dargestellten Ergebnisse und Vorschläge abgeleitet.

Die Daten zur geographischen Standortbeschreibung sind vielfach veraltet und z. T. unvollständig. Für eine umfassende Darstellung sind im Bereich Bevölkerungsverteilung und Verkehrssituation zusätzliche Daten zu erheben und zu dokumentieren. Um eine ausreichende Darstellung der Situation der Oberflächengewässer, Flora, Fauna sowie der Flächennutzung zu erreichen sind zusätzliche Standortdaten zu ermitteln.

Der Darstellung der geologischen Verhältnisse fehlt z.T. noch immer die nötige Transparenz. So ist es oft schwierig festzustellen, ob fundierte Aussagen anhand geprüfter Daten getroffen worden sind, oder ob lediglich Annahmen vorliegen.

Die Diskussion der Umrandungsgeologie (Umgebung der Salzstöcke) beruht weiterhin hauptsächlich auf geophysikalischen Messungen, und ist, besonders im Umfeld des geplanten Endlagers, nicht genügend durch Bohrungen belegt. Die Kenntnisse über das unmittelbar Liegende der Grube Konrad beruhen auf Analogieschlüssen entfernterer Aufschlüsse; weitere Bohrungen sind nicht abgeteuft worden.

Die Schichtenverzeichnisse der im Rahmen der Untersuchung berücksichtigten Bohrungen sind ebenso wie die Daten des geophysikalischen Meßprogramms nicht ausreichend bzw. überhaupt nicht in den Unterlagen dokumentiert, so daß keine Prüfung der aufgestellten Aussagen möglich ist.

Quantitative Angaben in der vorliegenden Planversion weichen teilweise erheblich von den entsprechenden Daten der Planvorlage 9/86 ab.

Bezüglich der hydrogeologischen Gegebenheiten wird noch immer von einem einfachen hydrogeologischen Stockwerksbau ohne nennenswerte hydraulische Vernetzungen ausgegangen, obwohl oberflächennahe chemische und thermische Anomalien eher die gegenteilige Schlußfolgerung zulassen. Die bereits in der Planvorlage 9/86 erwähnten



Anomalien sind jedoch offenbar zwischenzeitlich nicht weiter untersucht und in das Gesamtbild einbezogen worden.

Auf die chemische Beschaffenheit der Tiefengrundwässer sowie deren Einfluß auf das Gestein im Endlagerbereich wird weiterhin nur unvollständig eingegangen. Lösungsversuche wurden lediglich in beschränktem Umfang, entsprechende thermodynamische Modellierungen überhaupt nicht durchgeführt.

Ebenso sind die Vorstellungen zur Geohydraulik im gesamten Untersuchungsgebiet kritikwürdig, da bislang zur Synopse der Geohydrologie Isotopenstudien, Druckmessungen und Mineralwasservorkommen keine Berücksichtigung gefunden haben.

Aus den in den vorliegenden Antragsunterlagen dargestellten Modellrechnungen zum Grundwasserfließgeschehen sowie zum Radionuklidtransport läßt sich eine hinreichend fundierte Aussage in Hinblick auf die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers u.a. aufgrund fehlender Variantenstudien und mangelnder Daten zur Validierung nicht treffen. Die Langzeitsicherheit wird durch die vorgelegten Modellrechnungen nicht belegt.

Die verwendeten Programme SWIFT und FEM 301 werden jedoch als "geeignet" und dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend akzeptiert.

Die lokalen und regionalen Daten für die Modelldarstellung der Grundwasserausbreitung und den Radionuklidtransport reichen nicht aus. Neben aussagefähigen geochemischen und Isotopen-Daten zur Kennzeichnung von Tiefenwasserzirkulationssystemen fehlen insbesondere belastbare Daten hinsichtlich der basalen und lateralen Begrenzungen des Modells.

Die dreidimensionalen Grundwassermodelle, die ein wesentlicher Bestandteil der Sicherheitsanalyse sind, weil sie die Migrationswege für die mit dem eindimensionalen Transportmodell berechnete Radionuklidenausbreitung liefern, sind zwar "in sich konsistent", zahlreiche, sehr wesentliche konzeptionelle Varianten (alte Bohrungen, geologisches worst-case-Konzept) sind jedoch nicht dargestellt.

Die Aussagen zum Betrieb und den betrieblichen Anlagen sind besonders in Hinblick auf die geplante Werkstoff- und Materialprüfungen der Abfallbehälter sowie zur Einlagerungskonzeption unklar. Weitere Angaben zu den geplanten Brandschutzmaßnahmen und den erforderlichen Arbeiten an beschädigten bzw. höheraktiven Abfallbehältern sind erforderlich.



In die vorhandene Störfallanalyse sollten nach Auffassung der Gutachter weitere denkbare Störfälle aufgenommen werden. Zudem sind die Ausgangsparameter der Berechnungen zu den Strahlenexpositionen durch die möglicherweise emittierenden Stoffe zu dokumentieren.

Die Berechnungen zur thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins werden unter der Voraussetzung des Einbezuges weiterer Parameter und der vorgeschlagenen Qualitätskontrollen akzeptiert.

Der Abschluß des Betriebes wird untertägig durch Restverfüllung sowie Verschließen des Grubengebäudes und der Schächte vorgenommen. Das Verfüllen der Einlagerungskammer mit hydraulisch abbindenden Materialien ist zwar grundsätzlich eine plausible Verbesserung gegenüber der ursprünglich geplanten Versatztechnik, aber sie kann nur als Absichtserklärung gewertet werden.

Hinsichtlich der Kammerabschlüsse und Kammerabschlußbauwerke gilt dasselbe. Auch hier fehlen die Angaben, die eine Beurteilung ermöglichen würden. Prinzipiell erscheint die Verwendung von Stahlbeton aus Sicht der zu erwartenden Korrosionsangriffe problematisch.

In der Beschreibung der Restverfüllung der Grubengebäude sind als wesentliche Schwachstellen anzumerken, daß die Eignungskriterien für Versatzmaterial fehlen und die vorgesehene Verfüllung der Wetterbohrlöcher verfahrenstechnisch als unzureichend einzustufen ist.

Das neue Konzept für die Schachtverfüllung ist prinzipiell positiv zu bewerten, da es nunmehr die Auflockerungszonen um die Schächte einbezieht und auch möglichen Gebirgsbewegungen Rechnung trägt.

Aus materialspezifischer Sicht ist das Konzept des Betriebsabschlusses nicht nachvollziehbar, da die Angaben fehlen, die eine Beurteilung erst ermöglichen würden.

Hinsichtlich der Überwachung wird nach dem derzeitigen Stand der Planunterlagen vor einer vorzeitigen Außerbetriebnahme automatischer Überwachungsanlagen und dem Abbruch der Schachthallen dringend abgeraten.

Den Anforderungen des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) wurde in formaler, methodischer und inhaltlicher Hinsicht nicht entsprochen.



Es wurde kein separater Untersuchungsbericht (UVS) gemäß den Anforderungen des UVPG angefertigt. Eine bestimmte Methode zur Bewertung der Standortqualitäten und möglichen Umweltauswirkungen wurde nicht verfolgt. Inhaltliche Mängel beziehen sich in erster Linie auf die unvollständige Standortanalyse. Es wurden keine Standortqualitäten und Empfindlichkeiten untersucht. In der Emissionsprognose und Störfallanalyse sind mögliche Ausbreitungspfade nur unvollständig angegeben. Die Auswirkungen und möglichen Risiken des Vorhabens wurden bedingt in Bezug auf den Menschen, auf die weiteren Umweltkompartimente gar nicht ermittelt.

Zusammenfassend:

Die Antragsunterlagen sind weiterhin unzulänglich, da nur in groben Zügen dargestellt wird, welche Überlegungen diesen zugrunde liegen.

Detailaspekte mit fachlicher Relevanz sind aufgrund der mangelnden Daten- und Quellendokumentation oftmals nicht nachvollziehbar. Daß zahlreiche Untersuchungen durchgeführt wurden, ist ersichtlich. Dennoch fehlt häufig der Bezug auf technische Berichte und Gutachten oder auf die einschlägige internationale Literatur.

Die Fragen:

1. Sind die in den ersten Stellungnahmen aufgezeigten Mängel in den Planunterlagen ausgeräumt worden?
2. Sind die Unterlagen vollständig?
3. Sind die Unterlagen nachvollziehbar?
4. Sind die Unterlagen prüfbar?

müssen mit "teilweise" beantwortet werden. Die in den ersten Stellungnahmen aufgezeigten Mängel sind z. T. behoben worden. In einigen Bereichen sind allerdings durch die Veränderungen neue Fragen aufgetaucht. Eine Prüfung des allgemeinen Vorgehens ist zwar möglich, wegen immer noch mangelnder Referenzmaterialien können die Planunterlagen jedoch nicht als vollständig angesehen werden. Die Vollständigkeit ist zudem durch den komplett fehlenden Untersuchungsbericht gemäß den Anforderungen des UVPG nicht hergestellt. Erschwerend tritt hinzu, daß kaum ein quantitatives Resultat nachvollziehbar ist.

Der Nachweis der Eignung der Schachthanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung wurde in den vorgelegten Planunterlagen nicht eindeutig erbracht.



2. Einleitung

Die Stadt Salzgitter, vertreten durch den Oberstadtdirektor, beauftragte mit Schreiben vom 08.07.1991 die Dr. Pieleles + Dr. Gronemeier Consulting GmbH (Rechtsnachfolger: Dr. Gronemeier + Partner Consulting GmbH) mit der Prüfung und Bewertung der vom Niedersächsischen Umweltministerium (Planfeststellungsbehörde) mit Bekanntmachung vom 26.04.91/405-40326/03-5/1- ausgelegten Antragsunterlagen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) auf Errichtung und Betrieb der Schachtanlage Konrad als Anlage des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung nach § 9 b AtG.

Mit der Bearbeitung des Themenkomplexes wurde die Gruppe Ökologie Hannover zeitgleich beauftragt.

Bereits im September 1986 wurde der "Plan" von der PTB in zwei Textbänden und einem Anlagenband vorgestellt.

Mit der Prüfung der Unterlagen wurden damals ebenfalls neben der Dr. Pieleles + Dr. Gronemeier CONSULTING und der Gruppe Ökologie, Hannover das Battelle-Institut, Frankfurt beauftragt.

Das vorliegende Gutachten geht hauptsächlich auf folgende Fragestellungen ein:

- Sind die von den wissenschaftlichen Instituten (Gutachtern) in ihren ersten Stellungnahmen aufgezeigten Mängel in den Planunterlagen ausgeräumt worden?
- Werden die von der Stadt Salzgitter gestellten Fragen beantwortet?
- Ist mit den ausgelegten Planunterlagen der Nachweis für die Eignung der Schachtanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung erbracht?
- Sind in den überarbeiteten Planunterlagen Bereiche/Kapitel, die als nicht vollständig oder/und nicht prüfbar zu bezeichnen sind?

Das Ergebnis der Prüfung und Bewertung wird in dem vorliegenden Gutachten dargestellt.



Teil I

Einwendungsrelevante Tatbestände zur Beschreibung des Endlagers und Darstellung der Auswirkung des Vorhabens und zum Abschluß des Betriebes

3. Beschreibung des Endlagers und Darstellung der Auswirkungen des Vorhabens sowie geologische, hydrogeologische Verhältnisse und Modelle

3.1 Standortdaten

(Kapitel 3.1.1 – 3.1.8. der Planunterlagen)

Die Standortbeschreibungen beschränken sich, nach der "Zusammenstellung der in atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren für Kernkraftwerke zur Prüfung erforderlichen Informationen, BMI, 1986", auf einen 5 km Radius um die Schachtanlagen. Der im Plan betrachtete Standortbereich wurde nicht aus aktuellen Standortgegebenheiten abgeleitet. Es wären zumindest die Gebiete, in denen eine mögliche Freisetzung radioaktiv belasteter Grundwässer denkbar bzw. prognostiziert wurde, in die Standortbetrachtung einzubeziehen. Weiterhin fehlt der Standortbeschreibung die Einbeziehung der Haupttransportwege (von Karlsruhe bzw. Jülich) zur Schachtanlage.

Bevölkerungsverteilung (Kap. 3.1.3 der Planunterlagen)

Durch den gewählten Radius wurden die Bevölkerungszahlen der umgebenden großen Städte wie Braunschweig und Wolfenbüttel nicht erwähnt. Die Städte befinden sich etwa 10 – 15 km nördlich bzw. nordöstlich von den Schächten entfernt. Zudem wurde die Bevölkerungsentwicklung in neuester Zeit nicht berücksichtigt (deutsche Vereinigung).

Es fehlt weiterhin die Angabe und Einbeziehung zukünftiger Planungen, z. B. Auswertung aktualisierter Flächennutzungs- bzw. Regionalpläne.

Die Bevölkerungsentwicklung wird bis 1995 prognostiziert. Dieser Zeitraum wird als zu kurz erachtet. Um die Auswirkungen der Anlage nach Abschluß des Betriebes zu ermitteln, sollten die dann anzunehmenden Bevölkerungszahlen in der Prognose bis zu diesem Zeitpunkt berücksichtigt werden.

Bodennutzung (Kap. 3.1.4 der Planunterlagen)

Die Beschreibung der vorkommenden Bodentypen beschränkt sich auf die Aufzählung der Ausgangsbodenarten. Es wurden keine Angaben zu Pufferkapazitäten und Filtereigenschaften der Böden gemacht. Eine Karte mit der genauen Flächennutzung der umgebenden Felder fehlt.



Flora und Fauna

Im "Plan" werden lediglich die vorkommenden Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie das Vorkommen von jagdbarem Wild im Umkreis von 5 km erwähnt. Es gibt bis auf den Bereich der geplanten Schachtzufahrten keine Angaben zu den vorkommenden Biotopen und den dort vorkommenden Pflanzen- und Tierarten. Auch die Flora und Fauna der Vorfluter Aue und Beddinger Graben wird nicht erwähnt. Es fehlen aktuelle Biotopkartierungen des Untersuchungsraumes.

Wassernutzung

Die Wasserqualität des in Schachtnähe als Trinkwasser genutzten Grundwassers wurde anscheinend nicht untersucht (kein Hinweis darauf vorhanden).

Zu den Vorflutern Aue und Beddinger Graben wurde keine Gewässergüte angegeben. Es gibt keine Aussagen zur Stoffbelastung. Lediglich die Radionuklidbelastung wurde gemessen. Hier gibt aber die entsprechende Tabelle keine Auskunft welche Meßwerte zu welchem Oberflächengewässer gehören und an welcher Stelle die Messung erfolgte. Es wurden keine aktuellen Abflußdaten (lediglich 1966 - 1975 und 1981 - 1985) ausgewertet. Es fehlen Daten zur Grund- und Oberflächenwasserqualität sowie Abflußdaten der Vorfluter im Jahresverlauf.

Verkehrswesen (Kap. 3.1.6 der Planunterlagen)

Die Angabe der Verkehrsbelastung aus dem Jahre 1985 ist aufgrund der Folgen der deutschen Einigung veraltet. Wenn keine aktuellen Verkehrszählungen vorliegen, sollten zumindest aktuelle Prognosen berücksichtigt werden.

Es fehlen genaue Darstellungen der Haupttransportwege von den Abfalllieferanten zur Schachtanlage. Dies scheinen nach den Ausführungen in den Planunterlagen die KFA Jülich und das KKW Karlsruhe zu sein. Hier wäre zumindest die Auslastung des Umladebahnhofes Beddingen darzustellen.

Im Kapitel Luftverkehr wird der Untersuchungsraum noch als "Luftverteidigungs-identifizierungszone gegenüber der DDR" bezeichnet. Dies zeigt, daß die im Plan berücksichtigten Erkenntnisse zum Luftverkehr heute bereits überholt sind.



Meteorologische Verhältnisse (Kapitel 3.1.7 der Planunterlagen)

Den Planunterlagen aus dem Jahr 1986 ist zu entnehmen, daß eine Klimastation am Schacht Konrad 1 geplant war. Diese Station ist aus nicht dargelegten Gründen nicht eingerichtet worden oder nicht in die Interpretation aufgenommen worden. In den Planunterlagen werden daher wieder Klimameßwerte aus dem Bereich Braunschweig/Völkenrode und Vallstedt interpretiert. Besonders die Windrichtungen und -geschwindigkeiten des Standortes Völkenrode sind aufgrund der Stadtnähe nicht ohne weiteres übertragbar. Ausgerechnet diese Werte werden aber zitiert. Zudem wurden in den neuen Planunterlagen Windmessungen in 10 m Höhe (vorher waren es Werte in 25 m Höhe) dargestellt. Die Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe sind deutlich geringer als in 25 m Höhe. Da diese Werte eine wesentliche Grundlage der Emissionsprognose seien sollten, wäre eine Windmessung in Diffusorhöhe (45 m) sehr viel sinnvoller.

Unklarheiten ergeben sich bei der Angabe der Inversionswetterlagen. In den alten Planunterlagen lagen ca. 52% der Inversionswetterlagen unterhalb von 100 m, in den neuen Unterlagen sind es nur noch 28,6 % der Inversionsfälle. Es wurde der gleiche Zeitraum am Standort Hannover betrachtet, so daß die Differenz nicht zu erklären ist. Im übrigen wäre es nötig, die Häufigkeit der Inversionswetterlagen direkt an der Schachthanlage aufzuzeigen.

Es fehlen Meßdaten zur klimatischen Situation in Bereich der Schachthanlage. Hier wären besonders die Wind- und Ausbreitungsverhältnisse von Bedeutung.

Radiologische Grundbelastung (Kapitel 3.1.8 der Planunterlagen)

Ein Betreibermeßprogramm zur Emissions- und Immissionsüberwachung hat laut Plan bereits 1988 begonnen. Die dort erhobenen Werte sind nicht in die Dokumentation aufgenommen worden.

Die radiologische Belastung nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wurde nur von Standorten der weiteren Umgebung des Schachtes angegeben. In Schachtnähe ist durch die Vorbelastung mit natürlichen Radionukliden insgesamt eine höhere Belastung zu erwarten. Die Vorbelastung des Standortes in den Jahren 1979 und 1980 kann nicht mit den durch Tschernobyl hinzugekommenen Nukliden summiert werden, da verschiedene Nuklide untersucht bzw. zitiert wurden.

Insgesamt wurde keine Bewertung anhand von Richt- und Grenzwerten vorgenommen, inwieweit der Standort bereits vorbelastet ist.

Die Messung der Ortsdosisleistung im Grubengebäude erfolgte einmalig an fünf Meßpunkten. Die daraus erhaltenen Werte können bestenfalls als Anhaltspunkte interpretiert werden.



Es fehlen Angaben zu Meßwerten bei Ausfall der Bewetterung. Weiterhin fehlen Angaben zur Ortsdosisleistung in der Umgebung abgeworfener und mit Spülversatz verschlossener Grubenbereiche.

Schwachstellen und Konsequenzen

Die Darstellung der Standortsituation beruht weitgehend auf den selben Daten wie bereits in den Planunterlagen von 9/86. Die Daten sind daher z.T. veraltet, dies trifft vor allem für die Bevölkerungs- und Verkehrsdaten zu.

Der Text ist, wie schon 1986, besonders in Hinblick auf die Standortsysteme Oberflächengewässer, Flora, Fauna und Flächennutzung unvollständig.

Eine Präzisierung der Aussagen sowie die Erhebung weiterer Daten zu oben genannten Gesichtspunkten sind für die Vollständigkeit des Textes unerlässlich.

3.2 Geologischer Rahmen

Die in der Planvorlage 4/90 vorgestellten und im Gutachten diskutierten Basisdaten zur Geologie sind weiterhin nicht vollständig. Aufgrund fehlender Schichtenverzeichnisse, geophysikalischer Profile, ungenauer petrographischer Beschreibungen sowie unzureichender bzw. nicht dokumentierter chemischer Analysen sind getroffene Aussagen oftmals nicht überprüfbar und entziehen sich somit einer umfassenden Bewertung. Die unvollständige Dokumentation der Basisdaten wirkt sich besonders nachteilig auf die Nachvollziehbarkeit und Plastizität der Modellkonzepte und Eingangsdaten für die modellhaften Berechnungen, Langzeitprognosen und Sicherheitsbetrachtungen aus.

3.2.1 Stratigraphie und Sedimentpetrographie (Kapitel 3.1.9.1 der Planunterlagen)

3.2.1.1 Stratigraphie

Die von Gutachter zum Plan 9/86 geforderte umfassende geologische Übersichtskarte wurde vom BfS in Form einer "Geologischen Wanderkarte" des Braunschweiger Landes im Maßstab 1:100.000 nachgereicht. Hier wäre jedoch eine speziell auf das Arbeitsgebiet sowie auf die geologische Thematik ausgerichtete, großmaßstäbliche Übersichtskarte mit Angabe aller zur Deutung und Rekonstruktion herangezogenen Aufschlüsse (Ausbisse, Schächte, Bohrungen) angemessen und wünschenswert gewesen. Die Nachvollziehbarkeit der Abhandlung des geologischen Aufbaus im untersuchten Gebiet ist somit noch immer stark eingeschränkt.



Weiterhin sind die meisten Schichtenverzeichnisse der in dem Plan 4/90 erwähnten und verwendeten Aufschlüsse nicht in den Unterlagen dokumentiert. Außerdem ist unklar, welche Bohrungen zur Validierung des geophysikalischen Meßprogramms verwendet wurden und welche Abweichungen zwischen dem geophysikalischen Datenmaterial sowie den aus den Bohrungen bekannten Fakten bestehen.

Die Ableitung geologischer und lithologischer Einheiten ist aufgrund unvollständiger Darstellung der geophysikalischen Untersuchungsergebnisse nicht nachvollziehbar, was insbesondere für die geologische Beurteilung der näheren Umgebung von Schacht Konrad II und der Bohrung Konrad 101 relevant wäre.

Die geologischen Gegebenheiten im engeren Bereich des geplanten Endlagers sollten noch einmal gesondert und wesentlich detaillierter in einer zusätzlichen Karte dargestellt werden.

Ebenso wie bereits in dem Plan 9/86 sind von den neun in dem Teufendifferenzplan bzw. Tiefenlinienplan gekennzeichneten Profilen lediglich die Profile 1, 2, 3, 5 sowie das Profil 6 in der Kurzfassung dargestellt, obwohl die fehlenden Profile zur Klarstellung des geologischen Aufbaus im Arbeitsgebiet beitragen würden.

Tiefere Aufschlußbohrungen sind aus folgenden Gründen zumindest für den engeren Bereich der Schachthanlage Konrad niederzubringen:

- Validierung des geophysikalischen Meßprogramms durch Einbindung der geforderten Aufschlußbohrungen.
- Gesicherte Erfassung der liegenden Schichten des geplanten Endlagers.
- Geochemische Untersuchungen zur Bestimmung der hydrogeologischen Verhältnisse (Abschn. 3.5.2) im tieferen Untergrund (Klassifikation der Tiefenwässer, Ermittlung verschiedener Grundwasserstockwerke und hydrogeologischer Vernetzungen). Ohne ein entsprechendes Bohrprogramm ist die im Plan 4/90 enthaltene Darstellung und Deutung des Liegenden im Bereich des geplanten Endlagers unsicher, da "Bohrungen meist mit Erreichen des Lias eingestellt wurden". Das liegende Gestein und dessen hydraulische Parameter in der unmittelbaren Umgebung des Endlagers sind bisher nicht im erforderlichen Umfang bekannt.

Die Kenntnisse der präjurassischen Formationen beruht bisher nicht auf konkreten Aufschlüssen, sondern, lediglich auf Analogieschlüssen entfernterer Aufschlüsse.

Die räumliche Verteilung des Zechsteins ist überhaupt nicht, die der Trias kaum durch Bohrungen gesichert. Genaue Lokalisationsangaben wären nötig, um hier die Nachvollziehbarkeit des getroffenen Aussagen zu gewährleisten. Für die Einheiten der Trias ist eine fast vollständige Verbreitung postuliert, obwohl die entsprechenden Schichtfolgen im Profil 2 lediglich aus dem Randbereich der Salzstöcke bekannt sind



(Schacht Thiede 3, Bohrungen Thiede 6, Thiede 16). Auch können die angegebenen Schichtmächtigkeiten nicht hinreichend belegt werden, beispielsweise ist der Keuper nur von der Flanke der Salzstruktur Thiede bekannt, während im Randbereich der Salinarstruktur Vechele und zwischen den Salzstöcken keine direkten Aufschlußdaten vorliegen.

Über den Lias liegen ebenfalls nur wenige Kenntnisse aus Bohrungen vor. Mindestens die Bohrung Konrad 101 hätte bis über den Lias hinaus abgeteuft werden sollen, denn das unmittelbar liegende Gestein des Endlagers und dessen hydraulische Parameter sind bislang im Detail unzureichend erkundet.

Obgleich die Verbreitung von Obertoarcium bis Bajocium durch Kappung und Ausdünnung wesentlich geringer als diejenige der älteren Gesteine eingeschätzt wird, geht man auch hier weiterhin von einer flächenhaften Verbreitung im Endlagerbereich aus. Hier sind Nachweise über Lokalitäten, Schichtfolgen, Gesteinsbeschreibungen und Mächtigkeiten zu fordern, da dieser Bereich wegen der Sandsteinführungen für die Sicherheit des Endlagers von Bedeutung sein könnte.

Der bezüglich seiner Wasserwegsamkeit und lithologischen Ausprägung sehr unterschiedlich ausgeprägte Dogger β -Sandstein des Aalenium ("gute Speichereigenschaften, verwässert bis geringe Speichereigenschaften wegen unzureichendem Porenvolumen") wurde durch die Bohrungen Bleckenstedt 3 und Konrad 101 in toniger Ausbildung nachgewiesen. Weiteres Datenmaterial über Lokalitäten, Schichtabfolgen, Mächtigkeiten und Lithologie müssen dennoch aufgrund der Sicherheitsrelevanz für das geplante Endlager gefordert werden, um die Facies-Verteilung des Dogger β -Sandsteins im Untergrund für Sicherheitsanalysen hinreichend genau abschätzen zu können.

Insbesondere wäre zu untersuchen, ob die lithologischen Unterschiede des Dogger β -Sandsteins regionaler Natur sind, oder ob die Facies-Unterschiede lokal rasch wechseln, was schwerwiegende Konsequenzen für die Wasserwegsamkeiten im Endlagerbereich haben könnte.

Aufgrund des Zutritts von gasführendem Salzwasser (30 l/s) an der Sohle des Schachtes Konrad 2 (Kap 1.2) sowie den Mächtigkeitsschwankungen des Unterbajocium erscheint ein direkter hydraulischer Kontakt zwischen dem Endlager und einem besser wasserwegsam ausgeprägten Dogger β -Sandstein möglich.

Das Bajocium bleibt mit den Beschreibungen "tonig-schluffig bis feinsandig" (Unterbajocium) bzw. "mehr tonig" (Mittelbajocium) zu ungenau charakterisiert. Oberbajocium ist als Schüttung von Delta-Sanden aus Nordosten beschrieben, es bleibt aber offen, ob es in der Bohrung Konrad 101 angetroffen wurde und mit welcher Mächtigkeit, Porosität, Permeabilität sowie Wasserführung das Gestein charakterisiert ist. An



dieser Stelle müssen nochmals die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen Konrad 101 und Bleckenstedt 1 angemahnt werden.

Der ca. 9 m mächtige Unterbathonium-Sandstein ("Cornbrash") wurde in den Bohrungen Bleckenstedt 1, Vechelde 2a, Vechelde 4 sowie Konrad 101 nachgewiesen; dies ist ebenfalls nicht durch beigelegte Schichtenverzeichnisse dokumentiert.

Bathonium bis Callovium keilt nach Westen zu den Salzstöcken Vechelde und Broichstedt aus; die Verbreitung an den Salzstockflanken bleibt jedoch weitgehend unklar. An der Flanke des Salzstockes Vechelde könnte der "Cornbrash"-Sandstein durchaus mit dem Dogger β -Sandstein in direktem hydraulischen Kontakt stehen (Abb. 3.1.9.1/3, Profil 2).

Die Verbreitung des Malm ist wesentlich geringer als die des Dogger und auf die Flankenbereiche der Salzstöcke Vechelde und Broichstedt beschränkt. Im Bereich des geplanten Endlagers wurde Oxford nach Abb. 3.1.9.1/1 in einer Gesamtmächtigkeit von 122,5 m (Konrad 1) bzw. 140,2 m (Konrad 2) angetroffen.

In der Endlagerformation können Schleppungen an den Salzstockflanken auftreten, die einen unmittelbaren hydraulischen Kontakt zwischen dem Dogger β -Sandstein und Korallenoolith als möglich erscheinen lassen. Diese Möglichkeit müßte in die bisherigen hydrogeologischen Berechnungen einfließen, d.h. separat als "worst case"-Fall berechnet werden (Abschn. 3.6).

Die letzten 60 m unterhalb der Schächte wurden bislang nicht, wie bereits in der Beurteilung der Planvorlage 9/86 gefordert, dokumentiert.

Abgesehen von einer nicht ausreichenden geologischen Erkundung der für die Langzeitprognose und -sicherheit bedeutsamen Schichtlagerungsverhältnisse an den Salzstockflanken ist die Darstellung der Verbreitung der verschiedenen geologischen Einheiten (Abb. 3.1.9.6/1, 3.1.9.6/2, 3.1.9.6/3) ohne Angabe der entsprechenden Aufschlüsse, Bohrungen, seismischer Profile etc. nicht nachvollziehbar. Dies ist eine gravierende Fehlstelle, weil über die Mächtigkeiten des Unteren Korallenoolith, der unmittelbaren Basis des Endlagers, kaum Informationen vorliegen. Bei postulierter ungestörter und flächenhafter Verbreitung des Unteren Korallenoolith kann sich bei den bestehenden Unsicherheiten über die Mächtigkeitsangaben der Abstand zum wasserführenden Dogger β -Sandstein im Endlagerbereich auf ca. 120 m reduzieren. Dieser Betrag könnte sich lokal durch Störungen, Schichtlücken, Ausdünnungen etc. noch erheblich reduzieren.



Die Ausführungen über das Oxford im Plan 9/86 wurde z.T. ohne Angabe von Gründen geändert. Beispielsweise war das Oxford im Plan 9/86 "recht gut von der Basis des Mittleren Korallenoolith aufwärts belegt", während es in dem Plan 4/90 als "gut" belegt bewertet ist.

Als weiteres Beispiel ist folgendes Zitat aus dem Plan 9/86 anzumerken: "Oxford transgrediert mit Tonmergelsteinen bzw. verkieselten Kalken, bei denen unklar ist, ob sie mit den Heersumer Schichten gleichgesetzt werden können." In der Planversion von 4/90 hingegen sind die zitierten Gesteine mit den Heersumer Schichten identisch. Auf welchen neuen Untersuchungen und Daten beruht diese Aussage?

Allgemein ist zu den "Schichtverzeichnissen" der Schächte Konrad 1 und Konrad 2 (Abb. 3.1.9.1/1) auf z.T. erhebliche Differenzen der Teufenangaben in Plan 9/86 sowie 4/90 hinzuweisen.

So wurden beispielsweise folgende Abweichungen festgestellt (Angabe bis Teufe (m)):

Konrad 1: Planvorlagen

9/86 4/90

Apt	546 m	546,4 m
Hauterive	765 m	799,8 m

Konrad 2: Planvorlagen

9/86 4/90

Oberalb	342 m	335 m
Mittelalb	396 m	397 m
Unteralb	470,5 m	470,05 m
Barrême	578 m	584,5 m
Kimmeridge	735 m	746,5 m



An dieser Stelle erhebt sich die Frage, auf welchen neuen Untersuchungen die bis zu 34,8 m betragenden Mächtigkeitsunterschiede beruhen.

Es fehlen hinreichend belegte Aussagen über die Ausdehnung der Einlagerungsformation um die Einlagerungskammern sowie die räumliche Lage des Endlagers innerhalb dieser Formation.

Obwohl aus der Literatur über das Hangende des Endlagers reichlich Informationsmaterial vorliegt (KOLBE 1975), sind die Verbreitungen und Mächtigkeiten dieser Schichten teilweise ungenau dargestellt. Die in der Beschreibung erwähnten Kappungen, Schichtlücken, geringe bzw. lückenhafte Verbreitungen, steilstehenden Lagerungen, Störungen etc. kommen in den unterschiedlichen Darstellungen (z.B. Profile) nicht genügend zum Ausdruck, sondern es wird ein eher flächendeckender, relativ einfacher geologischer Aufbau vermittelt.

3.2.1.2 Sedimentpetrographie mit Berücksichtigung der Geochemie

Aus den vorliegenden Planungsunterlagen geht nicht hervor, nach welchen Bohrverfahren die Gesteinsbeschreibungen erstellt worden sind. Lediglich für die Tonsteine und Tonmergelsteine der Unterkreide ist die hier detailliertere Gesteinsbeschreibung mit einem Literaturzitat belegt. Die aus den Gesteinsbeschreibungen abgeleiteten Aussagen sind nur mühsam zu überprüfen und nachzuvollziehen.

Auch die chemischen Analysen der untersuchten Grundwässer sind unvollständig durchgeführt und dargestellt, sodaß sich die Analysen sowie die daraus resultierenden Folgerungen allgemein einer Prüfung und Bewertung entziehen.

Die Sedimentpetrographie ist insgesamt als nicht ausreichend dargestellt einzustufen.

Angaben wie beispielsweise "tonig-schluffig, mehr tonig, feinstsandig" etc. sind Korngrößenbeschreibungen, die kaum Rückschlüsse auf Barriere-, Sorptions-, und geochemische Stabilitätseigenschaften zulassen.

Die übrigen petrographischen Beschreibungen, die im Text und Abb. 3.1.9.1/1 enthalten sind, geben wichtige mineralogische Gesteinseigenschaften (z.B. Tonminerale, Haupt- und Nebengemengeteile, Matrix etc.) nicht wieder und sind somit aus geochemischer Sicht nicht zu verwerten.



Geochemische Reaktionsmechanismen, die für die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers von besonderer Bedeutung sind, werden in den eingereichten Planungsunterlagen fast überhaupt nicht berücksichtigt (z.B. Korrosions- und Lösungsmechanismen in Gesteinen, Klüften, Versatzmaterial). Lediglich in Kapitel 3.7.2. wird auf Korrosionsmechanismen bezüglich der Gebindekorrosion eingegangen. Zusätzlich sind jedoch detaillierte hydrochemische und mineralogisch-petrographische Untersuchungen sowie Lösungsversuche anzustellen, um die Wechselwirkungen zwischen den auftretenden Gesteinen und den verschiedenen Formationswässern abschätzen zu können.

Da nach Kap. 1.2., 3.9.3. und den strukturgeologischen Untersuchungen (Störungssysteme) mit Zutritt von Formationswässern an das Einlagerungsgut gerechnet wird, dürfen die Auswirkungen möglicher geochemischer Reaktionsmechanismen auf die mittel- und langfristige Sicherheit des geplanten Endlagers nicht ignoriert werden.

Durch die geochemischen Lösungs- und Umwandlungsreaktionen kann es zu Gefügeumwandlungen kommen (z.B. Gefügauflockerungen und Zerstörungen durch Phasenbildungen mit Volumenvergrößerungen), die erhebliche Wirkung auf die Wasserwegsamkeit des Gesteins haben und auch die Korrosion von Abfallgebinden beschleunigen können.

In dynamischen, offenen Systemen, in denen kaum Gleichgewichtseinstellungen vorliegen, muß von sehr hohen Lösungsraten (pH-Wert- und temperaturabhängige, lineare Lösungskurven) ausgegangen werden.

So können beispielsweise bereits während der Betriebphase Wassereinbrüche (Erhöhung der Wasserwegsamkeit) und/oder Zerstörungen der Abfallgebinde auftreten. Hierzu müssen experimentelle/ theoretische Untersuchungen gefordert werden, da hochsalinare Lagerstättenwässer besonders korrosive Wirkung aufweisen (Abschn. 12.4).

Wegen der oft exothermen Natur der meisten Lösungsreaktionen ist zusätzlich zu der durch den Zerfall der Radionuklide bedingten Temperaturerhöhung von durchschnittlich 3 K ein weiterer Temperaturzuwachs zu erwarten.

Die Angaben zum Stoffinhalt der verschiedenen Tiefenwässer in Kapitel 3.1.9.6.4. sind im Vergleich zur Planversion 9/86 zwar umgeschrieben und erweitert, jedoch fehlen weiterhin genaue Analysen mit Ionengehalten und -konzentrationen, pH-Werte etc.

Aufgrund eines möglichen Zutritts von oberflächennahen Grundwässern (Chlorid- und Sulfathaltig) in die Schachthanlage müssen auch diese Wässer in die geochemischen Überlegungen einbezogen werden.



Nicht berücksichtigt sind weiterhin bakteriell- und gasinduzierte Korrosionen, deren kurzfristige Wirkungen aus Erz-, Kohle-, Erdöl- sowie Erdgaslagerstätten bekannt sind.

Die in Kap. 1.2. und 3.1.9.6.4. erwähnten Gasauslösungen sind nicht mit Analysenergebnissen unterlegt. Die pyritreichen Gesteine des Oberbathonium im unmittelbar Liegenden sowie einige pyrithaltige Horizonte im Hangenden von Schacht Konrad können unter Eintritt von Formationswässern besonders korrosiv wirkende H_2S -haltige Wässer entstehen lassen.

Zur Abschätzung geochemischer Reaktionsmechanismen und -umsätze sowie auch zu hydrogeologischen Modellierungen (Viskosität, hydraulische Motoren) sind geothermische Temperaturprofile als wichtige Parameter, die weiterhin fehlen, notwendig.

3.2.1.3 Schwachstellen und Konsequenzen

Die Basisdaten zur Stratigraphie, Sedimentpetrographie und Geochemie sind weiterhin unvollständig. Die Lücken treten besonders deutlich bei der Dokumentation der Schichtenverzeichnisse, der petrographischen Untersuchungen, des geophysikalischen Meßprogramms sowie der chemischen Analysen hervor. Die meisten der in der Planvorlage gestellten Aussagen können somit nur schwer bzw. nicht nachvollzogen werden.

Die wesentlichen Schwachstellen der Untersuchungen aus Kapitel 3.1.9.1. und Forderungen über nähere Beweisführungen und Bearbeitungen an den Antragsteller werden im folgenden noch einmal zusammenfassend dargestellt.

- Erstellung einer geologischen Übersichtskarte mit Kennzeichnung aller relevanter Aufschlüsse, Profile etc. Eine "Geologische Wanderkarte" genügt diesen Ansprüchen nicht.
- Darstellung sämtlicher Schichtenverzeichnisse
- Darstellung aller geophysikalischer Untersuchungsergebnisse mit Lage der Profile und Einbindung der bekannten Bohrungen in das geophysikalische Meßprogramm
- Detaillierte Darstellung der geologischen Gegebenheiten im näheren Umfeld des geplanten Endlagers mit Kennzeichnung des Grubengebäudes
- Ausführliche sedimentpetrographische, petrographisch-mineralogische und gefügekundliche Bearbeitung der Gesteine
- Erläuterungen der Befundermittlungen (Bohrkernuntersuchungen)
- Geochemische Untersuchungen (Analysen, Lösungskinetik)
- Intensivere Untersuchung der liegenden Gesteinsschichten.



Der Kenntnisstand über das Liegende der Schachtanlage Konrad ist weiterhin auf geophysikalische Untersuchungen beschränkt; erst das Hangende des Lias ist durch Bohrergergebnisse abgesichert. Vor allem das unmittelbar Liegende des geplanten Endlagers, besonders von Schacht Konrad 2 und Bohrung 101 ist nicht nachvollziehbar und erscheint als nicht gesichert.

Die Darstellung der geologischen Gegebenheiten, z.B. bezüglich der Verbreitung der geologischen Formationen, ist im allgemeinen zu unpräzise und in dieser Form nicht nachzuvollziehen.

Petrographisch-mineralogische Bearbeitungen sind lediglich von den Gesteinen der Unterkreide beschrieben. Die sedimentpetrographische Bearbeitung ist insgesamt unzureichend und lückenhaft.

Geochemische Reaktionsmechanismen, insbesondere in Bezug auf die Wechselwirkungen zwischen den Formationswässern und den Gesteinen im Endlagerbereich, sind noch immer praktisch völlig vernachlässigt, obgleich hier eine bedeutende mittel- und langfristige Sicherheitsrelevanz vorliegt. Hier können u.a. thermodynamische Modellansätze Aussagen über Grundwasser-Gesteins-Wechselwirkungen liefern.

Die möglichen Auswirkungen geochemischer Reaktionsmechanismen sind die Grundlage für die verschiedenen geochemischen Modellierungen (Beeinflussung des Wirtsgesteins) und technischen Konzepte (Verfüllen und Verschließen).

3.2.2 Strukturgeologie (Kapitel 3.1.9.2 der Planunterlagen)

Auf die prinzipielle Aussagekraft geophysikalischer Untersuchungen wurde bereits im Rahmen der Beurteilung der Stratigraphie eingegangen.

Die Teufen der erkannten Grenzflächen werden entsprechend den Interpretations- und Auswertemöglichkeiten seismischer Anomalien in korrekter Form näherungsweise in Abhängigkeit des Meßfehlers angegeben.

Grenzflächen, welche die Tiefenlage des Muschelkalk, insbesondere des Salzlagers beschreiben, wurden offensichtlich nicht erkannt.

Zur Validierung des geophysikalischen Meßprogramms, besonders in der Umgebung des geplanten Endlagers, wäre eine Tieferführung der Bohrung Konrad 101 notwendig gewesen.



Es konnten vier große Hauptstörungen (Immendorfer Störung sowie Sauinger Sprung, Bleckenstedter Sprung und Konrad-Sprung) sowie eine Anzahl kleinerer Störungen seismisch erkannt und z.T. durch Grubenaufschlüsse belegt werden. Der Verlauf der Störungen ist jedoch nicht immer gesichert (z.B. Immendorfer Störung, zwei Störungen im Liegenden des Erzlagers).

Die aus Grubenaufschlüssen bekannten Störungen werden nicht näher beschrieben und sind auch nicht statistisch und nachvollziehbar erfaßt (z.B. Schmidt'sches Netz, Lagenkugelprojektionen).

Der zeitliche Abschluß der Hauptstörungen des Konrad-Grabens wird nicht genau festgelegt, jedoch wird für die Bewegungsvorgänge eine Zeitspanne vom Unteren Buntsandstein bis "ins tiefste Alb" (3.1.9.2-11), also eventuell bis in den wasserführenden Hilssandstein, vermutet.

Die Aufstiegsbewegungen der Salzstrukturen Vechele und Broistedt reichen bis in die Oberkreide (3.1.9.2-13), d.h. bis in diese Schichten sind Störungen zu vermuten. Demgegenüber halten die halokinetische Bewegungen des Salzstockes Thiede bis in die Gegenwart an (3.1.9.2-12), sodaß hier jederzeit die Entstehung neuer Störungen möglich ist.

Die Schachtteufenmessungen (Abschn. 4.3.) liefern weitere Belege für eine aktive tektonische Beanspruchung des Endlagerbereiches, die möglicherweise mit dem rezenten Aufstieg des Salzstockes Thiede in Verbindung steht.

Entsprechend der halokinetischen und epirogen-tektonischen Beanspruchung des Einlagerungsgebietes, die eine intensive Bruchtektonik zu Folge hatten, werden in den Anlagen 3.1.9.2/2, -/3, -/4 eine Vielzahl von größeren und kleineren Störungen abgebildet, deren Verlauf (meist nicht gesichert) in die Unterkreide und weiter reichen kann. Es wird nicht erwähnt, ob die in der Literatur für das nördliche Harzvorland beschriebenen starken tektonischen Bewegungen in der Oberkreide (saxonische Bruchfaltung) sowie die Bewegungen im Tertiär und Pleistozän für das Untersuchungsgebiet ausgeschlossen werden können. Offen bleibt ebenfalls, ob die Chlorid-Anomalien (Abschn. 3.2.1.2) in oberflächennahen Grundwässern auf junge tektonische Störungssysteme (möglicherweise in Verbindung mit älteren Störungen) hindeuten, da auch diesbezüglich in der Planvorlage 4/90 nicht auf neue Untersuchungen hingewiesen wird.

Die Anlage 3.1.9.2/1 vermittelt zwar einen Eindruck von der tektonischen Beanspruchung des Einlagerungsbereiches, jedoch sind die quantitativen Parameter der Störungen (Einfallsrichtung, Einfallswinkel, Häufigkeitsverteilung etc.) damit nicht beschrieben. Hier hätten auf jeden Fall statistische Auswertungen (bevorzugte Kluftsysteme, Gefügeanalysen für räumliche Standsicherheitsbetrachtungen) mit Kluftrosen sowie Lagenkugeln-Projektionen durchgeführt und dargestellt werden müssen.



Ebenfalls sind auch im Plan 4/90 keine Angaben über Klüftigkeiten, Durchtrennungsgrad und Auflockerungsgrad der Einlagerungsformation bzw. der Hangend- und Liegendsschichten gemacht worden, obwohl diese Informationen sowohl für hydrogeologische Überlegungen (effektive Wasserwegsamkeiten, Wasserpfade) als auch für Stand-sicherheitsberechnungen von Bedeutung sind.

Insgesamt gesehen ergibt sich aus den struktureologischen Ausführungen der Planvorlage 4/90 das Bild eines tektonisch bis mindestens in die Oberkreide (Ilseder Phase) intensiv beanspruchten Gebietes. Durchgehende hydraulische Systeme können nach den vorliegenden Befunden nicht mit der nötigen Sicherheit ausgeschlossen werden, zumal davon auszugehen ist, daß eine Vielzahl von Nebenstörungen zu den Hauptstörungen sowie kleinere Störungen noch nicht erfaßt sind.

Schwachstellen und Konsequenzen

Zusammenfassend sind für den struktureologischen Teil der Planvorlage 4/90 folgende Schwachstellen anzuführen:

- fehlende detaillierte Darstellung der Struktur der Einlagerungsformation (mit Kennzeichnung der Einbaue), sowie der Hangend- und Liegendsschichten
- ungenügende Darstellung der Klüftigkeit der Einlagerungsformation in aussagefähiger Form (Kluftrosen, Lagenkugel-Projektionen)
- keine gefügekundlichen Untersuchungen und statistische Auswertungen
- keine Aussage über Durchtrennungs- und Auflockerungsgrad der Einlagerungsformation.

Aufgrund weiterhin fehlender Dokumentation der Basisdaten sind die Aussagen zum Themenkreis nicht zu überprüfen.

3.3 Seismologische Verhältnisse und Lastannahmen (Kapitel 3.1.9.3 der Planunterlagen)

Die seismologischen Verhältnisse sind ausreichend dargestellt.

Das Auslegungs- und Sicherheitserdbeben wird gemäß den KTA-Richtlinien über einen Intensitätsvergleich mit historisch beobachteten Erdbeben angenommen. Ungeklärt bleibt aber die Ableitung der maximalen Bodenbeschleunigungen aus den Erdbebenintensitäten, die nur nach empirischen Beziehungen abgeleitet werden können.

Hier fehlt die im Gutachten der PGC vom Juli 1987 geforderte Einschaltung eines Sondergutachters.



Aus den maximalen Schwinggeschwindigkeiten werden mit entsprechenden seismischen Geschwindigkeiten die maximalen dynamischen Zusatzspannungen errechnet, die aber nur im unverritzten Gebirge zutreffen. Für die aufgefahrenen Hohlräume werden diese über eine Ideallösung des kreisrunden Hohlraumes abgeschätzt.

3.4 Lagerstätte (Kapitel 3.1.9.4 der Planunterlagen)

Für eine Beurteilung der Lagerstätte, dem unmittelbaren Einlagerungsbereich, wäre auch für die Planvorlage 4/90 eine umfassende, übersichtlichere Darstellung der stratigraphischen, petrographischen und gefügekundlichen Verhältnisse unter Einbeziehung des unmittelbar Hangenden und Liegenden sowie der Einlagerungskammern wünschenswert gewesen. Die wechselnden Mächtigkeiten, die petrographischen Veränderungen der Gangarten und die unmittelbaren tektonischen Gegebenheiten sind aus den vorliegenden Unterlagen nur schwer nachzuvollziehen.

Zur Abschätzung der Auswirkungen geochemischer Reaktionsmechanismen, besonders hinsichtlich der Wirkung von Tiefengrundwässern, wären eine ausführliche Darstellung der petrographischen Untersuchungen und entsprechende thermodynamische Modelle nötig gewesen.

Mineralogisch-geochemische und gefügekundliche Untersuchungen, z.B. von Kluftmineralisationen, könnten auf mögliche hydraulische Verbindungen zu anderen Schichten hinweisen und/ oder die Vorhersage von Mineralreaktionen bei Zutritt von salinaren Wässern ermöglichen.

Derartige Untersuchungen würden zusätzlich die verschiedenen zeitlich aufeinanderfolgenden tektonischen Beanspruchungen nachvollziehen. Diese Untersuchungen fehlen hier.

Die Darstellung der Genese der Lagerstätte und die Einschätzung der Bauwürdigkeit entspricht dem heutigen Stand der Kenntnisse.



3.5 Hydrologische, hydrogeologische Verhältnisse und Modelle

3.5.1 Hydrologie und Wasserwirtschaft (Kapitel 3.1.4 und 3.1.9.5 der Planunterlagen)

Im untersuchten Gebiet befinden sich zahlreiche Grundwasserentnahmestellen mit einer Gesamtförderquote von ca 46 Mio. m³/a. Im unmittelbaren Nahbereich von Schacht Konrad II betreiben die P + S-Stahlwerke bei SZ-Bleckenstedt Wasserwerke mit einer Fördererlaubnis (seit 1938) für 3,7 Mio m³/a (3.1.9.5-9).

Die wichtigsten Brunnen sind zwar allgemein mit Beschreibung des Grundwasserleiters und unter Angabe der Förderleistungen beschrieben, jedoch fehlen die Darstellungen der entsprechenden Bohrprofile nach DIN 4023.

Zur Bilanzierung der Wassermengen des "obersten Grundwasserstockwerkes" (Quartär und Plänerkalke) sind Daten zur Beschreibung des Entnahmebereiches unbedingt notwendig. Die im Plan fehlende korrekte hydrologische Bilanzierung würde Aufschluß über hydraulische Vernetzungen zwischen den Schichten der Oberkreide und Unterkreide geben.

Die hydraulischen Kennziffern des oberen Grundwasserstockwerkes wurden durch Kurzzeitpumpversuche in 13 Grundwassermeßstellen und die Auswertung eines Dauerpumpversuches im Wasserwerk Bleckenstedt sowie mittels radiohydrometrischer Einbohrlochmessungen bestimmt (3.1.9.6-6). Eine genügende Nachvollziehbarkeit ist jedoch nur mit Angaben über die entsprechenden Brunnenparameter, die geographische Lage, die Pegeltiefe, Ausbau der Pegel und die entsprechenden Profile gegeben.

Die Grundwasserspiegelmessungen und Ganglinien in diesen Pegel sind nicht bekannt, sodaß keine Unterscheidung von Gebieten mit aufsteigender Wasserbewegung (Discharge-Gebiete mit positiver Druckabweichung gegenüber dem hydrostatischen Druck) und absteigendem Grundwasser (Recharge-Gebiete mit positiver Druckabweichung gegenüber dem hydrostatischen Druck) getroffen werden kann (TOTH 1980; DVWK-SCHRIFTEN 1983; DVWK-SCHRIFTEN (1983).

Das Pegelnetz sollte, um belastbare Aussagen über hydraulische Verbindungen des oberen Grundwasserleiters mit tieferen Stockwerken treffen zu können, auf ein aussagefähiges Beobachtungsraster ausgebaut werden.

Insgesamt betrachtet sind die hydrologischen Untersuchungen weiterhin unvollständig und lediglich teilweise nachvollziehbar dargestellt bzw. ausgeführt.



3.5.2 Hydrogeologie und Hydrochemie

3.5.2.1 Hydrogeologie (Kapitel 3.1.9.6 der Planunterlagen)

In Hinblick auf die geologische Beurteilung der Sicherheit eines Endlagers steht der Problemkreis der chemischen Zusammensetzung der Tiefengrundwässer (NAGRA 1985 c) und die Vernetzung von Tiefenwasserzirkulationssystemen im Vordergrund. Dennoch liegen keine detaillierten Analysen der verschiedenen Tiefenwässer vor, sondern der Stoffinhalt der Tiefenwässer ist in der Planvorlage 4/90 noch immer in allgemein beschreibender Form dargestellt. Zwar sind im Vergleich zum Plan 9/86 genauere Daten über die Verteilung der Salzgehalte der Wässer aus der Grube Konrad in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe enthalten (Abb. 3.1.9.6/1) und zusätzliche Angaben über die Zusammensetzung der Tiefenwässer (z.B. Berücksichtigung einiger Kationen) getroffen worden, dennoch sind die Analysendaten noch immer nicht genügend bezüglich der Einzelelemente und deren Tiefenverteilung dokumentiert.

Die Angaben über den Abdampfrückstand bzw. Lösungsinhalt der Planvorlagen 9/86 und 4/90 stimmen z.T. unbefriedigend überein, beispielsweise sind für die Formationswässer des "Cornbrash"-Sandsteins Werte von 190 g/l (4/90) bzw. 231 g/l (9/86) angegeben (Abb. 3.1.9.6/1).

Die Durchlässigkeitsbeiwerte für den Lias und die älteren, liegenden Schichtglieder wurden weiterhin lediglich postuliert und nicht experimentell ermittelt.

Auffällig ist die auf Seite 3.1.9.6-10 getroffene Feststellung, daß hohe Chlorid-Gehalte der oberflächennahen Grundwässer auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen sind. Diese Aussage ist vor dem Hintergrund möglicher Aufstiegswege salinarer Tiefenwässer und der Nähe zu Salzstöcken aus folgenden Gründen nicht plausibel:

- Die landwirtschaftlichen Flächen im Untersuchungsgebiet sind bis zu 60 % mit salzempfindlichem Weizen bebaut.
- Die heute üblichen Düngemittel enthalten kaum Chlor in bedeutenden Mengen.

Die Behauptung über die Herkunft des Chlorids aus landwirtschaftlicher Produktion wären beispielsweise durch parallele Nitratmessungen und spezifischer anthropogener Parameter zu erhärten bzw. zu widerlegen. Ansonsten erscheinen eher lokale hydraulische Verbindungen zu salinaren Tiefenwässern wahrscheinlich, besonders in einem Gebiet, das von Salzstöcken umgeben, tektonisch stark gestört ist und in dem salinare Tiefenwässer nachgewiesen sind.



Ein Vergleich der Abb. 3.1.9.6/7 (Chlorid- und Sulfatgehalte des oberflächennahen Grundwassers) mit Profil 5, Profil 6 (Kurzfassung) und den Teufendifferenzplänen zeigt, daß die Zonen mit erhöhten und hohen Chlorid- und Sulfatgehalten mit den Störungen Sauinger-Sprung, Bleckenstedter Sprung, den davon südlich verlaufenden Verwerfungen (Profil 6) und der Immendorfer Störung korrelieren, was in plausibler Weise eine Verzahnung von salinaren Tiefenwässern mit oberflächennahen Grundwässern über wasserwegsame tektonische Elemente nahelegt.

Diese Korrelationen zu tektonischen Störungssystemen hätten durch entsprechende Detailkartierungen und hydraulisch/ hydrochemischer Einstufung als "zutreffend" oder "eher zufällig" beurteilt werden können.

Temperaturmessungen wurden an 28 Meßstellen durchgeführt, einige Meßstellen weisen "stark erhöhte Werte bis 38°C" auf. Die hohen Wassertemperaturen werden auf anthropogene Ursachen zurückgeführt; ohne Angaben zur Lokalität sowie einer genauen Erläuterung dieser Ursachen kann diese Behauptung aber nicht nachvollzogen werden. Könnten nicht thermale Tiefenwässer für die anomalen Temperaturgradienten verantwortlich sein?

Ein zeitgemäßes und besonders der Bedeutung des geplanten Projektes angemessenes Gutachten muß eine detaillierte sowie und transparente Darstellung und Auswertung der hydrochemischen Gegebenheiten aufweisen, insbesondere wenn es sich an die Anforderungen des §9b Abs. 3 AtG in Verbindung mit §7 Abs. 2 AtG anlehnt.

An dieser Stelle ist es angebracht, noch einmal zusammenfassend auf die Bedeutung der Hydrogeochemie einzugehen (NAGRA 1985 c):

- Die einzelnen Parameter der Wasserbeschaffenheit und ihre Wechselbeziehungen geben Beweise oder Hinweise auf die Herkunft, die Entwicklung (Evolution, Genese) und die Verweilzeiten des Tiefengrundwassers. Aus der Beschaffenheit der Tiefengrundwässer können Schlüsse auf hydraulische Verbindungen gezogen werden. Sodann lassen sich räumliche und zeitliche Daten der Grundwasserzirkulation ableiten, welche wichtige Bausteine der regionalen hydrogeologischen Synthese sind und zusammen mit anderen Daten eine Validierung hydrodynamischer Modelle gestatten.
- Chemische und physikalische Daten der Tiefengrundwässer sind auch für das Studium der Korrosion der in einem Endlager Versatz- und Behältermaterialien erforderlich.
- Die Sicherheitsanalyse benötigt eine Definition der für das Wirtsgestein des Endlagers maßgebenden Wasserbeschaffenheit, um für die Radionuklide die Löslichkeitslimits und Sorptionsprozesse beurteilen zu können.



Vergleichsuntersuchungen von Tiefenwässern des Korallenoolith und des Hilssandstein (GRONEMEIER et.al. 1983) zeigen, daß beide Wässer chemisch ähnlich charakterisiert sind (Abb. 1); dies könnte auf hydraulische Vernetzungen zwischen beiden Aquifern hindeuten. Aufgrund seiner Tiefenlage weist das Korallenoolith-Wasser eine gegenüber dem Hils-Wasser höhere Salinarität sowie erhöhte Gehalte von Lithium und Brom auf.

Die hierzu angestellten thermodynamischen Gleichgewichtsberechnungen mit dem Computerprogramm WATEQF (Abb. 2) ergaben für beide Tiefenwässer eine Übersättigung gegenüber Quarz (GRONEMEIER et.al. 1983; GSF 1982).

Dies ist nach (DVWK-SCHRIFTEN 1983) ein Indiz für aufsteigendes und sich dabei abkühlendes tiefes Grundwasser, das wegen verzögerter Gleichgewichtseinstellung bezüglich Quarz übersättigt ist. Die Übersättigung mit Quarz weist also auf ein bedeutames Tiefenwasserzirkulationssystem hin.

In Kapitel 3.1.9.6-17 wird aus der Spurenelementzusammensetzung, insbesondere der Entwicklung der Bromidgehalte in Beziehung zum Salzgehalt der Wässer, geschlossen, daß "es sich bei den hochsalinaren Wässern aus Hilssandstein, Korallenoolith und "Cornbrash" um Mischungen von marinen Porenwässern mit konzentrierten Ablauungswässern von Salzstöcken handelt". Ohne entsprechende Analysendaten ist diese Aussage jedoch nicht nachvollziehbar; gleichermaßen könnte so ein Grundwasser als Indiz plausibles Indiz für die Mischung verschiedener Tiefenwässer über hydraulische Netzverbindungen aufgefaßt werden.

Indizien für großräumige und komplexe Strömungssysteme sind nach MATTHESS (1990) das Br/Cl-Verhältnis (0,005) sowie Bor-Gehalte >10 mg/l (11,72 mg/l) in den Wässern des Korallenooliths (GSF 1982).

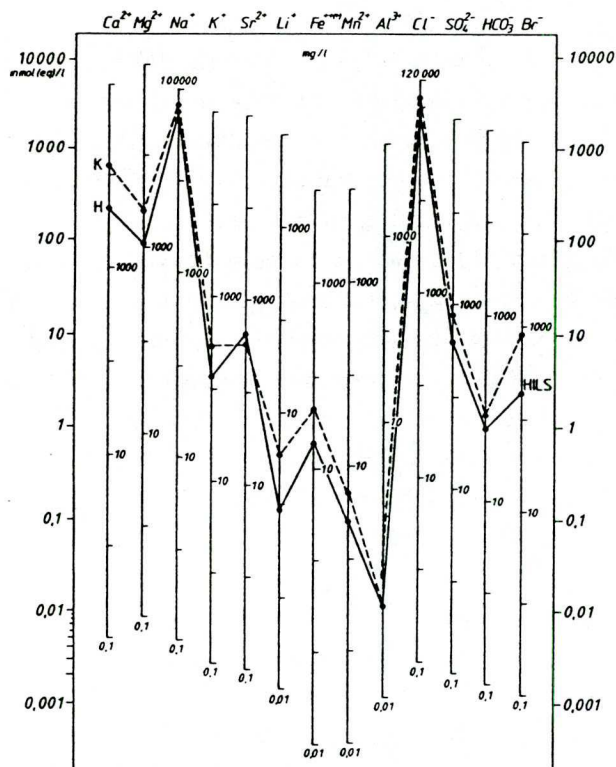
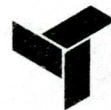


Abb. 1: Chemische Analysen der Korallenoolith- und Hilssandsteinwässer (Schöller-Diagramm) aus (GRONEMEIER et.al. 1983).

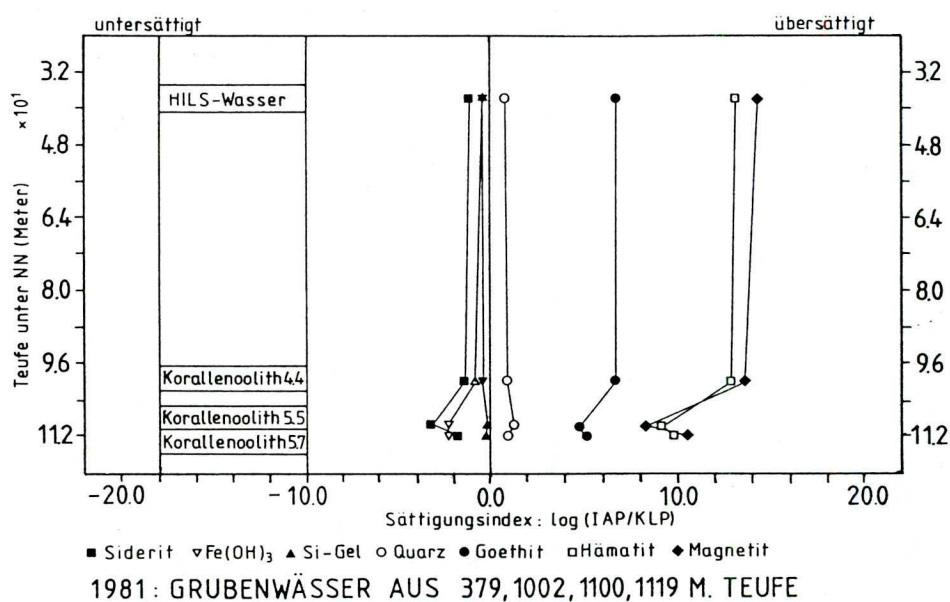


Abb. 2: Mineralsättigung der Tiefenwässer aus der Grube Konrad aus (GRONEMEIER et.al. 1983). IAP: Ionenaktivitätsprodukt, KLP: Gleichgewichtslöslichkeitsprodukt.



Untersuchungen von KOLBE et al. (1975) und HARDER (1965) deuten ebenfalls auf hydraulische Kontakte zwischen Korallenoolith und einer Salinarstruktur hin. An durchkreuzten Längsstörungen in der Schachtanlage Konrad tritt nach HARDER (1965) und KOLBE et al. (1975) beispielsweise Coelestin (Strontiumkarbonat) auf, was HARDER (1965) für Absätze NaCl-reicher Lösungen hält, die Strontium aus Zechsteinsalzen ausgelaugt haben. KOLBE et al. (1975) weisen aufgrund von Untersuchungen der Bohrung Alvesse I auf diagenetische Beeinflussungen durch Solen naher Salzstöcke hin.

Die für die Tiefenwasserzirkulation wichtigen Wässer des Hilssandstein stehen also offenbar nicht nur mit den hangenden Schichten in hydraulischem Kontakt, sondern es existieren offenbar ebenfalls Vernetzungen mit dem stratigraphisch Liegenden. Sicherheitsanalytisch relevante Erkenntnisse über die Zirkulation der Tiefenwässer wären nur mittels geeigneter geochemischer Methoden (z.B. detaillierte Isotopen- und Spurenelementuntersuchungen) möglich gewesen.

Zur Bestimmung der hydrochemischen Genese der Tiefenwässer und zur quantitativen Abschätzung von Massenbilanzen sind Untersuchungen des Kontaktgesteins (verwittertes - unverwittertes Gestein) und experimentelle Befunde zur Wechselwirkung dieses Gesteins mit den unterschiedlichen Tiefenwässern zu fordern. Zu diesem Themenkreis liegen in den Planungsunterlagen 4/90 keine neuen Erkenntnisse vor.

Die Grundwasserdynamik, d.h. das Wesen von Tiefengrundwasserzirkulationssystemen, bleibt durch nicht erhobene und/oder dargestellte Daten weiterhin unklar.

Ein wichtiger Antriebsmechanismus für weitreichende Grundwasserzirkulationen in und zwischen tiefen Aquifersystemen ist das Entstehen freier Gase durch Druckabnahme beim Aufstieg und hierdurch bedingte langsamerer Zunahme des hydrostatischen Druckes mit der Tiefe (MATTHESS 1983).

3.5.2.2 Isotopenuntersuchungen

Zur altersmäßigen Klassifizierung der quartären Grundwässer wurden 28 Grundwassermeßstellen auf Tritium und 7 Meßstellen auf Kohlenstoff-Isotope (^{14}C) untersucht (3.1.9.6-11). Aus dem beigefügten Plan (Anlage 3.1.9.6/6) geht jedoch meist nicht die Bezeichnung der Meßstellen hervor, außerdem fehlen die den einzelnen Meßpunkten entsprechenden Meßdaten, sodaß die im Plan 4/90 getroffenen Aussagen nicht nachvollziehbar sind.



Die meisten Beobachtungsbrunnen enthielten über 20 TU (Tritium-Units) Tritium, an drei Pegeln wurden unter 5 TU bestimmt, d.h. das Grundwasser dieser Pegel ist älter als 1950. Aufgrund fehlender Informationen bleibt aber unklar, welche Meßstellen in welchen Aquifern diese Anomalie aufweisen, ob die drei Pegel zusätzlich auf ^{14}C untersucht wurden und ob die Tritium-Anomalie eventuell mit weiteren Besonderheiten im Arbeitsgebiet korreliert (z.B. Chlorid-Gehalte, Störungssysteme, Temperaturanomalien usw.). Falls dies der Fall sein sollte, liegt ein weiteres Indiz für lokal bis in die Biosphäre aufdringende Tiefenwässer vor.

An den tiefen hochsalinaren Wässern aus der Grube Konrad wurden zusätzlich Messungen zur Bestimmung der isotopischen Zusammensetzung (^2H , ^{18}O) und des Gehaltes an radiogenem Helium vorgenommen, die ein Alter "Millionen Jahren" bescheinigen. Diese Behauptung ist ohne detaillierte Darstellung der Meßergebnisse allerdings nicht nachzuvollziehen.

Das Isotopenverhältnis $^2\text{H}/^{18}\text{O}$ gibt auch Aufschluß über die Beteiligung fossiler Salzlagerstätten; in diesem Fall tritt, im Gegensatz zur Herkunft aus marinen Formationswässern, häufig eine Abreicherung an Deuterium und schwerem Sauerstoff gegenüber dem rezenten Meerwasser ein (DVWK-Schriften 1983).

Nach MOSER & RAUERT (1980) läßt sich aufgrund von $^2\text{H}/^{18}\text{O}$ -Daten prüfen, ob salinare Wässer aus Meerwasser, Erdöllagerstättenwasser, Formationswasser mariner Sedimente oder anthropogen angereichertem Wasser stammen. In der Praxis konnten MOSER & RAUERT mit derartigen Isotopenmethoden großräumige hydraulische Verbindungen in Grundwasserleitern nachweisen.

3.5.2.3 Mineralquellen

Die Mineralwässer des Harznordrandes, des subherzynen Beckens sowie des Flechtinger Höhenzuges wurden auch in der Planvorlage 4/90 völlig vernachlässigt, obwohl aus der Tiefenlage, Temperatur und dem Chemismus der Quellen wichtige Erkenntnisse über das regionale Grundwasserfließgeschehen zu erwarten sind. Eine detaillierte Betrachtung sämtlicher Mineralquellen hätte wesentlich zur Validierung von Konzepten für entsprechende regionale Grundwassermodelle beitragen können. Mineralwasseraustritte geben Aufschlüsse über



- Kontakte tiefer Grundwasserleiter mit der Biosphäre
- Hydraulische Kontakte zwischen verschiedenen Grundwasserleitern (Tiefenzirkulationssysteme)
- Grundwassereinzugs- und -Neubildungsgebiete
- Exfiltrationen von Grundwasser
- Entstehungstiefen
- Abgrenzungen zu anderen Grundwasserfließsystemen.

Abb. 3 stellt die Mineralwasservorkommen im Umkreis von 50 km um das geplante Endlager dar. Durch Schächte erschlossene Salzwässer inmitten des variszischen Gebirges im Bereich des Flechtinger Höhenzuges nach CARLÉ (1975) sind beispielsweise Belege für hydraulische Kontakte zu einem mindestens 70 km entfernten Salzlager.

Dieses Beispiel unterstreicht noch einmal die Bedeutung von Mineralquellen für die Abschätzung der hydraulischen Fließvorgänge.



3.5.2.4 Gasanalysen

In den Planunterlagen 9/86 wurde über Gasanalysen der in den Grubenwässern von Schacht Konrad gelösten Gase berichtet. Mit einem Gesamtgasgehalt von 13 bis 15 Vol % wurden dabei hohe Methan- (25 % bis 72 %) und Kohlendioxidanteile (2 % bis 20 %) sowie Spuren von Äthan festgestellt. Bei den Kohlenwasserstoffen dieser Proben handelte es sich um Mischgase aus bakteriell produziertem Methan und thermisch gebildeten Kohlenwasserstoffen aus einem marinen Muttergestein. Die thermisch gebildeten Kohlenwasserstoffe kamen "aus größerer Tiefe"; auch dies ist als ein deutlicher Hinweis auf wirksame Verbindungen mit liegenden Aquifern zu werten.

Die oben genannten Gasanalysen werden in den vorliegenden Planunterlagen 4/90 nicht mehr erwähnt, obwohl sie wichtige Anhaltspunkte über die Gas- und Wasserwegsamkeiten im Bereich des geplanten Endlagers geben könnten. Es müssen weitere Untersuchungen erfolgen, bzw. die entsprechenden Daten vorgelegt werden, um die Herkunft und Genese der Tiefenwässer zu klären.

Obwohl Edelgasmessungen in regionalen Rahmen einen wichtigen Bestandteil einer umfassenden hydrochemischen Untersuchung zur Aufhellung der Grundwasserfließverhältnisse darstellen und bereits in der Beurteilung der Planvorlage 9/86 gefordert wurden, erwähnt der Plan 4/90 keine diesbezüglich angestellten Untersuchungen.

Dabei können Edelgasgehalte wichtige Aufschlüsse über Druck- und Temperaturbedingungen zum Zeitpunkt der Grundwasserneubildung (MATTHESS 1990), Mischungsverhältnisse, Zirkulationswege sowie der Grundwassergenese geben (DVWK-SCHRIFTEN 1987). Darüber hinaus lassen sich mit Hilfe der Daten über Edelgasmessungen die anhand der ^{18}O -, ^{13}C - und ^{14}C -Gehaltsmessungen und deren Interpretation hinsichtlich des Alters und der Neubildungsbedingungen überprüfen (DVWK-SCHRIFTEN 1987).

3.5.2.5 Schwachstellen und Konsequenzen

Die Ausführungen zur Hydrogeologie sind insbesondere aufgrund unzureichend dokumentierter Datenbasis (chemische Analysen) nur teilweise zu prüfen und zu bewerten.

Gängige Verfahren zur Auswertung hydrochemischer Daten (Abb. 4) sind nicht bzw. in zu geringem Umfang angewendet worden.

Zusammenfassend sind folgende Schwachpunkte der Ausführungen zur Hydrogeologie in der Planversion 4/90 festzustellen:

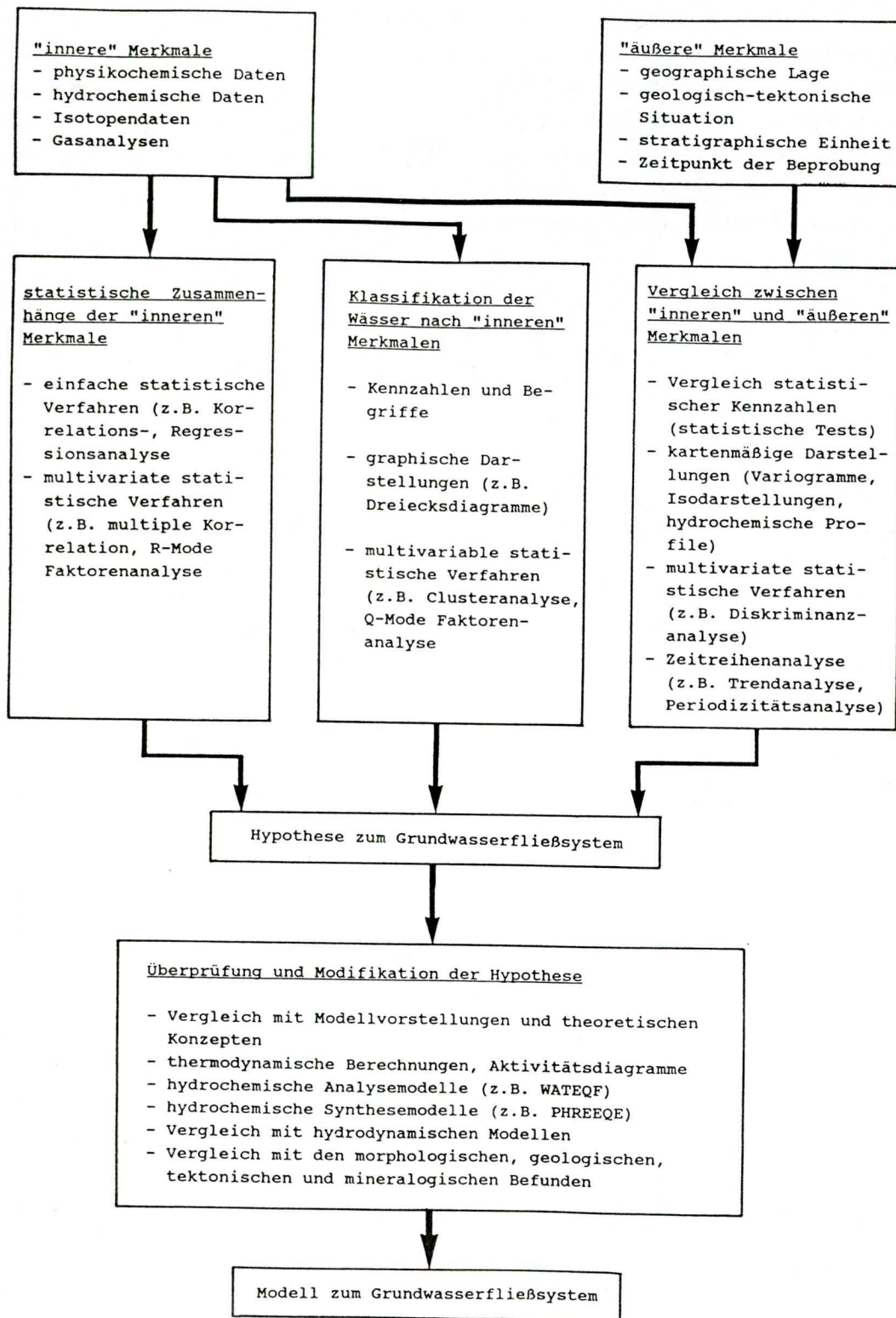


- Es liegen weiterhin keine detaillierten chemischen Analysen der verschiedenen Tiefengrundwässer vor
- Über das Liegende des Lias sind lediglich pauschalisierte hydraulische Kennwerte angegeben
- Hinweise für hydraulische Kontakte zwischen den tieferen Grundwasserleitern und dem oberen Grundwasserstockwerk (z.B. Chlorid-, Temperaturanomolien) wurden nicht geprüft und entkräftet
- Es liegt noch immer keine transparente Darstellung und Auswertung der hydrogeologischen Gegebenheiten vor
- Die Wechselwirkungen zwischen dem Gestein und den verschiedenen Tiefenwässern wurden nicht ausreichend untersucht bzw. dargestellt. Hier fehlen Lösungsversuche mit unterschiedlichen Modell-Tiefenwässern und thermodynamische Modellierungen
- Die Untersuchung der im hohen Maße für die Langzeitsicherheit und -prognose relevanten Tiefenwasserzirkulation ist teilweise nur sporadisch und damit auch unbefriedigend erfolgt. So finden beispielsweise die Mineralquellen im weiteren Umfeld des geplanten Endlagers keine Erwähnung. Weitere Bohrungen im untersuchten Gebiet mit detaillierten chemischen Analysen der dort auftretenden Tiefenwässer hätten hier zu wesentlich fundierteren Aussagen geführt
- Isotopenuntersuchungen, Mineralquellen und Gasanalysen sind nicht genügend in das hydrogeologische Gesamtbild eingeflossen.



Die Verwendung hydrochemischer Daten als natürliche Tracer zur Beschreibung von Grundwasserfließsystemen

Problemstellung



Ausgangsdaten

erste Übersicht über Datenstrukturen und statistische Zusammenhänge

vorläufige Synthese der Ergebnisse

Detailanalyse

anschließende Synthese der Ergebnisse

Abb. 4: Übersicht über Verfahren zur Auswertung hydrochemischer Daten aus PLUM (1987).



3.6 Geowissenschaftliche Bewertung

(Kapitel 3.1.10 – 3.1.10.4 und 3.9.5 der Planunterlagen)

Wie im Plan 4/90 dargestellt, muß "die erforderliche Sicherheit eines Endlagers in einer geologischen Formation durch eine standortspezifische Sicherheitsanalyse nachgewiesen werden, die das Gesamtsystem – geologische Verhältnisse sowie Endlager und Abfälle – berücksichtigt".

An dieser Stelle sei einleitend darauf hingewiesen, daß im vorgelegten Plan 4/90 keine ausreichende und eindeutig nachvollziehbare Darstellung der für die sicherheitstechnische Bewertung relevanten Erkundungen, ihrer Ergebnisse und Interpretationen gegeben ist. Somit enthält der Plan 4/90 ebenso wie die Ausgabe 9/86 keine ausreichende Darstellung einer hinreichend belastbaren Datenbasis für eine nachvollziehbare sicherheitstechnische Bewertung der relevanten Geosysteme (s. Abschn. 3.2 und 3.2.1), zumal die geologisch und hydrogeologisch relevanten Schichten im Liegenden der Grube Konrad nicht direkt erkundet sind. So sind zwar möglicherweise die Verbreitungsgebiete des Rhät-, Hettangium-, Dogger- β -, Bathonium- und Hils-Sandstein ausreichend erfaßt, nicht jedoch ihre hydraulische Relevanz im Gesamtsystem, da ausreichende direkte Aufschlüsse im Bereich des geplanten Endlagers und darüber hinaus fehlen bzw. nicht dargestellt sind. Die Aussage, "wasserdurchlässige Schichten des tieferen Untergrundes sind (...) hinreichend bekannt", wird im Plan 4/90 kaum durch Daten, sondern im wesentlichen durch Analogieschlüsse belegt. Dies gilt insbesondere für das Liegende der Grube und für Schichtenverläufe und -verbreitungen im Bereich des Salzgitter-Höhenzuges.

Die im Plan postulierte "gute Qualität" der Barriere Unterkreide wird aus "vielfältigen Laborversuchen" abgeleitet, ohne daß diese beschrieben sind. Dies verhindert eine Beurteilung dieser Daten. Darüber hinaus werden die Barriere-Eigenschaften lediglich aus Labordaten eines einzigen Aufschlusses (Bohrung Konrad 101) abgeleitet und auf ein mehrere km² großes Gebiet übertragen.

Insbesondere die im Labor an Kernen aus Konrad 101 offenkundig für das Alb (ohne Hils-Sandstein) ermittelten Permeabilitäten ($k_f < 10^{-11}$ m/s) sind ohne eine Beschreibung der Versuchsanordnung nicht bewertbar.

Die Übertragbarkeit dieser Daten auf In-Situ-Verhältnisse ist ohne Ergebnisse an vergleichenden hydraulischen In-Situ-Tests in der Bohrung Konrad 101, über die im Plan nicht berichtet wird, nicht gegeben, da die In-Situ-Durchlässigkeiten bzw. Wasserwegsamkeiten des Alb-Gebirges von diskreten wasserwegsamem Trennflächen abhängen. Die im Labor ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte dürften sich somit nur auf Matrixdurchlässigkeiten beziehen.



Die für die hydrogeologische Bewertung im Plan (Kap. 3.1.10.2) zentralen Fragen, "ob der Endlagerbetrieb durch Wassereinbruch gefährdet werden kann und wie lange die Schutzfunktionen der geologischen Barrieren im Hinblick auf die Ausbreitung von Schadstoffen in die Biosphäre nach der Stilllegung des Bergwerkes gewährleistet ist", stützen sich im Plan im wesentlichen nur auf Annahmen und Analogieschlüsse ("regionale hydrogeologische Betrachtung"). Die Darstellung von Methoden und Ergebnissen einer "ausführlichen geologischen Bearbeitung" bzw. "detaillierten Untersuchungen" des geohydraulischen Teilsystems (=Modellgebiet), die eine zielgerichtete und systematische Erkundungsstrategie erkennen lassen, fehlt. Vielmehr werden zu bestimmten Fragen mitunter Einzeldaten genannt, deren Signifikanz, Variabilität und genaue Herkunft zumeist offen bleiben. Besonders gravierend erscheint in diesem Zusammenhang das Fehlen einer plausiblen hydrologischen Bilanzierung der im Untersuchungsgebiet zirkulierenden Wässer.

Weiterhin enthält der Plan 4/90 im Rahmen der "hydrogeologischen Bewertung" (Kap. 3.1.10.2) die unbestreitbare Aussage, daß es keine "natürlichen direkten hydraulischen Verbindungen zwischen dem obersten Grundwasserstockwerk und dem Grubengebäude des Endlagers" gibt; das mögliche Vorhandensein direkter, künstlicher hydraulischer Verbindungen zwischen dem Erzlager und dem obersten Grundwasserstockwerk, in Form möglicherweise unzureichend verfüllter, früherer Erkundungsbohrungen schafft sicherheitsrelevante Fakten, die in einseitiger Weise im wesentlichen durch Annahme von "Selbstabdichtungsvorgängen" in ihrer Bedeutung relativiert werden. Dies steht im Gegensatz zu den Forderungen nach einer konservativen Sicherheitsanalyse. In den nachfolgend zu betrachtenden Modellrechnungen für die Langzeitprognose werden keine Szenarien betrachtet, bei denen die als potentielle hydraulische Kurzschlußbahnen anzusehenden, möglicherweise unzureichend verfüllten Explorationsbohrungen (z. T. aus der Vorkriegszeit) als diskret wasserwegsame Elemente vom Erzlager bis zum obersten Grundwasserstockwerk berücksichtigt sind. Dies stellt eine gravierende Fehlstelle in den Prognosen zur Langzeitsicherheit dar.

Das plötzliche und unvorhersehbare Versagen der Verfüllung von alten Bohrungen (und Schächten) wird immer wieder in Bergbaugebieten durch die Entstehung von Erdfällen dokumentiert. Sie kann auch für die Grube Konrad u.a. infolge Lösungskorrosion des Verfüllgutes in alten Bohrungen auftreten, so daß - wenn nicht mit dem Vorhandensein - zumindest mit der Entstehung von hydraulischen Kurzschlüssen auf diesem Wege gerechnet werden muß. Auf diese Weise rücken plötzliche, nicht beherrschbare Wassereinbrüche in das Grubengebäude noch während der Betriebsphase z. B. aus dem Hilssandstein, in den Bereich des Möglichen. Daher müssen derartige Szenarien in Modelle für eine konservative und seriöse Langzeitprognose einfließen.



3.6.1 Hydrogeologische Modelle

Ein Beweis, daß mögliche Strahlendosen aufgrund eines Endlagers zu keiner Zeit einen bestimmten Grenzwert übersteigen werden, ist nur mittels Modellbetrachtung möglich. Wegen der langen Zeiträume ist eine experimentelle Überprüfung der berechneten Ergebnisse ausgeschlossen.

In den Planunterlagen wird das den Modellrechnungen zugrundeliegende konzeptionelle Modell ("hydrogeologische Modelle", siehe Kapitel 3.1.10.3 des Plans 4/90) hinreichend genau beschrieben.

Aufgrund der zahlreichen Unwägbarkeiten und Annahmen, die dem Modellkonzept zugrunde liegen, wäre es notwendig gewesen, ergänzend andere aus dem im Plan dargestellten Kenntnisstand ableitbare, konzeptionelle hydrogeologische Modelle zu realisieren (siehe Abschn. 3.2. - 3.2.1.1.); insbesondere den nicht hinreichend sicher auszuschießenden, hydraulischen Kontakt zwischen Dogger- β -Sandstein und Korallenoolith ("worst-case"), der infolge möglicher Schicht-Schleppungen an Salzstockflanken durchaus betrachtenswert erscheint. Dies umso mehr, als daß die geologische Gliederung des Modellgebietes nicht auf konkreten Aufschlüssen (Bohrungen) beruht, sondern nur auf Ergebnissen seismischer Erkundungen und auf strukturgeologischen Erkenntnissen, die offenbar noch immer im Wandel begriffen sind (siehe Plan 4/90, 3.1.10.3-3).

Bei dem vorliegenden Modellkonzept werden die vertikalen Modellränder und die Modellbasis als "undurchlässig" angenommen (3.1.10.3). Dies sind die Nord-Süd streichenden Salzstrukturen im Osten und Westen des Untersuchungsgebietes, sowie als "undurchlässige" Basis die Schichten des Mittleren Muschelkalks. Die südliche Begrenzung bildet der Salzgitter Höhenzug, der eine (oberirdische) Wasserscheide darstellt; im Norden bildet die als regionales Vorflutniveau angesehene Allerniederung die Modellgrenze. Diesen Modellrändern werden eindeutige Strömungsbedingungen (Festpotentiale) zugeordnet, d. h. es wird angenommen, daß über die Modellränder hinweg kein Wasseraustausch stattfindet.

Angesichts der Tatsache, daß besonders in tieferen Aquifern die Verhältnisse außerordentlich komplex sein können (DVWK 1987), erscheinen die von der BfS hinsichtlich der Modellgrenzen zugrundegelegten hydrogeologischen Modell-Konzeptionen in Hinblick auf die Undurchlässigkeit der betrachteten Gesteinsschichten und auf mögliche andere Exfiltrator-Systeme, d.h. auch Dimensionierung des Modells, immer noch als nicht genügend mit konkreten Daten (z. B. Hydrochemische Analysen, Spurenstoffe im Grundwasser) bzw. Beobachtungen belegt.



Allerdings tragen die im Plan 4/90 nunmehr dargestellten Sensitivitätsanalysen bzgl. der Wahl der Randbedingungen diesem Umstand zumindest teilweise Rechnung. Notwendig wären allerdings hier konkrete Ergebnisdarstellungen. Um dem Einfluß von Randbedingungen hinreichend zu genügen, wären radikalere Änderungen, insbesondere der N' und S' Modellränder wünschenswert.

Inwiefern der Salzgitter-Höhenzug, der im Süden das Modellgebiet begrenzt, eine sinnvolle, d. h. Grund- und Tiefenwasserzirkulationssysteme trennende Grenze für das Modell darstellt, ist ebenfalls in dem vorliegenden Plan 4/90 nicht belegt; daß die in diesem Gebiet steilgestellten triassischen Grundwasserleiter dem modellmäßig betrachteten Gebiet das Druckgefälle aufprägen, ist zwar plausibel, müßte jedoch durch hydraulische, hydrochemische und isotopengeologische Untersuchungen erhärtet werden.

Die Annahme, die Allerniederung sei der alleinige Exfiltrator und daraus resultierend eine sinnvolle nördliche Begrenzung des Modellgebietes, stützt sich darauf, daß in diesem Bereich der "Einlagerungshorizont Korallenoolith" in Kontakt mit dem obersten Grundwasserstockwerk steht (siehe 3.1.10.3-2).

Ohne umfangreiche hydraulische und hydrochemische Untersuchungen, die bislang nicht vorliegen, sind derartige Aussagen als Hypothesen zu bewerten, die durch geeignete Untersuchungsprogramme, die die Exfiltration von Tiefenwässern beweisen, verifiziert werden müssen.

Den oberen Modellrand bilden die oberflächennahen hydraulischen Höhen (Grundwassergleichen) bzw. wo diese nicht bekannt sind, Geländehöhen. Die Wahl dieser Randbedingungen ist kritikwürdig, da sich die im oberflächennahen Grundwasser eingestellten Druckverhältnisse ebenso gut aus den Modellierungen - bei korrektem Modell - ableiten sollten. Warum diese Randbedingungen zumindest in Sensitivitätsanalysen nicht aufgehoben wurden, erscheint unverständlich.

In Anbetracht der Tatsache, daß für die Formationen im Modellgebiet kaum untergrundhydraulische Systemparameter und deren Bandbreiten aus Untersuchungen vorliegen, erscheint die Zuordnung von Parameter-Bandbreiten in den Modellen vernünftig. Für eine nachvollziehbare Sicherheitsstudie ist dies allein jedoch nicht ausreichend, zumal auch im Plan 4/90 die Ergebnisse von durchgeführten Sensitivitätsanalysen nicht dargestellt sind.

Bezüglich der Sensitivitätsanalysen ist generell festzustellen, daß hier jede Transparenz fehlt. So wird dargestellt, daß die Sensitivitätsanalysen zur Grundwasserbewegung mit einem 2-dimensionalen Vertikalmodell realisiert wurden, ohne daß dies textlich in nachvollziehbarer Weise dargestellt ist. Zudem fehlt jeder Nachweis, daß sich Sensitivitätsanalysen in 2-dimensionalen Strömungsfeldern auf 3-dimensionale Betrachtungen ohne weiteres übertragen lassen.



Die im Plan den einzelnen Formationen flächenhaft zugeordneten Durchlässigkeiten erscheinen zwar vernünftig, sie entziehen sich jedoch aufgrund mangelnder Daten und fehlender Darstellung der Untersuchungsmethoden der Beurteilung, insbesondere die Werte für das Alb ($k_f = 10^{-10}$ m/s bzw. $k_f = 10^{-12}$ m/s). Derart geringe Durchlässigkeiten über den gesamten Verbreitungsraum, erscheint unter Zugrundelegung vorhandener hydraulisch (bedingt) aktiver, diskreter (Schwäche) Zonen zu gering. In Anbetracht der Sensibilität dieses Parameters (s. Varianten 1 und 2 im "Hydrogeologischen Schichtenmodell") wären hier auch mögliche Durchlässigkeiten im Bereich $k_f = 10^{-8}$ m/s zu prüfen gewesen. Tonige Gesteine sind zwar von elektrolytarmeren Wässern kaum zu durchdringen, wohl aber von stärker salzhaltigen. Stark konzentrierte Lösungen erreichen beinahe die für Luft geltenden Permeabilitätswerte (CARLE, 1975). Inwieweit dieser Umstand bei der k_f -Wert-Zuordnung berücksichtigt wurde, geht aus den Planunterlagen hervor.

Die horizontale und vertikale Durchlässigkeitsverteilung der einzelnen Elemente stellen wie vorstehend ausgeführt, Eingabeparameter dar, die mit großen Unsicherheiten behaftet sind. Die Auswirkung dieser Unsicherheit kann man daran abschätzen, wie empfindlich das Grundwasserfließsystem (definiert durch die berechnete Fließrichtung und -geschwindigkeit) auf eingegebene Durchlässigkeitsänderungen reagiert (NAGRA 1985) (s. 3.1.10.3-3). Zwar sind in dem Plan im Hinblick auf einen konservativen Ansatz diejenigen hydraulischen Parameter in die Modellberechnungen eingegangen, die zu den kürzesten Transportzeiten führen, mögliche räumliche Änderungen der Parameter und Fehler in der Annahme der Randbedingungen oder nicht erfaßte Tiefenwasserkonvektionen können jedoch beträchtliche Abweichungen der Druckverhältnisse in der Tiefe und damit andere, u.U. kürzere Laufzeiten und -wege der Radionuklide bis zur Biosphäre zur Folge haben, ebenso hydraulische Kurzschlüsse über Wasserwegsamkeiten entlang alter Bohrungen.

Ein räumliches Grundwassermodell von der Größe, wie es im Plan vorgestellt wird, verlangt für seinen Aufbau Daten aus dem gesamten Modellgebiet: über Materialeigenschaften und deren Variabilitäten, über wassertragende Klüftungen sowie über die Wasserchemie en detail.

Im Zusammenhang mit den im Modell diskutierten Migrationswegen durch die Unterkreidetone sollten eine bessere Argumentation und eine Studie über die Auswirkungen aller möglichen Materialschwankungen, Diskontinuitäten und Fehlschätzungen in Datenannahmen oder Interpretationen vorgelegt werden.



Ist angesichts der Komplexität der Verhältnisse die Datenbasis "gering" (Plan 9/86 3.1.10.3-2) (dieser Hinweis fehlt in 4/90 aus unverständlichen Gründen), oder sind die Randbedingungen wie in dem vorliegenden Plan nicht oder nur unvollkommen bekannt, erhält man durch Variation der Parameter einen Eindruck von möglichen Systemverhalten (DVWK, 1986). Durch Variation der Daten und durch Vorgabe extremer Bedingungen lassen sich die ungünstigsten Fälle und Bandbreiten der Ergebnisse abschätzen; dieses Vorgehen wird in dem Plan für Porositäts- und k_f -Wert-Variationen transparent beschrieben und erscheint vernünftig. Es kann jedoch nicht belegt werden, daß die Modellergebnisse nicht wesentlich von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen.

Es ist zu beachten, daß das Datenspektrum, die Datendichte und die Qualität der Datenerhebung die Aussagekraft diktieren. Erwartungen, die an die Modellierung gestellt werden, müssen dies berücksichtigen. Modellergebnisse mit unzulänglichen Daten haben zwangsläufig nur einen prinzipiellen oder relativierenden Aussagewert (DVWK, 1986).

Da die im Plan 4/90 dargelegte Datengrundlage gegenüber Plan 9/86 nicht erheblich erweitert wurde, besitzen die vorgelegten Ausbreitungsberechnungen wiederum lediglich den Stellenwert einer Schätzung; sie können auch heute nicht als ausreichende Grundlage für eine belastbare Sicherheitsanalyse angesehen werden, da die Daten für eine Kalibrierung des Modells, d.h. Anpassung der Modellreaktionen an die Natursystemreaktion mittels Kontrolldaten (z. B. Isotopen, natürliche Tracer, Druckmessungen) bei weitem nicht ausreichen.

3.6.2 Modellrechnungen

(Kapitel 3.1.10.3 und 3.1.10.4 der Planunterlagen)

Die Modellrechnungen sind gegenüber den Plan-Unterlagen aus 9/86 durch umfangreiche Modellierungen mit dem auf der Grundlage finiter Elemente arbeitenden Programm FEM 301 ergänzt worden.

Ebenso wie mit SWIFT entspricht die Anwendung von FEM 301 dem Stand von Wissenschaft und Technik, FEM 301 bietet zusätzlich die Möglichkeit, 2-dimensionale Elemente (z.B. Störungszonen) in das Modell zu implementieren. Dies wurde im sog. "Störungszonenmodell" realisiert.

Die Aufstellung der Modelle, ihre Diskretisierung und Ergebnisdarstellungen mit Teichbahnen ist nachvollziehbar und entspricht den Standards. Allerdings bleibt unverständlich, wieso die Vorzüge von FEM 301 nicht genutzt wurden, den Einfluß möglicher hydraulischer Kurzschlüsse über alte Bohrungen zu simulieren.



Die Annahme, klüftige Systeme als (quasi-) poröses Medium aufzufassen, wird akzeptiert; dies auch unter der Bedingung, daß einzelne Klüfte oder Kluftzonen ausgesprochen dominant für die Wasserbewegung sind. Auch die Annahme homogener Systemeigenschaften wird akzeptiert.

Der Modellaufbau des "Schichtflächenmodells" mit SWIFT wird in Plan 4/90 hinsichtlich der realisierten Randbedingungen, der Diskretisierung und Parameterzuweisungen hinreichend transparent und ausführlich beschrieben. Dies betrifft auch die Ergebnisdarstellung.

Dies gilt ebenso für die mit FEM 301 realisierten Modelle "Schichtenmodell" und "Störzonenmodell", welches diskrete Störungszonen berücksichtigt.

Die mit SWIFT aufgrund der Parametervariation für die Unterkreidetone ($k_f = 10^{-12}$ m/s bzw. $k_f = 10^{-10}$ m/s) berechneten sehr verschiedenen Teilchenbahnen (Variante 1 bzw. Variante 2) belegen, neben der Sensibilität dieses Parameters, wie notwendig es ist, insbesondere für die sog. Barrierschichten der Unterkreide entsprechende In-Situ-Durchlässigkeitsdaten für das gesamt betrachtete Gebiet zu erheben, um verlässlichere Prognosen über den Verlauf des Wasserpfades vom Grubengebäude bis in den obersten Grundwasserleiter treffen zu können.

Die mit FEM 301 gewählte Diskretisierung in ca. 21.000 Knoten ist gegenüber dem SWIFT-Modell mit 10.350 Elementen deutlich verbessert worden. Das im Plan 9/86 mit limitierten Rechnerkapazitäten gerechtfertigte "grobe Raster" ist durch das FEM 301-Modell obsolet geworden.

Im Störzonenmodell werden die im Liegendem der Grube vermuteten (ohne Angabe eines Anisotropiefaktors) dargestellt, ohne dies im Plan zu begründen und mit Faktoren zu belegen. Auch für die Multiplikationsfaktoren der Durchlässigkeitstensenoren in den Störungszonen wurden ohne (nachvollziehbare) Begründung festgelegt. Auch hier wären Sensitivitätsanalysen wünschenswert und bezüglich einer Aussage, bei welchen Durchlässigkeitskontrasten ihr hydraulischen Einfluß auf die Teilchenbahnen und -geschwindigkeiten signifikant wird, notwendig.

Ebenso werden verschiedene Sensitivitätsanalysen im Störzonenmodell bzgl. der Veränderung von Randbedingungen zwar mitgeteilt, jedoch nicht dokumentiert. Dies schränkt die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Modellrechnungen in unnötiger Weise ein.

Ebenso wird von acht Varianten des Modells mit verschiedenen Durchlässigkeiten "hydrogeologischer Schichteinheiten" berichtet, auf deren Darstellung ebenfalls aus nicht dargelegten Gründen verzichtet wird.



3.6.3. Validierung der Modellrechnungen

Bei der Formulierung des Modells ist die Validierung, d.h. die Prüfung der Güte der Näherung, wichtig (NAGRA 1985).

Folgende Datengruppen können dazu benutzt werden, das Modell zu validieren (NAGRA 1985a):

- beobachtete Druckhöhen in zusammenhängenden Aquifern,
- Abflußraten,
- Infiltrationsraten oder beobachtete Grundwasser-Spiegelhöhen in den Oberflächenaquifern,
- hydrochemische und isopenhydrologische Referenzdaten (z.B. Gesamtmineralisation, Zusammensetzung, Verweilzeiten und Herkunft des Wassers).

Die Ergebnisse der aus den mit SWIFT und FEM 301 durchgeführten Modellrechnungen sind in dem zu begutachtenden Plan lediglich anhand größenordnungsmäßig gemessener bzw. angenommener Ein- und Ausstromraten über die Modelloberfläche überprüft worden. Durch dieses Vorgehen wird jedoch lediglich das "Funktionieren" der in dem Modell enthaltenen Mathematik bewiesen, d.h., es tritt kein Widerspruch zu den in den Gleichungssystemen vorausgesetzten Prinzip der Erhaltung der Massen auf.

Es muß somit erneut festgestellt werden, daß sich das bereits von der PTB im Plan 9/86 dargestellte Modellkonzept mit der gegenwärtigen Datenbasis nicht validieren läßt. Die Validierung der Modelle, d.h. das Prüfen ihrer Gültigkeit anhand beobachtbarer Größen, ist ein Teil der Sicherheitsanalyse. Dabei müssen mögliche Ungenauigkeiten, die einerseits durch Approximationen bei der Modellierung und andererseits durch Unsicherheiten in den benutzten Eingabedaten bedingt sein können, aufgezeigt und klar beschrieben werden (NAGRA, 1985). Dies ist in dem vorliegenden Plan 4/90 nicht in ausreichender Weise geschehen.



Bezüglich der den Modellrechnungen zugrunde liegenden Daten bleibt die Frage unbeantwortet, wie repräsentativ die Beobachtungen bzw. über welche Fläche die Messungen extrapolierbar sind. Zum Beispiel könnte jede Druckmessung von einer engräumigen Durchlässigkeitsabweichung beeinflusst sein. Es ist aufgrund mangelnder konkreter Erkenntnisse unrealistisch, die in dem Gutachten beschriebenen Varianten I und II des "Schichtenmodells" als maßgebende Basisfälle anzunehmen. Dies gilt auch dann, wenn einige Simulationen sich den letztlich immer +/- punktförmigen Beobachtungen besser nähern als andere.

Da das Modellkonzept eine wesentliche Grundlage für die Sicherheitsanalyse darstellt, muß für eine Validierung die Datenbasis erheblich erweitert werden. Dies gilt besonders für den hydrochemischen, Isotopen-, thermalen sowie hydrogeologischen Bereich. Der gesamte hydrochemische Themenkomplex sollte dabei im Mittelpunkt einer Strategie zur Erstellung eines Grundwassermodells stehen, da sich eine Validierung und Verifizierung des Grundwassermodells nur über diese Daten vornehmen läßt.

3.6.4 Schwachstellen und Konsequenzen

Aus den in den vorliegenden Antragsunterlagen dargestellten Modellrechnungen zum Grundwasserfließgeschehen sowie zum Radionuklidtransport läßt sich eine hinreichend fundierte Aussage in Hinblick auf die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers u. a. aufgrund fehlender Variantenstudien nicht treffen. Die Langzeitsicherheit wird durch die vorgelegten Modellrechnungen nicht belegt.

Die verwendeten Modellprogramme SWIFT und FEM 301 werden jedoch als "geeignet" und dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend akzeptiert.

Die wesentlichen Kritikpunkte für die Langzeitprognose lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Fehlende Modellierung konservativer Konzepte der Geologie/Hydrogeologie
- Ungenügende Beschreibung der Datenerhebung
- Keine Angaben über die regionale Variabilität der hydraulischen Parameter
- Eine Validierung der Modelle ist aufgrund der zu geringen Datenbasis nicht möglich
- Die Randbedingungen sind nur ungenügend und z.T. gar nicht bekannt
- Mangelnde Transparenz und keine ausreichenden Sensitivitätsanalysen hinsichtlich der Randbedingungen, der Wahl der Diskretisierung und Parameterzuordnungen
- Fehlende Modellierung von alten Bohrungen



Die lokalen und regionalen Daten für die Modelldarstellung der Grundwasserausbreitung und den Radionuklidtransport reichen nicht aus. Neben aussagefähigen geochemischen und Isotopen-Daten fehlen insbesondere belastbare Daten hinsichtlich der basalen und lateralen Begrenzungen des Modells.

Die Auffassung der BfS-Gutachter, "die räumliche Begrenzung des geohydraulischen Fließsystems" sei "durch die ausführliche geologische Bearbeitung gut bekannt", kann aufgrund

- nicht ausreichender Darstellung aller Bohrungen,
- fehlender Darstellung des Grundwasserchemismus (unzureichende Typisierung von Grundwässern in verschiedenen Stockwerken)
- unzureichender oder fehlender Isotopenuntersuchungen,
- nicht nachvollziehbarer (Edel-) Gasanalysen (Probenahmeorte, Daten)
- fehlender Untersuchung der Mineralwasservorkommen im Bereich des Endlagers,
- ungenügender Aussagen zur lokalen und regionalen Temperaturverteilung

nicht nachvollzogen werden, bzw. es muß ihr sogar weiterhin widersprochen werden.

Die dreidimensionalen Grundwassermodelle, die ein wesentlicher Bestandteil der Sicherheitsanalyse sind, weil sie die Migrationswege für die mit dem eindimensionalen Transportmodell berechnete Radionuklidausbreitung liefern, sind zwar "in sich konsistent", zahlreiche, sehr wesentliche konzeptionelle Varianten (alte Bohrungen, geologisches "worst-case"-Konzept) sind jedoch nicht dargestellt.



4. Gebirgsmechanik

(Kapitel 3.1.9.7 und 3.1.10.5 der Planunterlagen)

4.1 Geodätische Messungen

Auf Seite 3.1.9.7-3 wird von ca. 260 Meßpunkten Anfang 1984 zur Vermessung der Bodensenkungen gesprochen. Die zusätzlichen 94 Meßpunkte nach 1984 führen aber zu einer exakten Zahl von 354 Festpunkten. In diesem Zusammenhang taucht die Frage auf, wo die ca. 36 Meßpunkte liegen, die im Vergleich zu den Planunterlagen 9/86 fehlen.

Die Lage der Meßpunkte bzw. des Meßstellennetzes wird nicht dargestellt und entzieht sich somit einer Beurteilung der Güte und Aussagekraft der Meßergebnisse.

Die Planunterlagen 4/90 sind im wesentlichen unverändert geblieben. Gestrichen wurden allerdings bewertende Aussagen

- zur Qualität der Messungen in Form von Meßfehlern (siehe Planunterlagen 9/86 S. 3.1.9.7-8),
- daß Firstsenkungsmessungen keine Trendaussagen bzgl. des großräumigen Verschiebungsfeldes der Grube machen,
- daß bzgl. des Verformungsverhaltens des den Schacht umgebenden Gebirges keine Aussagen gemacht werden können,
- in Form der Angabe des Elastizitätsmoduls aus dem Bohrlochausweitungsversuch,
- daß nicht alle relevanten Vorgänge in der Grube Konrad quantifizierbar und einer Datenanalyse zuführbar sind,
- daß sich die auf Beobachtungen und Messungen beruhenden Rechenansätze für entsprechende Vorausberechnungen bewährt haben und zur Planung von Abbaufeldern verwandt werden können,
- der Vergleich von gemessenen und berechneten Konvergenzen für vier Feldesbereiche.

Sich aus neueren Ergebnissen ergebende Aussagen werden aber hierfür nicht gemacht, so daß sich hier der Eindruck aufdrängt, daß lediglich eine Prüfung auf bewertende Aussagen mit anschließender Streichung stattfand.



Die noch 9/86 geplante Bohrung über dem LHD-Feld, die zur Beweissicherung von großräumigen Verformungen vorgesehen war, ist offenbar nicht abgeteuft worden.

Insgesamt ist der Umfang an Messungen und Meßpunkten offenbar ausreichend, jedoch ist die Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse aufgrund mangelnder Dokumentation des Meßnetzes in dieser Form nicht gegeben.

4.2 Verformungsmessungen an Strecken und Kammern

Die von der Markscheiderei durchgeführten Verformungsmessungen beinhalten hauptsächlich Firstsenkungs- und Konvergenzmessungen in Abbaustrecken "des Kammerbaus mit schwebenden Verhieb und Spülversatz und des Kammerbaus mit streichenden Verhieb ohne Versatz (LHD-Feld)". Die angestellten Messungen (Firstsenkungs-, Polygon-, Schachtteufen- sowie Konvergenzmessungen) liefern allgemein gute Basisdaten für die Beurteilung der Standfestigkeit des Gebirges, örtlich kritische Streckenbereiche, Aussagen über Auflockerungszonen und für die Entwicklung von Grundlagen zur Vorausberechnung von Streckenkonvergenzen.

Aufgrund der langfristigen Beobachtungen, Messungen sowie vorliegender Erfahrungswerte ist von fundierten Rechenansätzen und geeigneten Vorausberechnungen der zu erwartenden Verformungen infolge neuer Einlagerungsfelder auszugehen.

Zur Vorausberechnung der maximalen Verformung und des zeitlichen Verlaufs der Verformungen wurden empirische Formeln aus markscheiderischen Erfahrungen und den Verformungsmessungen entwickelt.

Es werden jedoch keine Angaben über Allgemeingültigkeit bzw. Anwendbarkeit dieser Formeln getroffen. Außerdem ist weiterhin unklar, welche Ausgangsverhältnisse berücksichtigt werden.

Die Tabelle 3.1.9.7/1 der Planvorlage 9/86 ist in der vorliegenden Planversion nicht mehr dargestellt.

Die Ausführungen zu den Verformungsmessungen an Strecken und Kammern ist allgemein aufgrund fehlender Lokalisationsbeschreibungen nicht zu überprüfen und nachzuvollziehen.

4.3 Schachtteufenmessung

Die in der Beurteilung der Planvorlage 9/86 gestellte Forderung bezüglich der Darstellung der Schachtteufenmessungen (z.B. Höhenangaben zu den Meßpunkten) wurden erfüllt, sodaß die Meßergebnisse selbst nachvollziehbar sind.



Schachtteufenmessungen ohne begleitende materialtechnologische Untersuchungen reichen für eine Bewertung der Standsicherheiten allerdings nicht aus.

Die auf Seite 3.1.9.7-11 für Schacht Konrad 2 getroffene Feststellung, daß die Schachtteufenmessungen keinerlei Hinweise auf eine Gefährdung der Standsicherheit des Schachtaufbaues ergeben haben, kann nicht bestätigt werden.

Die Schachtteufenmessungen in der Zeit von 1970 bis 1984 (Plan 9/86, 3.1.9.7 - 11) ergaben bis ca. 500 m Teufe eine Senkung um ca. 40 mm. Geht man von der Aussage aus, daß eine gleichmäßige Senkung stattfand, bzw. stattfindet, so betrug die jährliche Senkungsrate in dieser Zeitspanne rund 2,9 mm. Die jetzt für die Zeit von 1970 bis 1987 angegebene Senkung beträgt ca. 46 mm, woraus sich jedoch eine Senkungsrate von 2,7 mm pro Jahr errechnet. Eine gleichmäßige Senkung findet also in den obersten 500 Metern nicht statt, sondern die Senkungsgeschwindigkeit hat sich verlangsamt. Dies sollte sich zwar positiv auf die Standfestigkeit ausüben, jedoch stehen einer derartigen Schlußfolgerung die gemessenen Werte der Senkungsmaxima entgegen.

Das Senkungsmaximum bei ca. 540 m Teufe betrug 1984 57 mm, 1987 dagegen 72 mm. Es ist hier eine Senkungszunahme von 15 mm innerhalb von 3 Jahren (= 5 mm/Jahr) zu verzeichnen. Dieses Senkungsmaximum tritt also in einem Bereich auf, in dem eine fast doppelt so hohe (1,8-fache) Senkungsrate zu beobachten ist, als in den ersten 500 Metern Teufe.

Vergleicht man hingegen die Messungen für das zweite Senkungsmaximum in der Teufe zwischen 846 m bis 888 m, die Angabe von 746 m dürfte ein Schreibfehler sein, so wurden für 1970 bis 1984 rund 25 mm gemessen, für 1970-1987 dagegen 21 mm. Hier hat also von 1984 bis 1987 eine gegenläufige Bewegung, eine Hebung um ca. 4 mm, stattgefunden.

Das Auftreten dieser Maxima wird mit tektonisch stärker beeinflussten Zonen begründet.

Der überproportional hohe Anstieg der Senkungsrate bei 540 m und die gegenläufige Bewegung zwischen 846 m bis 888 m lassen den Schluß auf eine aktive tektonische Beanspruchung zu, die möglicherweise mit dem rezenten Aufstieg des Salzstockes Thiede (3.1.9.2 - 12) in Zusammenhang steht.



Bislang wurden die Schachtteufenmessungen lediglich an Schacht Konrad II durchgeführt. Im Jahre 1987 wurden die Schachtmeßbolzen durch neue Bolzen ersetzt und danach im Sinne einer Nullmessung neu vermessen. Hier erhebt sich die Frage, warum ein Austausch der Meßbolzen erfolgte und wieso nicht gleichzeitig der Schacht Konrad I in das neue Meßprogramm einbezogen worden ist. Auf welcher Datengrundlage basiert die Prognose für die Schachtstauchung von Schacht Konrad I (Abb. 3.1.10.5/16); von diesem Schacht liegen doch noch gar keine Schachtteufenmessungen vor?

Als weiterer Mangel bleibt die unzureichende Kenntnis über den Zustand des umgebenden Gebirges bestehen (z.B. Auflockerungszonen, Verdichtungszonen, Spannungszustände, Ablösungen, Wegsamkeiten etc.).

Eine Beanspruchung des Schachtes Konrad 2 durch rezente Bewegungsvorgänge, hervorgerufen durch den Aufstieg des Salzstockes Thiede, ist durchaus möglich und würde die Schachtteufenmeßwerte erklären.

4.4 Verformungsmessungen in geneigten Bohrungen

Die bisherigen Messungen über dem Spülversatzfeld und im Bereich des Bleckenstedter Sprungs ergaben "keine Hinweise auf signifikante Verformungen". Auch wenn die Verformungen bislang noch relativ gering sein mögen, so ist zur Beurteilung der Aussage eine Darstellung dieser Ergebnisse wünschenswert.

4.5 Spannungsmessungen

Zur Ermittlung des primären Gebirgsspannungszustandes wurden auf der 1200 m-Sohle Überbohrversuche in Streich- und Fallrichtung der Erzlagerstätte durchgeführt, zusätzlich erfolgte ein begleitender Bohrlochaufweitungsversuch. Es ist jedoch keine Begründung gegeben, wieso gerade die 1200 m-Sohle für die in-situ-Experimente ausgewählt wurde.

Der Bohrlochaufweitungsversuch ergab ein E-Modul von $E=11.250 \text{ MPa}$ (Plan 9/86), wird jedoch in der vorliegenden Planversion von 4/90 nicht mehr erwähnt.

Auch weiterhin fehlen wesentliche Angaben über den Zustand des Gebirges (Klüftigkeit, Auflockerungszustand etc.) im Bereich der in-situ-Versuche für eine Beurteilung und Bewertung der Meßergebnisse.

Es muß auch weiterhin unbewiesen bleiben, ob die auf der 1200 m Sohle gewonnenen Daten repräsentativ, vergleichbar und übertragbar auf den gesamten Grubenbereich sind.



4.6 Versuchskammereinfahrung

In den Jahren 1987 und 1989 wurden im Feld 5/1 auf drei Strecken Versuchskammerauffahrungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen ergeben in "Verbindung mit gebirgsmechanischen Berechnungen die Standfestigkeit der zwischen den Strecken befindlichen Gebirgsfesten".

Diese Aussage ist ohne Darstellung der entsprechenden Meßergebnisse und gebirgsmechanischen Berechnungsansätze nicht nachzuvollziehen. Nach welchen Kriterien erfolgte die Auswahl der untersuchten Meßstrecken?

4.7 Bergmännische Erfahrungen

Die bergmännischen Beobachtungen bezeugen, daß die größten Verbrüche und Zerrungen nicht direkt nahe des Bleckenstedter Sprungs, sondern weiter südlich auftraten. Ob diese Erfahrungen auch in den Modellrechnungen berücksichtigt worden sind, ist im Text nicht erwähnt.

Die Sohlhebungen an einigen Streckenabschnitten wird auf den Einfluß von Tonschichten zurückgeführt. Welche Untersuchungen liegen dieser Aussage zugrunde? Inwieweit sind die von den Tonschichten verursachten Hebungen in die gebirgsmechanische Modellierung eingeflossen?

Die Orte 512 und 562 weisen ein besonders ausgeprägtes Konvergenzverhalten auf. Wo liegen diese Punkte, auf welche Ursachen ist dieses Phänomen zurückzuführen? Ist auch an anderen Lokalitäten mit derart starken Konvergenzen zu rechnen?

4.8 Gebirgsmechanische Bewertung

Numerische Rechenmodelle, die von kontinuumsmechanischen Modellvorstellungen und Rechenansätzen der Elastizitäts- und Plastizitätstheorie ausgehen, sind neben den Verfahren aus der Bergschadenskunde zulässige Methoden, um untertägige Bewegungsvorgänge im voraus abzuschätzen sowie die Einflüsse der unterschiedlichen Randbedingungen zu untersuchen.

Die Aussagekraft der berechneten Modelle ist im wesentlichen von der Erfassung wirklichkeitsnaher Eingangsdatensätze und Randbedingungen abhängig. Hier sind vielfach konservative und idealisierte Annahmen zu treffen, da eine vollständige Erfassung der gebirgsmechanischen Daten mit ihren vielfältigen Unstetigkeiten nicht möglich ist.



Zur Ermittlung der Eingangsparameter der gebirgsmechanischen Modellierungen wurden

- in-situ-Messungen
- Laborversuche an Gesteinskernen
- Laborversuche an Felsblöcken
- begleitende Laborversuche zur Interpretation der in-situ- Versuche

mit unterschiedlichen Versuchsmethoden und Versuchsbedingungen von verschiedenen Institutionen durchgeführt.

Die Lage der Probenentnahmestellen (Abb. 3.1.10.5/1 Plan 9/86) und die mit dem gewonnenen Probenmaterial bzw. in-situ durchgeführten Experimente (Tab. 3.1.10.5/1 bzw. Tab. 3.1.10.5/2 in Plan 9/86) wurden in der Planvorlage 9/86 noch in übersichtlicher Form dargestellt. In der Planvorlage 4/90 sind die oben genannten Tabellen zur Tabelle 3.1.10.5/1 zusammengefaßt aufgeführt, wobei wichtige Informationen (z.B. Lokalitätsbezeichnungen, Versuchsart, Institution) verlorengehen, sodaß hier keine Nachvollziehbarkeit der dargestellten Ergebnisse mehr gegeben ist.

Die Abbildung 3.1.10.5/2 gibt beispielhaft die Meßkurve eines triaxialen Laborversuchs wieder, die Ergebnisse der übrigen Versuche sind jedoch nicht dokumentiert.

Auch in der Planvorlage 4/90 wird keine Erläuterung der Auswahlkriterien für die Probenentnahmestellen gegeben. Eine Nachvollziehbarkeit der einzelnen Versuche und Versuchsbedingungen ist weiterhin nicht gegeben.

Eine Korrelierung der Ergebnisparameter mit petrographischen Beobachtungen, der Höhenlage der Probenentnahmestellen und der geologischen Gegebenheiten ist auch weiterhin nicht möglich.

Ergänzende Versuche müssen während der Auffahrung neuer Grubenabschnitte zur Kontrolle und Bestätigung der bislang in die Modellrechnungen eingeflossenen Eingangsparameter durchgeführt werden.

Die nach der Finite-Element-Methode (FEM) vorgenommenen Modellierungen sollen

- realitätsnahe Aussagen über den Beanspruchungszustand des anstehenden Gebirges im Bereich des gegenwärtig aufgefahrenen Grubengebäudes bis zur GOK liefern
- eine Abschätzung des Einflusses geplanter Einlagerungsfelder auf den Bereich der wichtigsten geologischen Barrieren (Unterkreide-Schichten) ermöglichen.



Der Eingangsdatensatz setzt sich aus den in Versuchen ermittelten Restreibungswinkeln, Restkohäsionswerten sowie dem Restverformungsmodul zusammen. Es ist jedoch weiterhin nicht belegt, ob die Eingangsdaten durch repräsentative Versuche und Proben untermauert sind.

Die Wahl der gelegten Modellschnitte sowie die Simulationsmethodik von Störungen, Versprünge und der Kammern wird in dieser Form akzeptiert.

Bereiche mit höherer Konvergenz oder Nachbruchneigung sind in die Schnitte offenbar nicht einbezogen. Es ist aus den Unterlagen nicht ersichtlich, ob die Bereiche hoher Sohlhebungen durch entsprechend konservative Eingangsdaten besondere Berücksichtigung finden.

Auch in der Planvorlage 4/90 ist nur beispielhaft der Nord-Süd-Schnitt dargestellt und erläutert; die Ergebnisse der Ost-West-Schnitte fehlen weiterhin.

4.9 Detailmodell

Die Berechnungen der Festen wurden bei einem Kammer/Festen-Verhältnis von 1:4 durchgeführt. Der Modellschnitt beschreibt einen Modellausschnitt in 1000 m Tiefe mit einer Breite von 170 m und einer Höhe von 135 m. Die Gründe für die Wahl der 1000 m Sohle werden im Text nicht erwähnt. Berechnungen für eine Tiefenlage von 1300 m hätten beispielsweise Aussagen über das Verhalten des Grubengebäudes bei erhöhtem Gebirgsdruck erbracht.

Es ist aus den vorliegenden Unterlagen weiterhin nicht ersichtlich, ob die Aufnahme der Tonsteinbänke im Liegenden der Grubensohle in die Modellrechnung erfolgt ist. Es ist nicht immer feststellbar, ob die Eingangsdaten des Modells von konservativen Kennwerten ausgehen.

4.10 Schwachstellen und Konsequenzen

Die gewählten Versuchsmethoden sind richtig und anerkannt.

Korrekt ist ebenfalls die Einbindung eines konservativen Eingangsdatensatzes in die Modellrechnungen. Folgende bereits in der Beurteilung der Planvorlage 9/86 geäußerte Kritikpunkte sind jedoch weiterhin aufrecht zu erhalten:



- Ein Nachweis für die Repräsentanz der Eingangsdaten in Hinblick auf Versuchsanzahl, auf den Grubenbereich sowie auf die Geologie fehlt
- Eine detaillierte Nachvollziehbarkeit der Versuchs-, Probenentnahme- und Gebirgsrandbedingungen ist nicht gegeben
- Die Auswahlkriterien für die Lage der Entnahmestellen sind in den eingereichten Unterlagen nicht genannt
- Die Zuordnung der Proben zur Tiefe und zur Petrographie ist aus den Daten der im Vergleich zur Planversion 9/86 stark vereinfachten Tabelle (Tab. 3.1.10.5/1) nicht möglich
- Es konnte nicht festgestellt werden, ob das Deckgebirge bodenmechanisch hinreichend überprüft wurde.

Es ist demzufolge auch weiterhin erforderlich, die Darstellung der Versuche zur besseren Transparenz aufzuarbeiten. Besonderer Wert ist hier zu legen auf

- Angabe und Darstellung der Probenentnahme- bzw. in-situ- Versuchsstellen, Probentiefe, Schichtzugehörigkeit und Einzelergebnisse
- statistische Bewertung der Probenmenge und Ergebnisse als Nachweis der Repräsentanz.

Infolge fehlender Literaturhinweise (z.B. Ergebnisberichte vorangegangener Untersuchungen) können viele Aussagen nur mühsam bzw. gar nicht nachvollzogen werden.

Detaillierte Übersichtspläne mit Angabe von Streckennummerierungen, Lokalisierungsbezeichnungen, Darstellungen und Bezeichnungen der Kammern sowie des LHD-Feldes fehlen als grundlegende Orientierungsmöglichkeit auch in der Planversion 4/90.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß die langjährigen Erfahrungen im Auffahren und Verbau der Grube Konrad zumindest für die geplante Betriebsphase die Standsicherheit der Endlagerkammern gewährleisten.

Die Standsicherheitsberechnungen sollen im wesentlichen Bereiche kritischer Gebirgsspannungszustände darstellen und entsprechende standsicherheitsfördernde Verbaumaßnahmen vorbereiten. Zusätzlich sind Aussagen über Einwirkungen der Hohlraumauffahrungen auf die mineralischen Barrieren im Deckgebirge möglich.

Grundsätzlich sind weitere Modellierungen wünschenswert, um langfristige Einflüsse der Konvergenzen auf die Abfallbehälter und das Verfüllmaterial abzuschätzen.



5. Geologische Langzeitprognose (Kapitel 3.1.10.6 der Planunterlagen)

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf das Kapitel 3.1.10.6 der Planunterlagen.

Die geologische Langzeitprognose betrachtet mögliche geologische Veränderungen innerhalb von mehreren 100.000 Jahren und deren Einfluß auf den Bereich des geplanten Endlagers. Als mögliche Veränderungen werden Klimaveränderungen, Erosion, Denudation, Akkumulation, Hebung, Diapirismus sowie Magmatismus anführt und die daraus abgeleiteten Folge-Szenarien beschrieben.

Die Aussage, daß quantitativen Betrachtungen nur ein Zeitraum von 100.000 Jahren zugrunde liegt und eine größere Zeitspanne mit zumindest abschätzbaren Unsicherheiten behaftet ist, wurde aus unbekannten Gründen gestrichen.

Vom Menschen verursachte Ereignisse werden jedoch nicht beleuchtet, obwohl es z.B. durchaus möglich ist, daß nach einem gewissen Zeitraum die Information über das Endlager verlorengeht und im Rahmen der Rohstofferkundung durchgeführte Tiefbohrungen das Lager treffen könnten (NAGRA 1985 b).

Die Folge wäre ein Kontakt des Endlagers zur Biosphäre, zur Erdoberfläche gelangtes Abfallmaterial bildet eine unmittelbare Gefahr für Menschen in der Umgebung.

Die durch diese Szenarien möglichen Schäden sind abschätzbar (NAGRA 1985 b) und dürfen bei einer Beurteilung der Langzeitsicherheit nicht unberücksichtigt bleiben.

6. Betrieb und betriebliche Anlagen (Kapitel 3.2.1 – 3.2.5 der Planunterlagen)

Rechtsgrundlagen, Organisation, Qualitätssicherung und Betriebsvorschriften (Kapitel 3.2.2 der Planunterlagen)

Bei der Aufzählung der für die Errichtung und den Betrieb des Endlagers anzuwendenden Gesetze fehlt das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung. Dieser Fehler zeigt Auswirkungen in den gesamten Planunterlagen.



Planungsgrundlagen (Kapitel 3.2.3 der Planunterlagen)

Einlagerungsgut

Bei der Beschreibung der Abfallbehälter werden keinerlei Angaben zur Lebensdauer der Behälter gemacht. Es wird nicht deutlich, ob die Behälter die Betriebsphase überstehen. Es gibt keinen Nachweis in welcher Form die Behälter auf Korrosionsbeständigkeit geprüft wurden (Keine Angabe der genauen Werkstoff- und Materialprüfungen). Es gibt keinen Hinweis zu welcher Abfallbehälterklasse die einzelnen Behälter gehören. Diese Angabe wäre in Hinblick auf die Störfallanalyse dringend notwendig.

Die aufzufahrenden Einlagerungskammern befinden sich in einem Abstand von 20 - 50 m von Tiefbohrungen. Dieser Sachverhalt sollte im Rahmen der Langzeitsicherheit berücksichtigt werden, ist aber nicht geschehen.

In den Planunterlagen wird angegeben, daß bei der Handhabung von Abfallgebinden die mittlere effektive Äquivalentdosis des im Kontrollbereich tätigen Personals ein Zehntel des Grenzwertes gemäß § 49 StrlSchV nicht überschreitet. Es wird nicht deutlich in welcher Form dabei die Abschirmung in den Fahrzeugen berücksichtigt wird und wie groß die Äquivalentdosis ist, wenn Personen sich ohne Abschirmung in der Einlagerungskammer aufhalten.

Auslegungsmerkmale

In den neuen Planunterlagen wird die durch die Zerfallswärme der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide verursachte Temperaturerhöhung am Kammerstoß im Mittel auf 3 K begrenzt. Damit ist die in den alten Planunterlagen noch vorhandene Begrenzung für wärmeentwickelnde Abfälle aufgehoben. Alle Arten radioaktiver Abfälle können demnach eingelagert werden, wenn der Mittelwert nicht überschritten wird.

Brandschutzmaßnahmen

Nach der Durchführungsverordnung der Niedersächsischen Bauordnung sind innerhalb von Gebäuden Brandwände im Abstand von höchstens 40 m herzustellen. Dieser Forderung wird im Bereich der Umladehalle und der Pufferhalle nicht nachgekommen, weil von einer geringen Brandlast ausgegangen wird. Besonders in diesen Bereichen hätte ein Brand sehr starke Auswirkungen, zudem ist nicht nachvollziehbar daß hier von geringer Brandlast ausgegangen wird, denn es werden durchaus Gebinde mit brennbarem Inhalt dort gelagert.

Es wird nicht klar, welcher Behandlung die im Brandfalle entstehenden Rauchgase zugeführt werden sollen.



Bei der Einteilung der Anlagenteile in Gefahrengruppen fällt der Sonderbehandlungsraum in die Gefahrengruppe I (im Einsatzfall kann ohne besonderen Schutz vor Gefahren radioaktiver Stoffe gearbeitet werden). Diese Einteilung ist nicht zutreffend, denn gerade in diesem Raum sollen beschädigte und zu hoch aktive Gebinde gelagert werden.

Die Angaben zum Alarmplan können lediglich als grobe Inhaltsangabe aufgefaßt werden. Es werden keinerlei technische Einrichtungen beschrieben, die bei Störfällen zum Einsatz kommen müßten (z.B. sofortige Absaugung des Rauchgases zur weiteren Behandlung, Zurückhaltung kontaminierter Löschwässer usw.).

Betriebliche Anlagen (Kapitel 3.2.4)

Der Verbleib des durch Abbruch der Tagesanlagen entstehenden Bauschutts ist nicht nachgewiesen.

Für den Umgang mit dem Haufwerk sind keine Strahlenschutzmaßnahmen vorgesehen! Es gibt überhaupt keine Angaben zur Abschirmleistung der Vorrichtungen in den Betriebsfahrzeugen.

Im Sonderbehandlungsraum sollen u.a. die Abfallgebinde, die nicht den Endlagerungsbedingungen entsprechen, "behandelt" werden. Über die Art und Weise der Behandlung werden keine Angaben gemacht. Es gibt keine Angaben zu den Einrichtungen, die für eine Konditionierung der Abfälle nötig wären.

Die Einlagerungskammern werden hauptsächlich mit der Teilschnittmaschine aufgeföhren. Einige Bereiche müssen allerdings freigesprengt werden. Genaue Angaben über das nötige Ausmaß vom Sprengvortrieb werden nicht gemacht. Diese wären aber in Hinblick auf mögliche Emissionen und die Langzeitsicherheit wichtig.

Betrieb (Kap. 3.2.5.)

Es wird nicht deutlich, wie die gemischte Einlagerung von Abfällen praktisch durchgeführt werden soll. Es ist einerseits die gemischte Einlagerung über den Querschnitt einer Einlagerungskammer mit Gebinden höherer Garantiewerte sowie von Gebinden mit größerer Wärmeentwicklung möglich (über drei Einlagerungsreihen gemittelt). Es ist nicht nachvollziehbar dargestellt auf welche Weise die Gebinde markiert und dann an die richtige Stelle in der Einlagerungskammer gestellt werden. Zudem sollen einerseits die Gebinde mit höherer Aktivität schon beim Abruf mit den geringer aktiven gemischt und angeliefert bzw. eingelagert werden, während andererseits behauptet wird, daß die die Garantiewerte überschreitenden Gebinde im Sonderbehandlungsraum zurückgehalten und erst nach Absprache mit dem BfS eingelagert werden.



Es sind keine Maßnahmen vorgesehen, die bei zerstörten Abfallgebinden greifen. Wie lange lagern höheraktive Substanzen im Sonderbehandlungsraum? Werden nicht einlagerungsfähige Substanzen wieder zurück transportiert?

Aus der Einlagerungskonzeption geht hervor, daß die im obersten Grubenbereich (800 m Sohle) mit der Einlagerung begonnen werden soll und langsam die tiefer liegenden Felder erschlossen werden. Es gibt keine Alternativendiskussion zu dieser Vorgehensweise. Problematisch bei diesem Einlagerungskonzept können mögliche gasförmige radioaktive Emissionen aus den abgeworfenen Einlagerungsfeldern sein. Diesen wäre das Personal bis zum endgültigen Abschluß des Betriebes ausgesetzt. Würde man zunächst in die tiefer liegenden Felder einlagern, könnten diese völlig abgeschlossen werden und müßten auch nicht mehr passiert werden.

Schwachstellen und Konsequenzen

Die Angaben zur Qualität der Abfallbehälter sind unvollständig und daher z.T. nicht nachvollziehbar. Die durchgeführten Qualitätsprüfungen sowie die Zuordnung der Behälter zu Abfallbehälterklassen wären genau darzustellen.

Die inhaltlichen Veränderungen zu den Planunterlagen 9/86 werden nicht begründet (Einlagerung von stärker wärmeentwickelnden Abfällen) und sind daher auch nicht plausibel.

Die Angaben zur Einlagerungskonzeption sind nach wie vor unvollständig und schlecht nachvollziehbar. In Form von Zeitdiagrammen und Einlagerungsplänen sollte die Einlagerung in ein einzelnes Feld sowie für die gesamte Schachthanlage dargestellt werden.



7 Störfallanalyse der untertägigen Anlagenbereiche (Kap. 3.5 der Planunterlagen)

7.1 Auslegungsstörfälle (Kap. 3.5.2 der Planunterlagen)

Es wird bei den Störfällen nur die Freisetzung über den Luftpfad betrachtet. Freisetzungen mit dem Abwasser durch Reinigung der infolge eines Störfalles kontaminierten Anlagen werden nicht berechnet.

Die Einteilung der Störfälle in "begrenzbar" und "vermeidbar" ist nicht nachvollziehbar. So können z.B. anlageninterne Brände in übertägigen Anlagen nicht völlig vermieden werden. Auch die Kollision von Transportmitteln unter Tage mit oder ohne darauffolgenden Brand kann nicht völlig ausgeschlossen werden (unter Tage wird dieser Fall auch für möglich gehalten).

Einige weitere denkbare Störfälle werden gar nicht betrachtet, so wird beispielsweise ein Ausfall der Ampelanlagen unter Tage mit der Folge einer Fahrzeugkollision oder ein mehrfacher Absturz der Gebinde nicht in Erwägung gezogen. Ebenso fehlen Berechnungen zur Auswirkung von versehentlicher Einlagerung von knallgasentwickelnden Fässern (Blähfässer).

Weiterhin werden denkbare Störfälle wie Flugzeugabsturz auf die Anlage dem Restrisiko zugeordnet. In Anbetracht des zunehmenden Flugverkehrs über der Anlage wird dieses Vorgehen vom Gutachter als nicht angemessen angesehen.

7.2 Störfälle der Klasse 1 (Kap. 3.5.2.1 der Planunterlagen)

Bei der Abfallbehälterklasse I wird eine freisetzungsmindernde Wirkung bei einer Aufprallgeschwindigkeit größer 4 m/s nicht berücksichtigt. Es ist unklar, wieso die Ergebnisse der Störfallanalyse nicht zu schärferen Anforderungen bezüglich der Stabilität dieser Abfallbehälter geführt haben.

Die berechneten Freisetzungsanteile von Partikeln mit aerodynamischen äquivalentem Durchmesser sind deutlich höher als 1986 angegeben. Da keine anderen Berechnungsgrundlagen dargestellt werden ist der Unterschied nicht nachzuvollziehen. Die Nachvollziehbarkeit des Textes wird durch die fehlerhafte Angabe der Maßeinheiten (es fehlen in der betreffenden Tabelle 3.5.2.1.2/1 sowie mehrfach im Text die "µ") noch erschwert.



Es wird nicht angegeben welche Mengen bzw. Chemikalien/Nuklide pro Abfallproduktgruppe aller Wahrscheinlichkeit nach freigesetzt werden könnten.

Auch die Freisetzungsanteile aus Abfallbehältern der Klasse II bei thermischer Einwirkung sind in den Planunterlagen von 4/90 deutlich höher, als in den alten von 9/86. Unterschiedliche Berechnungsgrundlagen sind dem Text nicht zu entnehmen.

Störfall mit mechanischer Einwirkung in der untertägigen Anlage

Die angegebenen Rückhaltefaktoren der aktiven Partikel können keineswegs als emissionsmindernd angesehen werden. Zum einen werden die in den Abwetterschächten niedergeschlagenen Aerosole angereichert und stetig nach außen abgegeben. Zum anderen erhöht sich die Aktivität innerhalb des Grubengebäudes durch die freiliegenden Partikel (Keine Betrachtung der Störfallauswirkung auf das Personal). Bei eventuellen Reinigungsarbeiten gelangen die Partikel in die Abwässer und mit diesen in die Umwelt.

Störfall mit thermischer Einwirkung in der untertägigen Anlage

Bei der Berechnung der atmosphärischen Ausbreitung und potentiellen Strahlenexposition in der Umgebung wird davon ausgegangen, daß die Aufnahme von oberirdischen Pflanzenteilen in 2 km Umkreis nach einem Tag eingestellt wird. Diese Annahme ist nicht konservativ. Der Zeitraum bis ein Störfall der Bevölkerung mitgeteilt wird und bis dann Messungen der Lebensmittel durchgeführt bzw. Verbote des Verzehrs ausgesprochen werden ist erfahrungsgemäß wesentlich länger.

Die Berechnungsgrundlagen für die atmosphärische Ausbreitung und potentielle Strahlenexposition in der Umgebung lassen Fragen offen. So sind die Orte maximaler Einwirkung durch Inhalation und äußerer Strahlenexposition nicht genannt. Es gibt keine Darstellung der Ausbreitung. Die Ergebnisse der unterschiedlichen Störfallannahmen sind nicht dargestellt worden. Welche Auswirkung hätte ein Brand in den übertägigen Anlagen im Vergleich zu einem untertägigen Brand? Die angenommenen Freisetzungsmengen wurden nicht dokumentiert. Wurden Verdünnungen einbezogen?

Störfallauswirkungen auf das Personal wurden auch in diesem Fall nicht betrachtet.



7.3 Schwachstellen und Konsequenzen

Im Bereich der Störfallauswirkungen weichen die Angaben in den Planunterlagen 6/90 deutlich von denen aus dem Jahr 9/86 ab. Begründungen dafür sind dem Text nicht zu entnehmen.

Die Berechnungen der möglichen Emissionen sind aufgrund der mangelnden Dokumentation der Ausgangsdaten kaum nachvollziehbar.

Um die Aussagen in diesem Bereich nachvollziehbar und vollständig zu machen, wären folgende Untersuchungen zu ergänzen:

- Dokumentation der durchgeführten Störfallberechnungen und Ausgangsparameter
- Dokumentation der einzelnen möglicherweise freigesetzten Nuklide auf der Grundlage des eingelagerten Abfallmaterials
- Berechnung von Störfallauswirkungen auf das Personal
- Einbeziehung des Wasserpfades in die Störfallberechnungen
- Dokumentation der Ausbreitungsberechnungen mit Angabe der Berechnungsgrundlagen



8. Thermische Beeinflussung des Wirtsgesteins

Abweichend von den Angaben in den Unterlagen 9/86 darf die Temperaturerhöhung des Gesteins am Kammerstoß statt maximal 3 K jetzt im Mittel 3 K betragen. Weder die Wahl des Kriteriums noch die Grenzwertveränderung wurden begründet.

Es wird in den vorliegenden Planunterlagen behauptet, daß aufgrund vorliegender (aber nicht angeführter) Betriebserfahrungen keine sicherheitstechnisch signifikanten Auswirkungen zu erwarten sind. Diese Behauptung ist nicht nachvollziehbar und somit nicht bewertbar.

Die Einlagerung von Abfallgebinden mit verschiedenen hohen Wärmeleistungen führt laut Planunterlagen zu einem Temperatúrausgleich in den Einlagerungskammern. Dabei muß gesichert sein, daß die inhomogene Verteilung der Abfallgebinde keine lokalen Einflüsse auf das angrenzende Wirtsgestein hat. Dieser Punkt wäre noch durch entsprechende Modellrechnungen zu belegen.

Der Einfluß exothermer Lösungsreaktionen (Abschn. 3.2.1.2) sollte bei der Modellierung der Wärmeverteilung Berücksichtigung finden.

Zu der modellmäßigen Berechnung der Wärmeverteilung wäre eine graphische Darstellung des resultierenden Temperaturfeldes wünschenswert und würde bzgl.

- der Modelldiskretisierung und
- der Zuweisung von Materialeigenschaften wesentliche Aussagen machen.

In der Einlagerungspraxis sind strenge Qualitätskontrollen der individuellen Gebindetypen sowie des Einlagerungsbetriebes erforderlich.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß in die Berechnungen zur thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins weitere Parameter einfließen sollten, um die Unterlagen zu vervollständigen.



9. Erdbebensicherheit des Grubengebäudes

Die dynamischen Zusatzlasten aus dem angesetzten Sicherheitserdbeben rufen keine Schäden im unverritzten Gebirge hervor. Für den Bereich des Endlagers wird "lediglich eine zusätzliche Auflockerung des Gebirges" als denkbar erklärt. Dies auch nur, wenn das Ereignis innerhalb des Verfüllungszeitraums eintritt.

Hierbei stellen sich folgende Fragen:

Ist die Übertragung der Belastung im unverritzten Gebirge auf den unmittelbaren Bereich der Grubenbaue zulässig ?

Gilt die zeitliche Beschränkung für das Eintreten eines solchen Erdbebens auf den Zeitraum der Einlagerung ?

Verhält sich die verfüllte Schachtanlage wie ein unverritztes Gebirge?

Wie wirken sich die Auflockerungen im unmittelbaren Grubenbereich auf hydrologische und gebirgsmechanische Feststellungen aus?

Die Untersuchungen zur Erdbebensicherheit wurden gemäß den KTA-Richtlinien durchgeführt und die grundlegenden diesbezüglichen Arbeiten konnten berücksichtigt werden.

Hinsichtlich möglicher Schäden durch Erdbeben an den Untertagebauten teilen wir die Auffassung des Antragstellers, obwohl die Dokumentation z.T. schwer nachzuvollziehen ist.



10 Langzeitsicherheit

Die Analyse der Langzeitsicherheit des Antragstellers geht von folgendem Szenario einer Schadstoffausbreitung aus:

- Unmittelbare Auffüllung der Resthohlräume des Grubengebäudes nach der Stilllegung mit Formationswässern
- Mobilisierung von Radionukliden aus Abfallgebinden
- Ausfällung und Sorption von Radionukliden im Grubengebäude
- Freisetzung von Radionukliden aus dem Grubengebäude mit dem Grundwasser
- Ausbreitung von Radionukliden mit dem Grundwasser in die Geosphäre; Sorption und Dispersion der Schadstoffe
- Ausbreitung von Radionukliden in die Biosphäre; der Kontakt zur Biosphäre ist definitionsgemäß mit dem Erreichen der quartären Grundwasserleiter hergestellt.

Die Mobilisierung der letzten Nuklide ist mit 600 Jahren angegeben, nach ca. 1000 Jahren stellen sich die natürlichen hydrostatischen Druckverhältnisse wieder ein, so daß der Transport der Nuklide mit dem Tiefengrundwasser einsetzt.

10.1 Radionuklidfreisetzung aus dem Grubengebäude

Die Berechnungen zur Freisetzung der Nuklide aus den verschiedenen Gebinden sind aufgrund unzureichender Dokumentation der Rechenansätze sowie fehlender Literaturhinweise noch immer nicht nachvollziehbar.

Das allgemeine Vorgehen für den Aufbau eines Freisetzungsmodells wird beschrieben, jedoch muß im Vergleich zu den Planunterlagen 9/86 weiterhin unklar bleiben, ob beispielsweise "Skin-Effekte" an den Wänden des Grubengebäudes berücksichtigt wurden und welche Konvergenzsätze dabei zur Anwendung gekommen sind.

Hinsichtlich des Nuklidinventars treten folgende Unstimmigkeiten in den vorliegenden Planunterlagen im Vergleich zu dem Plan 9/86 auf:

- Der Toxizitätsindex (Abb. 3.9.4/1) variiert um Größenordnungen (4/90: ca. 3×10^{15} bis 2×10^{16} ; 9/86: 3×10^{13})
- Die Gesamtaktivität zu Beginn der Nachbetriebsphase ist im Plan 4/90 um das 5-fache erhöht worden (4/90: 5×10^{18} Bq; 9/86: 1×10^{18} Bq)

Liegt hier ein Irrtum vor oder hat sich die Zusammensetzung des geplanten Einlagegutes geändert?



10.2 Sorption

Der Begriff Sorption beinhaltet eine Kombination mehrerer chemischer Prozesse; die Sorptionseigenschaften eines Mediums sind vorwiegend von der Wasserchemie (pH-Wert und Redoxpotential) und dem Gesteinstyp abhängig.

Für 24 Elemente (Tab. 3.9.4/3) wurden die Verteilungskoeffizienten (K_d -Werte) experimentell bestimmt. Der K_d -Wert ist der Quotient aus der Radionuklidkonzentration am Festgestein und in der Lösung. Eine bereits für den Plan 9/86 geforderte Beschreibung der entsprechenden Versuche zur Bestimmung des K_d -Wertes liegen auch in der Planvorlage 4/90 nicht vor, sodaß die angegebenen Werte nicht zu überprüfen sind.

Die Zugabe von EDTA im Experiment soll die Anwesenheit technischer Komplexbildner simulieren und diesbezüglich einen Konservatismus für die Migrationsberechnungen bilden. Die chemischen und physikalischen Verhältnisse im Grubengebäude wurden offenbar bei der Ermittlung der K_d -Werte berücksichtigt, sodaß für das Nahfeld des Grubengebäudes die angegebenen K_d -Werte wahrscheinlich zutreffend sind. Dies trifft für das weitere Ausbreitungsgebiet jedoch nicht zu. Hierzu hätten weitere Experimente mit anderen Gesteinen und unterschiedlichen Tiefenwässern (Lösungsinhalt, pH-Wert) durchgeführt werden müssen. Die Möglichkeiten des Einflusses von Kolloid-Bildungen auf den Nuklidtransport ist scheinbar noch immer nicht untersucht worden.

Eine transparente und überzeugende Argumentation für die gewählte Datenannahme ist weiterhin nicht gegeben.

10.3. Dispersion

Die mathematische Darstellung hydrodynamischer Dispersion mittels eines quasi-Fick'schen diffusiven Mechanismus ist eine durchaus gängige Methode. In den vorliegenden Planunterlagen wurden Dispersionslängen im Unterkreideton (30 m), Oxford (200 m) und "Cornbrash" (200 m) definiert.

Das im SWIFT-Code konstruierte und analysierte eindimensionale Migrationsmodell ist bezüglich der Dispersion konservativ, weil die transversale Dispersion in Richtungen quer zum Transportweg nicht berücksichtigt wird. Die angenommene rasche Mischung im Grubengebäude bedeutet, daß sämtliche freigesetzte Nuklide im gesamten Wasserstrom im Oxford zu diesem Zeitpunkt gemischt werden.



Die Kriterien zur Auswahl der Dispersionslängen sind in den Unterlagen nicht erwähnt. Ohne Angaben zu Eichversuchen sowie zu Sensitivitätsstudien über die Wirkungen der Dispersionslängen sind die Modellrechnungen nicht nachzuvollziehen und zu bewerten.

11. Sonstige Emissionen der Anlage (Kap. 3.10 der Planunterlagen)

Zu den sonstigen Emissionen wird in den Planunterlagen behauptet, daß die geplanten Anlagen "zu keinen unzulässigen Emissionen im Sinne der TA Luft und Immissionen nach TA Lärm" führen.

Die Emissionen der Kohlekesselanlagen von Konrad 2 überschreiten aber den Grenzwert der TA Luft ($0,5 \text{ g/m}^3$ bei einem Massenstrom von $> 5 \text{ kg/h}$) für Schwefeldioxid um das 8 fache (ca. 4 g/m^3).

Weitere quantitative Angaben zu den Lärm- und Luftemissionen der Anlagenbereiche werden nicht gemacht. Dies wäre aber dringend erforderlich, da auch bei den gasförmigen Emissionen behauptet wurde, daß die Grenzwerte der TA Luft eingehalten werden.

12 Abschluß des Betriebes

Verfasser: BÜRO FÜR GEOTECHNIK UND LAGERSTÄTTEN, Dr. K. Rottenbacher
Redaktionelle Bearbeitung: Dr. K. Gronemeier + Partner Consulting GmbH

Bezug zu Kapitel 4 und Kapitel 3.2.5.6 der Planunterlagen

12.1 Verfüllen der Einlagerungskammer

Im folgenden wird auf Kapitel 3.2.5.6.2 der Planunterlagen Bezug genommen.

Da der Betriebsplan ein laufendes Abwerfen von Einlagerungsfeldern, also Verfüllen und Verschließen der Einlagerungskammern und anderer Grubenbaue während der Betriebsphase vorsieht, beginnt der Abschluß des Betriebes bereits mit der Verfüllung der ersten Einlagerungskammer.



Bei einer Mindest-Betriebsdauer von ca. 40 Jahren ist auf diese Arbeiten und Techniken, auch in Hinblick auf eine mögliche Gefährdung des Personals sowie der Aufrechterhaltung eines ungestörten Betriebsablaufes, besondere Sorgfalt zu verwenden, da nach dem Verfüllen und Verschließen von Grubenbauen regulierende Eingriffe bei Störfällen nur schwer möglich sein werden.

Die angestrebte Hohlraumminimierung in den Einlagerungskammern und den Kammerabschlußbauen durch Pumpversatz stellt zwar prinzipiell - hinsichtlich der Hohlraumausfüllung - eine wesentliche Verbesserung gegenüber den ursprünglich vorgesehenen Schleuder- und Blasversatztechniken dar, daß damit jedoch ein "dichter" Ein-schluß der Abfallgebinde, sowie ein dichter Verschuß des vorderen Teils der Einlage-rungskammern erreicht wird, wie es auf Seite 3.4.2 - 6 Absatz 2 behauptet wird, ist aufgrund der vorliegenden Angaben nicht nachzuvollziehen und aus konventioneller Betrachtung der Eigenschaften und Verarbeitbarkeit von Beton anzuzweifeln.

Der Pumpversatz wird lediglich, nach 3.2.5.6 - 2, Absatz 2, als eine sehr fließfähige, pumpfähige und hydraulisch verfestigende Mischung aus aufbereitetem Konrad-Haufwerk, Wasser, Zement und Additiven zur Abbindeverzögerung dargestellt, die beim Verfestigen kein Wasser freisetzt.

Es wird weder über Rezepturen (Korngrößenaufbau des Zuschlages, Art des Zementes, der Additive, der Mengenverhältnisse, Wasserzementwerte usw.) berichtet, noch über Güteklasse, technische Maßnahmen zur Verdichtung, Prüfungen, experimentelle Eig-nungsuntersuchungen oder vergleichbare Zementierungen anhand von Literaturzitaten.

Die vorliegenden Angaben können daher nur als eine Art Absichtserklärung verstanden werden, die sich - abgesehen von der Vorgabe, der Pumpversatz hat sehr fließfähig zu sein, aber darf beim Verfestigen kein Wasser freisetzen, was wohl nicht so ohne wei-teres funktionieren wird - der gutachterlichen Beurteilung entzieht.

Zur Veranschaulichung der Problematik bei einem derartigen Pumpversatz auf Beton-basis sollen hier einige wenige grundlegende Mechanismen und Betoneigenschaften vereinfacht dargestellt werden, die allerdings keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

Definitionsgemäß handelt es sich bei Beton um einen aus Zement, Gesteinsteilen (= Zuschlagstoff) und Wasser hergestellten Baustoff, in dem der Brei aus Wasser und Ze-ment die Gesteinsteile umhüllt und nach Erhärtung zusammenhält.

Für besondere Zwecke können noch besondere Zusätze (Additive) zugemischt werden (hier zum Beispiel Abbindeverzögerer; Betondichtmittel, Betonverflüssiger, Expansions-mittel).

Betone werden unterschieden nach Rohdichte, Art des Zuschlagstoffes, Körnung des Zuschlagstoffes (Sieblinienbereich), Steife, Art des Transportes (z. B. Pump-Beton) und Art der Verdichtung (z. B. Stampfen, Rütteln, Schleudern, Stochern).



Die **Betongüten** werden nach den Mindestdruckfestigkeiten eingeteilt (DIN-Normen hinsichtlich der Verwendung), wobei der Wassorzementwert maßgebend für die Güte ist ($w = W/Z$; W = Wassergehalt, einschließlich der Oberflächenfeuchte der Zuschlagstoffe, in kg/m^3 ; Z = Zementgehalt in kg/m^3).

Die verschiedenen Zemente bestehen in der Hauptsache aus hochbasischen Verbindungen in Form von Tri- und Dicalciumsilicat, Calciumaluminat und Calciumferrit. Die Verfestigung erfolgt zunächst rasch durch Wasseraufnahme seitens des Tricalciumsilicates (Abbinden, Erstarren) und schreitet dann langsamer fort, wobei sich die Calciumsilicate und -aluminat hydrolytisch unter Abscheidung von Calciumhydroxid zersetzen. Das langsam folgende Erhärten beruht auf der Kristallisation kompliziert zusammengesetzter Hydrate von Calciumsilicaten und -aluminaten, die fest miteinander verwachsen. Menge, Kristallisationsgrad und Verwachsungsgrad bedingen letztlich die erreichbare Härte (bzw. Gefügedichte). Für eine optimale Bildung der Hydrate ist auch nach dem Abbinden Wasser notwendig - der Beton muß bekanntlich feucht gehalten werden.

Überschüssiges Calciumhydroxid geht dann später unter CO_2 -Aufnahme aus der Luft in Calciumcarbonat über.

Da für die Hydratation nur etwa 15-20 % des Zementgewichtes an Wasser benötigt werden, hinterläßt ein großer Teil des Wassers im erhärteten Beton Hohlräume (Poren), die überwiegend die Güte des Betons bestimmen.

Die insgesamt im Beton vorliegenden Poren (offene Porosität, geschlossene Porosität) werden einerseits nach ihrer Porenweite unterschieden (innerkristalline Poren, Gelporen, Kapillarporen, Makroporen), andererseits nach dem Ort ihres Auftretens (Haufwerksporen = Hohlraum zwischen den Zuschlagstoffkörnern, dessen Anteil durch Verdichtung entstehen und Zementsteinporen = Poren, die durch die Hydratation entstehen).

Der einzustellende Wassergehalt des Betons hängt wiederum vom Kornaufbau der Zuschlagstoffe und der zur Verdichtung notwendigen Steife ab. In der Regel ist bei feinkörnigem Zuschlagstoff ein höherer Wassergehalt erforderlich. Wird der Zuschlagstoff grobkörniger zugesetzt, so ist zwar der benötigte Wassergehalt geringer, aber der Beton kann dann nicht sicher verdichtet werden.

Die Verdichtungsmöglichkeiten richten sich nach der Steife des frischen Betons, wobei knapp weicher Beton optimal durch Rütteln oder Stampfen verdichtet werden kann, während bei weichem bis flüssigem Beton nur eine Verdichtung durch Stochern möglich ist.

Ob zum Beispiel zwischen den Abfallgebinden eine sichere Verdichtung des Pump-Betons noch möglich sein wird, ist technologisch sehr fraglich.

Das Abbinden bzw. Erhärten des Betons geht immer mit einem Schrumpfen und Schwinden einher, wobei man unter Schrumpfen die Raumverminderung versteht, die durch Sedimentation (mit Wasserabstoßung), Hydratation (inneres Schrumpfen) und Austrocknung (äußeres Schrumpfen) entsteht. Rißbildungen durch äußeres Schrumpfen lassen sich durch Verwendung von steiferem Beton, Feuchthalten und Nachverdichten vermindern.



Das Schwinden des Betons beruht jedoch auf der chemisch-physikalischen Beschaffenheit des Bindemittels (z. B. Mahlfeinheit), wird größer mit zunehmendem Bindemittel, Wasser- und Porengehalt, sowie bei feinerer Kornzusammensetzung des Zuschlagstoffes und bei Zugabe von Additiven.

Die wichtigste Eigenschaft des Betons ist seine Druckfestigkeit, die etwa das Zwanzigfache seiner Zugfestigkeit ausmacht. Sie ist abhängig von Zementgüte, Wasserzementwert, Beschaffenheit des Anmachwassers, der mechanischen Verdichtung und der Aushärtebedingungen.

Die Wasserdurchlässigkeit hängt vom Wasserzementwert, der Kornzusammensetzung des Zuschlages, der Steife (als optimal wird knapp weich angesehen) und der Verdichtungsart ab. Sie kann durch Zugabe von Betondichtungsmitteln verbessert werden, die allerdings meist eine Verminderung der Festigkeit und ein größeres Schwinden bewirken.

Die wenigen hier angeführten Mechanismen und Eigenschaften zeigen bereits, daß die Herstellung eines geeigneten Pumpversatzes keineswegs so problemlos ist, wie es in den Planunterlagen vereinfacht - als Mischung aus Haufwerk, Wasser, Zement und Additiven - dargestellt wird.

Schon die Auswahl des richtigen Zementes, abgestimmt auf die zur Verfügung stehende Zuschlagstoffe, die zudem von gleichbleibender Beschaffenheit sein müssen, und auf die zu erwartenden Beanspruchungen, hier insbesondere durch Formationswässer (z. B. Einsatz salzresistenter Zemente), dürfte umfangreiche, auch zeitintensive experimentelle, Untersuchungen erfordern.

Auch die Optimierung des Kornaufbaues der Zuschlagstoffe, bei dem zwischen Verpump- und Verdichtbarkeit, Schwindverhalten, den zu dichtenden Hohlräumen zwischen den Abfallgebinden und den abzudichtenden, abbaubedingten Auflockerungszonen ein optimales Kornspektrum erarbeitet werden muß, erfordert ebenso entsprechende Untersuchungen, wie die Optimierung des Wassergehaltes, der Haftfähigkeit an den Abfallgebinden (die zum Teil beschichtet sind (3.3.3 - 1), die Auswahl der Additive (z. B. auch Einsatz von Expansionsmitteln) und die technische Lösung der Verdichtung.

Abschließend ist festzuhalten, daß es prinzipiell durchaus vorstellbar, daß mit einer derartigen Verfülltechnik die Zielvorgaben annähernd erreicht werden, sofern man von dem Begriff "dicht" abgeht und die unausweichlichen Kompromisse akzeptabel erscheinen, aber über die wirkliche Tauglichkeit einer derartigen Verfülltechnik kann erst befunden werden, wenn die Ergebnisse aus den entsprechenden Untersuchungen vorliegen.



Über die Notwendigkeit umfassender Untersuchungen zur Herstellung eines Pumpversatzes, der auch den Vorgaben in 3.4.2 gerecht wird, sowie eine praxisnahe Prüfung und Erprobung unter in situ Bedingungen kann kein Zweifel bestehen, zumal die Auswirkungen eines untauglichen Versatzes bereits während der Betriebsphase zum Tragen kommen.

Da man nach 3.9-13 von einem unverzögerten Kontakt von Wässern mit Abfallgebinden ausgeht und eine Mobilisierung der Nuklide aus den Abfallgebinden bereits nach wenigen Jahren stattfindet -- Ausfall der Behälter durch Korrosion und mechanische Belastung ("Die für diese Belastungen ermittelten Behälterstandzeiten betragen nur wenige Jahre"), wobei die modellmäßige Annahme, daß die Mobilisierung erst mit Beginn der Nachbetriebsphase einsetzt, also nach 40 Jahren, nicht ganz schlüssig erscheint -- kommt also sowohl der optimalen Einbindung der Abfallgebinde in den Versatz, wie auch der Dichtfähigkeit des Versatzmaterials in Bezug auf die Auflockerungszonen des Gebirges und ganz besonders der Korrosionsbeständigkeit gegenüber den hochsalinaren Formationswässern eine besondere Bedeutung zu, da nach dem Erhärten des Pumpversatzmaterials (bei dem zu erwartenden Wasserzufluß gemäß 3.9-13) der Fall eintritt, daß ein Wasserzutritt nicht beherrschbar wird. Also genau der Fall, der nach 3.2.3.2 Seite 55 der Kurzfassung aufgrund der geologischen Verhältnisse angeblich nicht unterstellt werden braucht.

Die durchzuführenden Untersuchungen und Prüfungen sind weitgehend Stand der Technik und man kann dabei zum Beispiel auch auf die umfangreichen Erfahrungen der Erdöl- und Erdgasindustrie mit ähnlich problematischen Zementationen (z. B. Ringraumzementationen, Zementation von Formations-Packern etc.) zurückgreifen.

12.2 Kammerabschlüsse und Kammerabschlußbauwerke

Im folgenden wird auf Kapitel 3.2.5.7 der Planunterlagen Bezug genommen.

Für die Planung der Kammerabschlußbauwerke gilt im wesentlichen dasselbe wie für den Pumpversatz.

Auch hier fehlen jegliche materialspezifische Daten und Ergebnisse aus Eignungsuntersuchungen.

Generell erscheint jedoch die Verwendung von Stahlbeton hinsichtlich der zu erwartenden Korrosionsangriffe auf die Stahllarmierung problematisch.



Einerseits muß mit einer Korrosion der Armierung durch die Halogene aus den Formationswässern gerechnet werden, andererseits ist hier zusätzlich auch eine Wasserstoffkorrosion zu erwarten, da nach 3.4.2 - 7 eine Wasserstoffbildung durch Korrosion der Abfallbehälter mit einer Gasbildungsrate von ca. 1 ml/m^3 Abfall und Stunde auftreten wird.

Die Wasserstoffkorrosion des Stahls beruht darauf, daß der Wasserstoff in den Stahl diffundiert, ihn entkohlt und mit dem Kohlenstoff aus dem Stahl Methan bildet, das den Kornzusammenhang lockert. Tritt gleichzeitig eine Zugbeanspruchung auf, so wird die Zerstörung beschleunigt.

Es läßt sich zwar vorab nicht abschätzen, aber würde zum Beispiel die Wasserstoffdiffusion durch den Beton in den Stahl und damit die Stahlkorrosion schneller einsetzen als die Betonkorrosion, so hätte das, allein schon durch die Gefügelockerung, zur Folge, daß ein vielleicht sonst gut resistenter Beton seinerseits einem verstärkten Lösungsangriff an den Korngrenzen ausgesetzt würde.

Die Dichtigkeitsprüfung von Kammer und Kammerabschluß, insbesondere auch in Bezug auf die Lockerungszone im streckennahen Bereich ist zwar sehr zu begrüßen, aber nach Entfernung der Stahlabschlußwand, dürfte die endgültige Betonierung des Abschlusses wieder problematisch werden, da dann wiederum Mechanismen (z. B. Schrumpfung und Schwindung) wirksam werden, die eine geringe Durchlässigkeit in Frage stellen.

Ob so die für den Kammerabschluß angegebenen Durchlässigkeiten in der Praxis, also bei einer vor Ort-Betonierung und nicht im Labor unter optimalen Bedingungen, erreicht werden, bedarf wohl einer Erprobung.

Es ist vielleicht zu empfehlen, die nach Abb. 3.2.5.7/1 ohnehin verlorene Stahlabschlußwand aus hoch chromlegiertem druckwasserstoffbeständigem Stahl zu fertigen und als erstes inneres Dichtelement beizubehalten.

Hinsichtlich der vorausgesagten oder wohl besser angestrebten Permeabilität des Kammerabschlußbauwerkes von rund 10 md (Millidarcy) ist festzustellen, daß sie in der Größenordnung von geringpermeablen, erdgasführenden Sandsteinen liegt (z. B. 5-20 md Luftpermeabilität des Obernkirchner Sandsteines des Wealden, mit einer Porosität von 15-25 %), die heute mit MHF-Behandlung (= massiv hydraulic fracturing) erschließbar sind, also durchaus auch wirtschaftlich annehmbare Durchlässigkeiten aufweisen.

Die Bezeichnung als "quasidicht" ergibt keinen Sinn und ist auch als Eigenschaft definitionsgemäß nicht möglich (dicht = undurchlässig; Quasi = quam si = als wenn).



12.3 Restverfüllung des Grubengebäudes

Bezug zu den Kapiteln 3.2.5.6 und 4.2 der Planunterlagen.

Die Restverfüllung der Grubengebäude geschieht im Zuge des Abwerfens von Einlagerungsfeldern während der Betriebsphase.

Als Versatzgut dient nach 4.1 aufgehaldetes Haufwerk aus der Grube Konrad als auch "geeignetes" Fremdversatzmaterial.

Hier muß eine Spezifikation der Eignungskriterien dargelegt werden.

Die Verfüllung der Wetterbohrlöcher nur mit Pumpversatz (3.2.5.7 - 1), bzw. die Verfüllung der Ringräume im unteren Bereich auf ca. 5 m mit Beton und darüber mit Kies (3.2.5.1 - 5) reicht keinesfalls aus, zumal für die Abwettersammelstrecke nach Abschluß des Betriebes nur ein Versatz mit Konrad-Haufwerk vorgesehen ist (3.2.5.6.3).

12.4 Schachtverfüllung

Im folgenden wird auf Kapitel 4.2 der Planunterlagen Bezug genommen.

Zustand der Schächte

An erster Stelle für die Sicherung eines normalen Betriebsablaufes, z. B. kommt das Versatzgut von über Tage, wie auch für Sicherungsmaßnahmen bei Störfällen, steht naturgemäß die Gewährleistung der Zugangsmöglichkeiten zu den Grubenbauen, also insbesondere die Betriebssicherheit der Schächte während der gesamten Betriebsdauer.

Diesbezüglich müssen jedoch, wie schon im Gutachten von 1987, schwerwiegende Bedenken angemeldet werden, da die damals geforderten materialtechnologischen Untersuchungen bislang nicht durchgeführt wurden.



Schachtteufenmessungen (Abschn. 4.3) ohne begleitende materialtechnologische Untersuchungen, die zudem nur an Schacht Konrad 2 durchgeführt wurden, reichen für eine Bewertung der Standsicherheiten nicht aus. Die Ergebnisse der Schachtteufenmessungen geben deutliche Hinweise auf eine aktive tektonische Beanspruchung, die möglicherweise mit dem rezenten Aufstieg des Salzstock Thiede (3.1.9.2-12) in Zusammenhang steht.

Die Verformungsmessungen in geeigneten Meßbohrungen (3.1.9.7 - 11), die unter anderem zum Ziel hatten, mögliche rezente Bewegungen zu erfassen, erbrachten zwar keine Hinweise auf "signifikante" Verformungen, wobei der Ausdruck "signifikant" dahingehend interpretiert werden muß, daß Verformungen durchaus beobachtbar waren, wurden jedoch nur in Bereichen durchgeführt, die mit dem Salzstock Thiede in keiner Verbindung stehen (3.1.9.2 - 11).

Die Verformungsmessungen haben für Schacht Konrad 2 keine Aussagekraft.

Zu dem kommt noch, daß die Immendorfer Störung, die eventuell als trennendes Element fungieren könnte, an ihrem nördlichen Ende bereits im Lias zur Ruhe gekommen ist (3.1.9.2 - 11).

Die Aufnahmen der Immendorfer Störung in die Abbildungen 3.1.9.1/5 bzw. Abb. 4 der Kurzfassung, 3.1.9.1/6 bzw. Abb. 5 der Kurzfassung und in die Abbildung 3.1.9.2/3 sind irreführend. Es wird damit ein Trennelement zwischen Schacht Konrad 2 und dem Salzstock Thiede dargestellt, das spätestens ab dem Dogger nicht mehr vorhanden sein kann.

Eine Beanspruchung des Schachtes Konrad 2 durch rezente Bewegungsvorgänge, hervorgerufen durch den Aufstieg des Salzstockes Thiede, ist also durchaus möglich und würde die Schachtteufenmeßwerte erklären.

Die ausgeprägten Maxima für Schachtstauchung und -scherung des Schachtes Konrad 2 (Abb. 3.1.10.5/16) könnten ebenfalls ihre Ursache - zumindest teilweise - in rezenten Bewegungsvorgängen haben, wobei sich Effekte, bedingt durch die geringeren Abstände zu den Abbau- und Einlagerungsfeldern (3.1.10.5 - 13), und Verformungen, die auf tektonischen Bewegungen beruhen, überlagern werden.

Die berechneten Horizontalverschiebungen lassen keine Schlußfolgerungen auf aktive tektonische Bewegungen zu, da sie einerseits auf Laborbefunden beruhen (Triaxialversuche, Abb. 3.1.10.5/2) und andererseits nur die Absenkung berücksichtigen (Abb. 3.1.10.5/15) und damit automatisch in Richtung des Zentrums des Senkungstrog ausgerichtet sind.



In beiden Bereichen, in denen die Senkungsmaxima beobachtet werden, stehen an die Schachtausmauerung Formationen an, die hochsalinare Formationswässer führen, nämlich der Hilssandstein und der Untere Korallenoolith.

An der Sohle des Schachtes Konrad 2 steht zudem der ebenfalls Formationswasser führende "Cornbrash" - Sandstein an (3.1.9.6-17).

Die in Abb. 3.1.9.7/7 angegebene Teufe zwischen 346 m - 395 m für den Spezialausbau im Bereich des Hilssandsteines ist falsch. Der Hilssandstein steht nach Abb. 3.1.9.1/1, mit einer Mächtigkeit von 1,35 m bis zu einer Teufe von 470,05 m an und der Spezialausbau befindet sich dementsprechend, nach Anlage 1.2/4, zwischen 465 m und 475 m.

In Abb. 3.1.9.6/1 wird für den Hilssandstein ein Salzgehalt von ca. 155 g/l angegeben (nach Plan 9/86, Tab. 3.1.9.6/1 wurde für die Teufe von 470 m ein Salzgehalt von 168 g/l bestimmt), für den Korallenoolith ein Salzgehalt von 180 g/l (nach Plan 9/86 beträgt der Salzgehalt für den unteren Korallenoolith 213 g/l) und für den "Cornbrash" ein Salzgehalt von ca. 190 g/l (nach Plan 9/86 beträgt der Salzgehalt in 1001,5 m Teufe 231 g/l).

In den Wässern des Korallenoolithes wurden auch hohe Bromid- und erhöhte Jodidgehalte festgestellt (nach Plan 9/86, 3.1.9.6 - 19 : 905 mg/l Br^- und 63 mg/l J^-).

Die in der Grube angeschlagenen Wässer enthalten nach Plan 9/86, 3.1.9.6 - 20 auch erhebliche Mengen (13 - 15 Volumenprozent) gelöster Gase. Diese Gase setzten sich aus Luft, Spuren von Äthan, einem hohen Methananteil (25 - 72 %) und einem Kohlendioxidanteil von 2 % bis 20 % zusammen.

Die Formationswässer müssen also in Bezug auf die Schachtwände als aggressive Lösungen bezeichnet werden.

Korrosive Lösungsreaktionen am/im Beton der über zwanzig Jahre alten Schachtausmauerung (insbesondere durch Kohlendioxid) und an der Armierung (durch die Halogene) sind ebenso zu vermuten, wie Lösungsreaktionen und/oder Mineralneubildungsreaktionen in den Kontaktzonen zwischen Ausmauerung und den wasserführenden, wie auch den darunter anstehenden "trockenen" Formationen.



Da sich die Auswirkungen geochemischer Reaktionen mit Effekten aus einer tektonischen Beanspruchung überlagern und verstärken, z. B. durch Zufluß "frischen Lösungsmittels" und einer damit verbundenen linearen Löslichkeit, sowie der einhergehenden Lockerung des Kornverbandes, die zu erheblicher Minderung der Materialfestigkeiten führen kann, müssen dringend nochmals entsprechende Untersuchungen gefordert werden, die über den derzeitigen und absehbaren Zustand der Schachtwände und der Kontaktzonen zum Gebirge Aufschluß geben, da nur so über die Standsicherheit während der Betriebsphase und über nachfolgende Verschußtechniken verläßlich befunden werden kann.

Verfüllung der Schächte

Insgesamt ist das Konzept für die Schachtverfüllung sehr positiv zu bewerten, da es die Auflockerungszonen um die Schächte miteinbezieht und auch die Möglichkeit von Gebirgsbewegungen berücksichtigt. In diesem Zusammenhang ist der Verzicht auf ein starres Widerlager folgerichtig.

Die "Nichtwasserlöslichkeit" des Füllgutes für die Stützsäule ist eine etwas zu absolute Aussage (4.2.2.3), insbesondere in Anbetracht der Zusammensetzung der eindringenden Formationswässer. Mit Lösungsreaktionen muß selbstverständlich gerechnet werden.

Das Konzept einer mineralischen Abdichtung mit hohen Tonanteilen entspricht prinzipiell dem gegenwärtigen Stand der Deponietechnik, wobei man sich aber vor Augen halten muß, daß der Begriff "Ton" lediglich eine Korngrößenbezeichnung ist und keine wie immer gearteten Rückschlüsse auf die Mineralzusammensetzung erlaubt, d. h. der Begriff reicht nicht aus, um geochemisches Verhalten zu beurteilen.

Dem wird heute in der Forschung, hinsichtlich der Entwicklung neuer Deponie-Barrierematerialien, Rechnung getragen.

Hohe Anteile an quellfähigen Tonmineralien (z. B. Montmorillonit) sind nicht nur hinsichtlich ihrer "Dichtwirkung" beim Quellvorgang wünschenswert, sondern auch wegen ihrer Eigenschaft, Fremdionen aufnehmen zu können. Aber auch manche andere, nicht quellfähige Minerale (z. B. Attapulgit oder Zeolithe) können Fremdionen einbauen und so wie "Filter" wirken. Es ist zu empfehlen, bei der Zusammensetzung der mineralischen Abdichtung derartige Möglichkeiten in Betracht zu ziehen.



Daß durch die Zugabe quellfähiger Tonminerale die nach außen (horizontal) gerichtete Belastung der Schachtwandung (4.2 - 7) wesentlich gesteuert werden kann, erscheint, so wie es dargestellt wird, sehr zweifelhaft, da durch die Art der Einbringung (Einschütten, Verdichten) eine vorzugsweise horizontale Einregelung der quellfähigen Tonminerale (Schichtsilikate) erwartet werden muß und der Quellvorgang sich somit überwiegend in vertikaler Richtung auswirken wird.

Für die Aussage, daß die Eigenschaften der mineralischen Abdichtung unter in situ Bedingungen langfristig erhalten bleiben, bedarf es entsprechender experimenteller Untersuchungen, wie überhaupt die optimale Zusammensetzung hinsichtlich geochemischer Stabilität, Wechselwirkungen, Kornspektren usw., sowie optimale Einbringungstechniken zur Ausnutzung der Quellfähigkeit erst erprobt werden müßten.

Der Einsatz von Asphalt als thermoplastisches Material ist prinzipiell plausibel, ob allerdings Kalksteinmehl als Füller die beste Lösung ist, sollten Untersuchungen zeigen.

Einerseits ist zu vermuten, daß der Feinstkornanteil (Staub) die Benetzbarkeit herabsetzt und auch zu vermehrten Luftblasenbildungen beiträgt, andererseits wird die Reaktivität gegenüber Lösungsangriffen damit noch weiter erhöht, zumal Kalk gegenüber Lagerstättenwässern ohnehin eine geringe Stabilität aufweist.

Daß auch bei in Bitumen eingebetteten Materialien mit einer gewissen Auslaugung zu rechnen ist, geht schon aus den Untersuchungen über Aktivitätsfreisetzungen (3.4.2 - 3 u. 4) hervor und durch Sedimentationsvorgänge werden sich die trennenden Bitumenschichten zwischen den Partikeln verringern.

Zwar kann Bitumen generell als resistent gegenüber Wasser und anorganischen Lösungen angesehen werden, aber er unterliegt auch einer Alterung, die sich durch eine Viskositätssteigerung ("Erhärtung") bemerkbar macht.

Die Alterung kann durch Veränderungen in der mycelkolloidalen Struktur, durch Verdunsten der leichtsiedenden Komponenten oder als Folge von Sauerstoff (Oxidation) und Temperatur eintreten. Das Oxidations-Altern tritt besonders bei UV-Einwirkung auf, also an der Oberfläche (z. B. bei Straßenasphalten), aber da Bitumen immer heißflüssig verarbeitet werden muß (auch das Füllermaterial wird erhitzt) und zudem bei der Verarbeitung Luftporen entstehen, wird auch im Inneren des Bitumens ein Alterungsprozess stattfinden.

Die Untersuchung derartiger Alterungsprozesse im Hinblick auf Entstehung von Wegsamkeiten und Auslaugungsprozessen (Lösung des Füllers) wäre wünschenswert, auch Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses ionisierender Strahlung auf das Altern, da Bitumen ja aus einer Vielzahl organischer Verbindungen besteht und Strukturänderungen und/oder -auflösungen denkbar erscheinen.



Letztlich müssen auch noch Untersuchungen über die Eindringtiefe der Asphalte in die Lockerungszonen unter praxisnahen Bedingungen (Temperaturabhängigkeit der Viskosität, Kontakt zu den anstehenden Formationen) durchgeführt werden, damit über ihre tatsächliche Effektivität als Dichtmittel Erfahrungen gesammelt werden.

12.5 Überwachung

(Kapitel 4.4 der Planunterlagen)

Nach dem gegenwärtigen Stand der Kenntnisse, insbesondere aufgrund des Fehlens jeglicher Kenntnisse der geochemisch-mineralogischen Reaktionsmechanismen in Zusammenhang mit der Verfülltechnik, ist von einer frühzeitigen Außerbetriebnahme automatischer Überwachungssysteme abzuraten.

Der Abbruch der Schachthallen (4.3) sollte aus Sicherheitsgründen überhaupt vermieden werden, da Auswirkungen geochemischer Reaktionen (Alterung der Asphalte, Reaktionen in den Lockerungszonen um die Schächte usw., die zu Wegsamkeiten führen) möglicherweise auch erst nach langer Zeit auftreten.

12.6 Schwachstellen und Konsequenzen

Das Kapitel "Abschluß des Betriebes" (Ziffer 4) - Bearbeitung: BÜRO FÜR GEOTECHNIK UND LAGERSTÄTTEN, Dr. K. Rottenbacher - wurde unter Miteinbeziehung der Kapitel 3.2.5.6 ("Verfüllen der Hohlräume") und Kapitel 3.2.5.7 ("Kammerabschlüsse und Kammerabschlußbauwerke") auf Nachvollziehbarkeit, Aussagekraft, Vollständigkeit und Schwachstellen geprüft, bewertet und auch dahingehend begutachtet, ob die in dem Gutachten von 1987 aufgezeigten Mängel in den Planunterlagen ausgeräumt worden sind.

Zum letzteren ist vorab festzustellen, daß Forderungen, die im Absatz "Abschluß des Betriebes" in der Zusammenfassung des Gutachtens vom Juni 1987 aufgelistet wurden, vom Antragsteller nicht erfüllt wurden.

Nachfolgend werden nochmals zusammenfassend die wesentlichsten Schwachstellen und Mängel in den Kapiteln 3.2.5.6, 3.2.5.7 und Kapitel 4 der jetzt vorliegenden Antragsunterlagen dargestellt.



Zu 12.1 Verfüllen der Einlagerungskammer

Das Verfüllen der Einlagerungskammer mit hydraulisch abbindenden Materialien ist zwar grundsätzlich eine plausible Verbesserung gegenüber der ursprünglich geplanten Versatztechnik, aber sie kann nur als Absichtserklärung gewertet werden.

Hier fehlen jegliche Angaben, seien sie materialspezifischer oder verfahrenstechnischer Natur, aus denen eine Realisierbarkeit dieser Versatztechnik unter den Gesichtspunkten der Anforderungen, die an ein Endlager gestellt werden, abgeleitet und bewertet werden könnte.

Zu 12.2 Kammerabschlüsse und Kammerabschlußbauwerke

Hier gilt dasselbe wie für Punkt 12.1, denn auch hier fehlen die Angaben, die eine Beurteilung ermöglichen würden.

Prinzipiell erscheint die Verwendung von Stahlbeton aus Sicht der zu erwartenden Korrosionsangriffe problematisch.

Der Ausdruck "quasidicht", hier im Zusammenhang mit der Permeabilität der Kammerabschlußbauwerke gebracht, muß grundsätzlich abgelehnt werden.

Zu 12.3 Restverfüllung der Grubengebäude

Die Eignungskriterien für Versatzmaterial fehlen.

Die vorgesehene Verfüllung der Wetterbohrlöcher ist unzureichend.

Zu 12.4 Schachtverfüllung

Bei der Prüfung der Schachtverfüllungsvorschläge wurde zuerst versucht, den Ist-Zustand der Schächte nachzuvollziehen, da dieser für anschließende Betrachtungen die Grundlage darstellt.

Hier ergeben sich nach wie vor gravierende Mängel hinsichtlich des Wissens um den tatsächlichen Bauwerkszustand, da materialspezifische Untersuchungen, wie sie 1987 gefordert wurden, nicht durchgeführt wurden.



Auch über die Anbindung zum Gebirge, bzw. dem Zustand der Auflockerungszone im Gebirge liegen keine Befunde vor.

Es wurden lediglich neue Meßergebnisse von der Schachtteufenmessung in Schacht Konrad 2 dargestellt, die nunmehr, bei Vergleich mit den alten Meßwerten, Anlaß geben, die Möglichkeit einer rezenten tektonischen Beanspruchung des Schachtes nicht auszuschließen.

Das neue Konzept für die Schachtverfüllung ist prinzipiell positiv zu bewerten, da es nunmehr die Auflockerungszonen um die Schächte einbezieht und auch möglichen Gebirgsbewegungen Rechnung trägt.

Aus materialspezifischer Sicht ist das Konzept nicht nachvollziehbar, da die Angaben fehlen, die eine Beurteilung erst ermöglichen würden.

Zu 12.5 Überwachung

Nach dem derzeitigen Stand der Planunterlagen muß vor einer vorzeitigen Außerbetriebnahme automatischer Überwachungsanlagen und dem Abbruch der Schachthallen abgeraten werden.



Teil II

Bereich Umweltverträglichkeitsprüfung

1. Einleitung

Der folgende Teil nimmt Stellung zu den formalen, methodischen und inhaltlichen Anforderungen, die das Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) an die Planfeststellungsunterlagen in einem Verfahren nach AtG stellt. Die Umsetzung in den Planunterlagen des BfS wird den Anforderungen gegenübergestellt und kritisch beleuchtet.

Zweck des UVPG ist die Sicherstellung einer wirksamen Umweltvorsorge für bestimmte Vorhaben (§ 1 UVPG).

Die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) umfaßt die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen eines Vorhabens auf

- Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen
- Kultur- und sonstige Sachgüter (§ 2 UVPG).

Im deutschen Recht ist bisher allerdings noch nicht festgelegt, welchen Inhalt diese Untersuchungen im einzelnen haben müssen und wie diese methodisch umzusetzen sind. Grundsätzliche inhaltliche Hinweise gibt jedoch § 6 UVPG, der die vom Träger des Vorhabens vorzulegenden Unterlagen aufzählt (s. Wegweiser und Zusammenfassung der BfS).

Im UVPG werden die prüfpflichtigen Vorhaben namentlich benannt. Auch ortsfeste kerntechnische Anlagen zum sicheren Einschluß radioaktiver Abfälle fallen in den Gültigkeitsbereich des UVPG (Anlage zu § 3 UVPG).



2. Einwendungsrelevante Tatbestände in Hinblick auf das UVPG

Es lassen sich folgende einwendungsrelevanten Tatbestände aus den Planfeststellungsunterlagen des BfS ableiten:

- formale Tatbestände
- methodische Tatbestände
- inhaltliche Tatbestände

2.1 Formale einwendungsrelevante Tatbestände

Anforderung

Die Zusammenstellung und Bewertung der im UVPG genannten Sachverhalte sind als Untersuchungsbericht (Umweltverträglichkeitsstudie, UVS) der Prüfbehörde vorzulegen. Diese hat unter Einbeziehung der Öffentlichkeit sowie weiterer betroffener Behörden und ggf. sonstiger Personen und Institutionen (Umweltverbände, Sachverständige etc.) die darin enthaltenen Aussagen kritisch zu prüfen (eigentliche UVP).

Um sicherzustellen, daß innerhalb der vorzulegenden UVS einerseits sämtliche relevanten Umweltfolgen behandelt werden, andererseits keine überflüssigen Untersuchungen enthalten sind, soll die zuständige Behörde zusammen mit den Vorhabensträgern Gegenstand, Umfang und Methoden der UVP auf der Grundlage geeigneter Unterlagen erörtern (§ 5 UVPG).

Abweichend von den herkömmlichen Genehmigungsverfahren sollen im Rahmen der UVP nicht einzelne Faktoren bzw. isolierte Umweltsektoren betrachtet werden. Vielmehr gilt der Zwang zur integralen Betrachtung aller Umweltauswirkungen und ihren jeweiligen Wechselwirkungen auf das zentrale Element der UVP. Entsprechend genügt auch eine mehr oder weniger additive Zusammenstellung verschiedener Teilprüfungen nach allgemeiner Auffassung nicht den Anforderungen des UVPG.



Umsetzung und Konsequenz

Es wurde kein separater Untersuchungsbericht (UVS) angefertigt, so daß schon hier die Unvollständigkeit der ausgelegten Unterlagen festzustellen ist.

Die vorgelegte "Allgemein verständliche Zusammenfassung zum Plan Konrad" kann die UVS nicht ersetzen, sondern wäre dieser beizufügen (§6 Absatz 2, Satz 2 UVPG)

Weder im "Plan" noch in der Zusammenfassung befinden sich Hinweise auf die nach § 5 UVPG vorzunehmende Abstimmung zwischen Genehmigungsbehörde und Vorhabenträger über Gegenstand, Umfang und Methoden der UVP. Daraus muß geschlossen werden, daß dieser grundlegende Verfahrensschritt nicht durchgeführt wurde.

Die in § 6 UVPG geforderte Beschreibung der zu erwartenden erheblichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt (unter Betrachtung aller Teilsysteme) ist den Unterlagen nur bedingt zu entnehmen. Der im § 2 geforderten Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens wurde in Bezug auf den Menschen nur ungenügend entsprochen. Auswirkungen auf die Umweltkompartimente Tiere, Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima sowie auf Kultur- und Sachgüter wurden nicht untersucht.

Es ist ein geschlossener Untersuchungsbericht über die oben genannten Inhalte vorzulegen. Aus diesem müssen u.a. die Absprachen mit der Genehmigungsbehörde hervorgehen. Das Ziel dieses Berichtes ist es, die Umweltrisiken des geplanten Vorhabens zu erkennen.

Konsequenz:

Die Unterlagen sind in formaler Hinsicht als nicht vollständig einzustufen

2.2 Methodische einwendungsrelevante Tatbestände

Anforderung

Auch wenn keine gesetzlichen Vorgaben über die Umsetzung des UVPG gibt, werden in der Fachwelt einige Methoden als grundsätzlich geeignet eingeschätzt. Für Einzelprojekte bietet sich z.B. die ökologische Risikoanalyse an. Diese gilt nach dem derzeitigen Wissensstand als praktikabel und wird zunehmend als Instrument der Umweltverträglichkeitsprüfung eingesetzt. Im Kern stellt sich das Ablaufschema wie folgt dar:

- Zerlegung des betroffenen Wirkungsgefüges in einzelne Teilsysteme mit einem natürlichen Faktor im Mittelpunkt (Wasser, Luft, Klima..)



- Ableitung von Empfindlichkeiten der oben angesprochenen Teilsysteme (Standortbewertung)
- Aggregation der von Nutzungsansprüchen ausgehenden Beeinträchtigungen zu Beeinträchtigungsintensitäten (Emissionsprognose)
- Ableitung von Risiken durch Verknüpfung von Beeinträchtigungsintensitäten und Systemempfindlichkeiten (Wirkungsprognose).

Umsetzung und Konsequenz

Die vom Antragsteller unter Bezug auf das UVPG vorgelegten Unterlagen lassen eine bestimmte methodische Vorgehensweise nicht erkennen.

Die genannten Teilsysteme werden in den Planunterlagen z.T. beschrieben, nicht aber in ihrer Empfindlichkeit gegenüber Beeinträchtigungen bewertet. Die prognostizierten Emissionen werden nicht den Standortempfindlichkeiten gegenübergestellt. Die Wirkung der Emissionen wurde nicht prognostiziert, daher konnte auch kein Risiko für die einzelnen Teilsysteme abgeleitet werden.

Das Fehlen einer als wesentlich eingeschätzten Offenlegung der Vorgehensweise läßt eine unzureichende Auseinandersetzung mit der Thematik erkennen und erschwert die Nachvollziehbarkeit der gemachten Aussagen.

Konsequenz:

Die Aussagen in den Planunterlagen sind in Bezug auf die angewandte Methodik unvollständig und nicht nachvollziehbar.



2.3 Inhaltliche einwendungsrelevante Tatbestände

2.3.1 Beschreibung der Methodik, inhaltliche und räumliche Abgrenzung des Untersuchungsrahmens

Anforderung

In einer UVS, bzw. in vollständigen Planunterlagen sollen neben einer umfassenden Darstellung der angewandten Untersuchungsmethodik die Absprachen mit der Genehmigungsbehörde über Form und Inhalt einer UVS sowie die zur Verfügung stehenden Fachgutachten aufgeführt werden. In diesen einführenden Kapiteln wäre auch die Eingrenzung des zu untersuchenden Raumes vorzunehmen und zu begründen. In der Regel richtet sich dieser nach den maximalen Reichweiten von möglichen Emissionen.

Umsetzung und Konsequenz

Eine Darstellung der Untersuchungsmethodik sowie die Absprachen mit der Genehmigungsbehörde sind dem Text nicht zu entnehmen.

Es gibt keinen Hinweis auf die zur Verfügung stehenden Fachgutachten zum Vorhaben. Hier wären Quellenangaben für den Nachvollzug der durchgeführten Berechnungen und Untersuchungen dringend erforderlich.

Der Untersuchungsraum wurde aufgrund der "Zusammenstellung der in atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren für Kernkraftwerke zur Prüfung erforderlichen Informationen" eingegrenzt (BMI 1986). Es ist kein Bezug zu den aktuellen Standortgegebenheiten oder Emissionssituationen vorhanden. Die Standortbeschreibungen beschränken sich auf einen 5 km Radius um die Schachanlage. Aus den Planunterlagen ergeben sich mögliche Austrittsbereiche belasteter Grundwässer im 5 - 10 km nördlich der Schächte liegenden Bereich Salzgitter-Üffingen/Groß Gleidingen sowie ca. 30 km nordöstlich vom Schacht im Gebiet um Calberlah. Weitere Kontaminationspfade wären über Kurzschlußemissionen über die vorhandenen Bohrlöcher im Umkreis der Schachanlage vorhanden. Es wären zumindest diese Gebiete in die Standortbetrachtung mit einzubeziehen. Weiterhin fehlt der Einbezug der Haupttransportwege (von Karlsruhe bzw. Jülich) zur Schachanlage in die Betrachtungen.

Konsequenz:

Allen oben genannten Anforderungen wurden in den Planunterlagen ungenügend bzw. gar nicht Rechnung getragen, daher sind sie als unvollständig und in Hinblick auf die Standortabgrenzung als nicht plausibel einzustufen.



2.3.2 Beschreibung des Vorhabens mit Angaben über Standort, Art und Umfang sowie Bedarf an Grund und Boden; Beschreibung der wichtigsten Merkmale der verwendeten technischen Verfahren.

Anforderung

Zu fordern wäre an dieser Stelle neben einer groben Standortbeschreibung zunächst die Darstellung der Betriebsflächen über und unter Tage. Zu den Betriebsflächen gehören ebenfalls die Hauptzufahrtswege. In dieses Kapitel gehört auch die Charakterisierung des Einlagerungsgutes und der Abfallbehälter sowie eine Darstellung aller Verfahrensschritte im Rahmen der Vorarbeiten (Bauphase), der Betriebs- und der Abschlußphase. Um die nötige Wirkungsanalyse durchführen zu können, ist die chemische Zusammensetzung und das Nuklidinventar der Abfälle darzulegen. Zudem sind die Einbaukonzeption, technische Einrichtungen sowie ein Betriebszeitplan anzugeben.

Umsetzung und Konsequenz

(Kap. 3.2.3.1; 3.2.4; 3.2.5; 3.3; 4 der Planunterlagen)

Die oben genannten Angaben befinden sich in verschiedenen Kapiteln der ausgelegten Unterlagen. Die erstellte Zusammenfassung enthält dazu nur bedingt Angaben. Auch der zur Verfügung gestellte "Wegweiser" weist nicht auf relevante Kapitel hin, sondern auf Textpassagen, denen nur grobe Angaben zum Vorhaben zu entnehmen sind.

Es wäre korrekt, die Angaben zu Art und Umfang des Vorhabens mitsamt der zu verwendeten technischen Verfahren geschlossen darzustellen und nicht auf völlig verschiedene Kapitel aufzuteilen.

Angaben zu den Betriebsflächen befinden sich im Kap. 3.2.4.1 und 3.2.4.2. Es gibt in diesen Kapiteln aber keine Angaben zur benötigten Grundfläche unter Tage. Wieviel m^3 müssen noch neu aufgefahren werden? Wieviel m^3 Hohlraum sind bereits an nutzbaren Schächten vorhanden?

Der Bedarf an Grund und Boden ist nicht nur für die Anlagen über Tage, sondern besonders auch für die Anlagen unter Tage aufzuzeigen.



Im Kapitel 3.3.2 werden die Abfallprodukte, im Kap. 3.3.3 die Abfallbehälter beschrieben. Es werden die Garantiewerte der Einlagerungsprodukte nach Elementen gegliedert aufgezeigt. Die Garantiewerte ergeben sich aus den Sicherheitsanalysen. Es gibt keine Begründung für die Auswahl der Leitnuklide in den verschiedenen Sicherheitsanalysen. Die Sicherheitsanalysen bestehen aus der Störfallanalyse, der Analyse zur thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteines und der Analyse zur Kritikalitätssicherheit. In der Störfallanalyse wurden Grenzwerte für zahlreiche Nuklide, gegliedert nach Abfallbehälterklassen und Abfallproduktgruppen festgelegt. Aus der Analyse zur thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins ergeben sich Grenzwerte für Leitnuklide (andere als in der Störfallanalyse), gegliedert nach den einzelnen Behältermaterialien, in denen sich der Abfall befindet. Es wird nicht deutlich, warum die Leitnuklide voneinander abweichen und warum nicht für alle Leitnuklide Garantiewerte angegeben werden. Weiterhin wird nicht deutlich welche Behältertypen zu welcher Abfallbehälterklasse zuzuordnen sind. Die aus allen Analysen abgeleiteten Garantiewerte differieren zwischen Verpackungen ohne und mit spezifizierten Dichtigkeiten. Der Bezug zu den Abfallbehältern und die Ermittlung der Garantiewerte bleiben unklar.

Eine ausführliche Darstellung der durchgeführten Sicherheitsanalysen und der zugrundeliegenden Untersuchungsmethoden ist erforderlich. Die Ermittlung der Garantiewerte aus diesen Analysen ist nachvollziehbar darzustellen.

Weiterhin wird nicht dargestellt, welche chemische Zusammensetzung die Abfallstoffe in den Behältern haben, obwohl diese Angabe zur Wirkungsprognose der Störfälle nötig ist. Zudem wird nur die mittlere Aktivität der Abfallbehälter angegeben. Angaben zur Streuung fehlen. Es fehlen genaue Angaben zu überdurchschnittlich strahlenden Abfällen. Entsprechend können sie in der Störfallanalyse nicht angemessen berücksichtigt werden.

Die chemischen/physikalischen Eigenschaften der einzulagernden Abfallprodukte und Abfallbehälter sind eindeutig darzustellen.

Die Verfahrensschritte vor und während des Betriebes werden im Kapitel 3.2.5 dargestellt. Im Kapitel 4 ist der Abschluß des Betriebes dargestellt. Es wird erwähnt, daß während der Bauphase einige Einlagerungskammern im Sprengverfahren erschlossen werden sollen. Dieser Sachverhalt müßte in der Emissionsprognose in Bezug auf die Langzeitsicherheit wieder aufgenommen werden, was aber nicht geschehen ist.

Ein Hinweis auf die Einbaukonzeption ist dem Wegweiser und der Zusammenfassung nicht zu entnehmen. Einige Angaben dazu sind in Kap. 3.2.4.2 vorhanden. Hier wird beschrieben, welche Einlagerungsfelder zuerst befüllt werden sollen. Das Prinzip der Einlagerung, z.B. wieviele Gebinde übereinander gestapelt werden, welche Abfälle zusammen eingelagert werden etc., wird nicht erläutert. Diese Angabe wäre für die Emissionsprognose, besonders in Hinblick auf das Personal wichtig.



Die Einbaukonzeption ist für die gesamte Anlage mit voraussichtlichem Zeitplan und für jedes/bzw. für ein Einlagerungsfeld exakt darzustellen.

Die technischen Einrichtungen werden nicht in der Zusammenfassung, dafür aber in den Kapiteln 3.2.4.3 – 3.2.4.9 ausreichend beschrieben.

Eine Charakterisierung der Haupttransportrouten von den Abfallanlieferern zum Schacht ist nicht vorhanden. Diese Angaben wären für die Standort- und Auswirkungsbetrachtung sehr wichtig.

Konsequenz:

Insgesamt sind die Aussagen zur Vorhabensbeschreibung vielfach unklar und z.T. unvollständig.

- 2.3.3 Beschreibung der Umwelt und ihrer Bestandteile unter Berücksichtigung des allgemeinen Kenntnisstandes und der allgemein anerkannten Prüfungsmethoden, soweit dies zur Feststellung und Beurteilung aller sonstigen für die Zulässigkeit des Vorhabens erheblichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt erforderlich ist.**

Anforderung

In einer UVS müssen die einzelnen Teilsysteme Mensch, Flora, Fauna, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft in ihren Qualitäten und Empfindlichkeiten gegenüber Beeinträchtigungen beurteilt werden. Nur auf diese Weise lassen sich Auswirkungen auf Umweltmedien bewerten. Um die Aussagen nachvollziehen zu können, sollten die Bewertungskriterien und die zugrundeliegende Methodik ebenfalls dargelegt werden. Zunächst ist der Nutzungsanspruch an die einzelnen Umweltkompartimente zu formulieren. (z.B. bei Oberflächengewässern die Funktion als Vorfluter, als Fischgewässer, als Biotop etc.). Dann werden die Bewertungskriterien mit denen die Vorbelastung bzw. die Empfindlichkeit gegenüber Beeinträchtigungen ermittelt wird angegeben. Dies kann bei Oberflächengewässern beispielsweise der Saprobienindex, Nähr- und Schadstoffgehalte etc. sein. Durch Anwendung der Bewertungsmaßstäbe könnte dann die Empfindlichkeit des Umweltkompartimentes in Hinblick auf Erhaltung des Funktionsanspruches angegeben werden.



Umsetzung und Konsequenz **(Kapitel 3.1.1 - 3.1.8 der Planunterlagen)**

Durch den gewählten Radius wurden die Bevölkerungszahlen der umgebenden großen Städte wie Braunschweig und Wolfenbüttel nicht erwähnt. Die Städte befinden sich etwa 10 - 15 km nördlich bzw. nordöstlich von den Schächten entfernt. Zudem wurde die Bevölkerungsentwicklung in neuester Zeit nicht berücksichtigt (deutsche Vereinigung). Die von der Stadt Salzgitter geplanten Industrieansiedlungen gehen nicht in die Betrachtung ein.

Eine Auswertung aktueller Flächennutzungs- bzw. Regionalpläne der direkten Umgebung der Schächte sowie der umliegenden Ortschaften wäre nötig.

Die Bevölkerungsprognosen auf der Basis der Bevölkerungszahlen aus dem Jahre 1979 werden als unzureichend angesehen, zumindest wäre die deutsche Vereinigung zu berücksichtigen. Der Prognosezeitraum bis 1995 wird als zu kurz erachtet. Um die Auswirkungen der Anlage nach Abschluß des Betriebes zu ermitteln, sollten die dann anzunehmenden Bevölkerungszahlen berücksichtigt werden.

Die Beschreibung der vorkommenden Bodentypen beschränkt sich auf die Aufzählung der Ausgangsbodenarten. Es wurden keine Angaben zu Bodenqualitäten, Pufferkapazitäten oder Filtereigenschaften der Böden gemacht. Dies wäre notwendig um die Rückhaltefunktion der umgebenden Böden zu dokumentieren.

Die Bodennutzung der Umgebung und die Bodeneigenschaften wären in einer Karte darzustellen, um die Folgen möglicher radioaktiver Emissionen abzuschätzen zu können.

Die Beschreibung von Flora und Fauna wird im "Plan" lediglich durch die Auflistung der im betrachteten Gebiet vorkommenden Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie das Vorkommen von jagdbarem Wild im Umkreis von 5 km umgesetzt. Mit Ausnahme des Bereiches der Zufahrten gibt es keine Angaben zu vorhandenen Biotopen und den dort vorkommenden Pflanzen- und Tierarten. Auch die Fauna der Vorfluter "Aue" und "Beddinger Graben" wird nicht erwähnt. Durchweg fehlen Angaben zu Biotopqualitäten und -empfindlichkeiten.

Es sind Biotopkartierungen des erweiterten Untersuchungsraumes durchzuführen und kartographisch darzustellen. Gegebenenfalls sind floristische und faunistische Spezialkartierungen zu ergänzen.



Die Wasserqualität des als Trinkwasser genutzten Grundwassers in Schachtnähe wurde scheinbar nicht untersucht, zumindest ist kein Hinweis darauf vorhanden. Weiterhin fehlen Angaben zu den von den jeweiligen Trinkwasserbrunnen versorgten Menschen bzw. zur deren Bevölkerungsstruktur.

Für die Vorfluter "Aue" und "Beddinger Graben" wird nicht einmal die Gewässergüte angegeben. Es gibt keine Aussagen zur (Schad-)Stoffbelastung. Lediglich die Radionuklidbelastung wurde gemessen. Hier gibt aber die entsprechende Tabelle in den Planfeststellungsunterlagen keine Auskunft, welche Meßwerte zu welchem Oberflächengewässer gehören und an welcher Stelle die Messung erfolgte. Es wurden auch keine aktuellen Abflußdaten (lediglich 1966 - 1975 und 1981 - 1985) ausgewertet.

Die aktuellen Trinkwasser- und Oberflächenwasserqualitäten sind darzustellen.

Die Angabe der Verkehrsbelastung aus dem Jahre 1985 ist veraltet. Wenn keine aktuellen Verkehrszählungen vorliegen, sollten zumindest aktuelle Prognosen berücksichtigt werden.

Es fehlen genaue Darstellungen der Haupttransportwege von den Abfalllieferanten zur Schachanlage. Dies scheinen nach den Ausführungen in den Planunterlagen die KFA Jülich und das KKW Karlsruhe zu sein. Hier wäre zumindest die Auslastung des Umladebahnhofes Beddingen darzustellen.

Im Kapitel Luftverkehr wird der Untersuchungsraum noch als "Luftverteidigungsidentifizierungszone gegenüber der DDR" bezeichnet. Dies zeigt, daß die Erkenntnisse zum Luftverkehr heute bereits überholt sind.

Die aktuelle Situation des Luftverkehrs ist hier anzugeben.

Den Planunterlagen aus dem Jahr 1986 ist zu entnehmen, daß eine Klimastation am Schacht Konrad 1 geplant war. Diese Station ist aus nicht dargelegten Gründen nicht eingerichtet worden oder nicht in die Interpretation aufgenommen worden. In den Planunterlagen werden daher wieder Klimameßwerte aus dem Bereich Braunschweig/Völkenrode und Vallstedt herangezogen. Besonders die zitierten Windrichtungen und -geschwindigkeiten des Standortes Völkenrode sind aufgrund der Stadtnähe nicht ohne weiteres auf die Gesamtregion übertragbar. Zudem wurden in den neuen Planunterlagen Windmessungen in 10 m Höhe (vorher waren es Werte in 25 m Höhe) dargestellt. Die Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe sind deutlich geringer als in 25 m Höhe. Da diese Werte eine wesentliche Grundlage der Emissionsprognose seien sollten, wäre eine Windmessung in Diffusorhöhe (45 m) sehr viel sinnvoller.



Unklarheiten ergeben sich bei der Angabe der Inversionswetterlagen. In den alten Planunterlagen lagen ca. 52 % der Inversionwetterlagen unterhalb von 100 m, in den neuen Unterlagen sind es nur noch 28,6 % der Inversionsfälle. Es wurde der gleiche Zeitraum am Standort Hannover betrachtet, so daß die Differenz nicht zu erklären ist. Im übrigen wäre es nötig, die Häufigkeit der Inversionswetterlagen direkt an der Schachtanlage bzw. im Bereich des Diffusors aufzuzeigen.

Die klimatische Situation der direkten Schachtumgebung ist zu ermitteln. Insbesondere sind die Windverhältnisse und damit die Ausbreitungsverhältnisse in Diffusorhöhe anzugeben.

Ein Betreibermeßprogramm zur Emissions- und Immissionsüberwachung hat bereits 1988 begonnen. Die dort erhobenen Werte sind nicht in die Dokumentation aufgenommen worden.

Die radiologische Belastung nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wurde nur von Standorten der weiteren Umgebung des Schachtes angegeben. In Schachtnähe ist durch die Vorbelastung mit natürlichen Radionukliden insgesamt eine höhere Belastung zu erwarten. Die Vorbelastung des Standortes in den Jahren 1979 und 1980 kann nicht mit den durch Tschernobyl hinzugekommenen Nukliden summiert werden, da verschiedene Nuklide untersucht bzw. zitiert wurden.

Insgesamt wurde keine Bewertung der Vorbelastung des Standortes anhand von Grenzwerten vorgenommen.

Die Messung der Ortsdosisleistung im Grubengebäude erfolgte einmalig an fünf Meßpunkten. Die daraus erhaltenen Werte können bestenfalls als Anhaltspunkte interpretiert werden. Die Messungen wurden in gut bewetterten Grubenräumen durchgeführt. Es fehlen Angaben zu Messwerten bei Ausfall der Bewetterung.

An einigen Stellen wurden hohe Konzentrationen durch Zustrom von Schleichwettern mit hohem Radongehalt aus stillgelegten Feldern, die durch Spülfeldversatz verschlossen wurden, gemessen. Die hohe Oberfläche setzt große Mengen Radon frei. Es gibt keine Angabe zur Methode der wirkungsvollen Abdichtung. Da die Einlagerungsfelder künftig genauso verschlossen werden sollen, müßten die möglicherweise vorkommenden Schleichwetter ebenfalls in die Emissionsprognose aufgenommen werden. Dies ist nicht der Fall.

Die radiologische Grundbelastung ist ebenfalls für die direkte Standortumgebung zu ermitteln. Alle Meßpunkte sind graphisch darzustellen und den Meßwerten zuzuordnen.



Es wurde lediglich die radiologische Grundbelastung der Luft gemessen. Über weitere Parameter, wie z.B. über die Luftqualität liegen keine Angaben vor.

Die Immissionssituation des gesamten Untersuchungsraumes ist anzugeben.

Zu den Komplexen Landschaftsbild und Erholung liegen im "Plan" keine Informationen vor. Außer dem ehemaligen Förderturm des Schachtes Konrad finden weitere Sach- und Kulturgüter keine Erwähnung oder gar Bewertung.

Angaben zum Landschaftsbild des Untersuchungsraumes unter besonderer Berücksichtigung der Erholungsnutzung sind hinzuzufügen.

Der Darstellung der geologischen Verhältnisse fehlt z.T. die nötige Transparenz. So ist es oft schwierig festzustellen, ob fundierte Aussagen anhand geprüfter Daten getroffen worden sind, oder ob lediglich Annahmen vorliegen.

Die Diskussion der Umrandungsgeologie (Umgebung der Salzstöcke) beruht weiterhin hauptsächlich auf geophysikalischen Messungen und ist, besonders im Umfeld des geplanten Endlagers, nicht genügend durch Bohrungen belegt. Die Kenntnisse über das unmittelbar Liegende der Grube Konrad beruhen auf Analogieschlüssen entfernterer Aufschlüsse. Weiter Bohrungen sind nicht abgeteuft worden.

Die Schichtenverzeichnisse der im Rahmen der Untersuchung berücksichtigten Bohrungen sind ebenso wie die Daten des geophysikalischen Meßprogrammes nicht ausreichend bzw. überhaupt nicht in den Unterlagen dokumentiert, so daß keine Prüfung der Aussagen möglich ist.

Bezüglich der hydrogeologischen Gegebenheiten wird noch immer von einem einfachen hydrogeologischen Stockwerksbau ohne nennenswerte hydraulische Vernetzungen ausgegangen, obwohl oberflächennahe chemische und thermische Anomalien eher die gegenteilige Schlußfolgerung zulassen. Die diesbezüglichen Aussagen wirken sich auf die Emissionsprognose verharmlosend aus.

Auf die chemische Beschaffenheit der Tiefengrundwässer wird nur unvollständig eingegangen. Lösungsversuche wurden lediglich in beschränktem Umfang, entsprechende thermodynamische Modellierungen überhaupt nicht durchgeführt.

Ebenso sind die Untersuchungen zur Geohydraulik im gesamten Untersuchungsgebiet kritikwürdig, da bislang Isotopenstudien, Druckmessungen und Mineralwasservorkommen keine Berücksichtigung gefunden haben.



Die Darstellungen zur Geologie bedürfen in erster Linie der Quellenangaben. So muß die Erstellung einer geologischen Übersichtskarte mit Kennzeichnung aller relevanten Aufschlüsse und Profile gefordert werden. Sämtliche Schichtenverzeichnisse der durchgeführten Bohrungen fehlen. Besonders Angaben zu den Gesteinen unterhalb der zukünftigen Einlagerungsfelder fehlen. Die geophysikalischen Untersuchungsergebnisse sind nicht ausreichend dargestellt worden. Es gibt keine sedimentpetrographischen, petrographischmineralogischen oder gefügekundlichen Untersuchungen der Gesteinsschichten. Die geochemischen Untersuchungen sind nicht ausreichend dokumentiert.

Die Darstellung der Klüftigkeit der Einlagerungsformation ist nicht aussagekräftig. Es fehlen Klüftrosen und Lagenkugel-Projektionen.

Konsequenz:

Die Datengrundlage der Standortbeschreibung ist vielfach veraltet. Die zugrundegelegten Daten sind, besonders im Bereich Geologie und Hydrogeologie nicht dokumentiert worden. Für einige Teilsysteme wurden gar keine Daten erhoben und auch nicht abgeleitet. Weiterhin fehlen graphische Darstellungen der biotischen und abiotischen Situation. Die Aussagen sind daher schlecht nachvollziehbar und in Teilbereichen unvollständig.



2.3.4 Beschreibung von Art und Menge der zu erwartenden Emissionen und Reststoffe, insbesondere der Luftverunreinigungen, der Abfälle und des Anfalls von Abwasser sowie sonstiger Angaben, die erforderlich sind, um erhebliche Beeinträchtigungen der Umwelt durch das Vorhaben feststellen und beurteilen zu können

Anforderung

Vor einer Emissionsprognose sind zunächst die möglichen Emissionspfade dargestellt werden. Hierunter werden nicht nur das Transportmedium, sondern auch der mögliche Verbleib der emittierten Stoffe verstanden.

In diesem Fall müßten die Emissionen über den Luft- und den Wasserpfad verfolgt werden. Selbstverständlich sind auch Art und Menge der möglicherweise emittierenden Stoffe darzustellen. Als Vergleichswert sind die von der Genehmigungsbehörde bzw. die in den relevanten Gesetzen festgelegten Grenzwerte aufzuführen.

Desweiteren sind Angaben zu chemischer Zusammensetzung und Menge sonstiger Reststoffe notwendig.

In diesem Kapitel werden ebenfalls die möglichen Emissionen bei Störfällen prognostiziert.

Weiterhin ist die Darstellung der Emissionen nach Bauabschluß nötig.

Umsetzung und Konsequenz

(Kap. 3.4; 3.5; 3.2.5.5; 3.10 der Planunterlagen)

Eine Darstellung der Emissionspfade fehlt

In den Kapiteln 3.4.1 bis 3.4.7 werden die potentiellen Emissionen der Anlage aufgeführt. Es werden allerdings lediglich die jährlichen Freisetzungsmengen radioaktiver Stoffe aus den Abfallprodukten (Tab. 3.4.2.1./1) angegeben. Es werden nirgends die mögliche Freisetzungsmenge in Becquerel und auch keine Halbwertszeiten angegeben. In der Emissionsprognose sind wiederum die Antragswerte, der über den Luftpfad abzuleitenden Radionuklide angegeben. Diese sind in der Einheit Bq/a aufgeführt. Aufgrund der Antragswerte wurde mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen die Strahlenexposition an der ungünstigsten Einwirkungsstelle angegeben. (angeblich 50 m vom 45 m



hohen Diffusor entfernt!!) Die angegebenen Werte beziehen sich auf die Äquivalentdosis, der verschiedene menschliche Organe möglicherweise ausgesetzt sein könnten. Der Rechenweg von den Antragswerten in Becquerel über das Ausbreitungsmodell bis zur Belastung einzelner Körperteile durch Aufnahme von Radionukliden durch die Nahrung ist absolut nicht nachvollziehbar, da nicht angegeben wird, welche Nuklide in die Berechnung mit welcher Aktivität eingehen. Die zugrundegelegten Parameter sind nicht dargelegt worden. Genauso wird bei der Darstellung der Strahlenexposition menschlicher Organe durch Aktivitätsableitung mit dem Abwasser verfahren. Hier wird allerdings nicht einmal der Bezugsort angegeben. Der in Kap 3.4.7.3. genannte Summenwert der effektiven Äquivalentdosis außerhalb des Anlagenzaunes läßt sich ebenfalls nicht nachvollziehen.

Es wird nebenbei erwähnt, daß die Versatz-Porenwässer stark alkalisch sind und daß die Chloridbelastung des Vorfluters steigen wird. In der Emissionsprognose werden aber sonstige Schad- bzw. Nährstoffgehalte der Abluft und des Abwassers nicht erwähnt.

Es ist eine Darstellung der chemischen Zusammensetzung der Abwässer und der Abluft notwendig.

Zudem ergibt die Gegenüberstellung der Abwassermenge mit den Abwasserinhaltsstoffen eine Überschreitung der Grenzwerte im § 46 StrSchV. Es werden etwa 10.000 m^3 Grubenwässer in die Aue abgeleitet. Der Erwartungswert für H 3 im Abwasser beträgt $4,5 \cdot 10^{12} \text{ Bq/a}$, das sind etwa $4,5 \cdot 10^8 \text{ Bq/m}^3$. Der Grenzwert für H 3 beträgt $3 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3$. Für weitere Elemente lassen sich Überschreitungen aufgrund fehlender Angaben nicht errechnen.

Die Angaben zur Strahlenbelastung des Personals sind nicht unter Vorsorgegesichtspunkten dargelegt. So wurden die zunächst vorgesehenen konservativen Berechnungsgrundlagen vor dem Grenzwertvergleich wieder halbiert. Es wurde als Emissionsparameter lediglich die Strahlung (mittlere Strahlung !!) eines Abfallbehälters zugrunde gelegt und auf das Jahr hochgerechnet. Andere Annahmen sind nicht dokumentiert worden. Die Belastung der einzelnen menschlichen Organe wurde nicht errechnet. Die Emissionen überdurchschnittlich strahlender Gebinde wurden auch in diesem Zusammenhang nicht prognostiziert.

Es werden mögliche Störfälle, aber nicht die möglicherweise davon ausgehenden Emissionen prognostiziert. Auch hier werden Emissionspfade außer acht gelassen. Es werden keine Eintrittswahrscheinlichkeiten vorausgesagt.



Auf der Grundlage der Fallbeständigkeit und Dichtigkeit der Behälter werden wiederum Freisetzungssanteile angegeben, ohne die Gesamtaktivität des Abfalls zu nennen. Es wird also nicht deutlich, welcher Aktivität der ggf. freigesetzte Anteil entspricht. Für eine sinnvolle Wirkungsanalyse wären Emissionsprognosen der wichtigsten Nuklide notwendig.

Nicht alle denkbaren Störfälle werden berücksichtigt. Was passiert, wenn ein Behälter mehrmals stürzt? In diesem Fall kann nicht mehr davon ausgegangen werden, daß der Behälter fallbeständig ist. Auch die Störfälle durch Ausfall der technischen Einrichtungen werden nicht erwähnt. Die Emissionen von Brandstörfälle über Tage werden nicht prognostiziert, obwohl diese nicht sicher auszuschließen sind und erhebliche Auswirkungen auf die Umgebung hätten. Weitere Störfälle durch menschliches Versagen, Sabotage und Einwirkungen von außen, wie z.B. Flugzeugabstürze werden dem Restrisiko zugeordnet. Diese Einstufung wird von den Gutachtern als nicht angemessen angesehen. Auch die von versehentlich eingelagerten knallgasentwickelnden Fässern (Blähfässer) ausgehenden Gefährdungen wurden nicht berücksichtigt.

Die Aufnahme weiterer, oben genannter, Störfälle in die Störfallanalyse wird daher für notwendig erachtet.

Angaben über die potentielle Strahlenbelastung des Personals bei Störfällen werden nicht gemacht. Hier werden auch nicht die potentiellen Belastungen der einzelnen Organe berechnet.

Eine Ermittlung der Strahlenbelastung innerhalb des Anlagenbereiches (unter und über Tage) bei Störfällen ist für die Sicherheit des Personals erforderlich.

Die Kritik zu den durchgeführten Modellrechnungen zur Nuklidausbreitung in der Nachbetriebsphase ist dem Teil I dieses Gutachtens zu entnehmen. Insbesondere ist hier noch einmal anzumerken, daß Nuklidausbreitungen über die Bohrlöcher in der Umgebung der Schächte nicht berücksichtigt wurden.

Die Aufnahme der Emissionspfade über alte Bohrungen in die Analysen zur Langzeitsicherheit werden als erforderlich erachtet.

Weiterhin gibt es keine Angaben zur Kennzeichnung der Endlagerstätte für spätere Generationen.



Konsequenz:

Die Angaben zu möglichen Emissionen und zu möglichen Störfällen sind unvollständig und daher schlecht nachvollziehbar. Die Ausbreitungspfade werden nicht dokumentiert. Die Berechnungen zu der Nuklidausbreitung auf dem Wasserpfad werden vom Gutachter ebenfalls als nicht ausreichend angesehen.

- 2.3.5 Beschreibung der Maßnahmen, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen der Umwelt vermieden, vermindert oder soweit möglich ausgeglichen werden sowie der Ersatzmaßnahmen bei nicht ausgleichbaren, aber vorrangigen Eingriffen in Natur und Landschaft.**

Anforderung

Zunächst sind die Schutzvorrichtungen im Anlagenbereich für das dortige Personal darzulegen. Auch die geplanten Schutzvorrichtungen an den Kontaktstellen der Nuklide mit dem Außenbereich sind aufzuzeigen.

Ein zusätzlicher Alarmplan hat sowohl technische wie auch administrative Vorkehrungen bei Eintreffen eines Störfalles aufzuzeigen.

Für alle nicht zu verhindernden Beeinträchtigungen der Umgebung sind Ausgleichsmaßnahmen vorzuschlagen.

Umsetzung und Konsequenz

Geplante Schutzmaßnahmen für das Personal und auch an den Kontaktstellen zur Außenwelt sind vorgestellt worden. Die Schutzmaßnahmen umfassen z.B. Strahlungsüberwachung, Freimessung der Abwetter und der Abwässer, technische Auslegung der Fahrzeuge und Einrichtungen. Dazu muß aber bemerkt werden, daß sich diese Maßnahmen im wesentlichen auf den bestimmungsmäßigen Betrieb und kalkulierte "Störfälle" beziehen. Schutzvorrichtungen für Störfälle, die z.B. aus dem Ausfall technischer Anlagen resultieren, sind dem Text nicht zu entnehmen. So wird beispielsweise nicht deutlich was mit zu hoch belasteten Abwetterern geschehen soll.

Bei Freisetzung radioaktiver Stäube wird als Schutzfunktion die natürliche Sedimentation in den Wetterschächten und Lagerhallen vom Antragsteller als ausreichend angesehen. Eine Anreicherung der Stäube und fortlaufende Freisetzung in einem Ausmaß das die Grenzwerte der Strahlenschutzverordnung überschreitet, wird nicht in Erwägung gezogen.



Für gasförmig (alle Brandstörfälle) freigesetzte Nuklide sind keine Rückhalteschutzfunktionen eingeplant.

Die Angabe der Rückhalte- und Behandlungsmaßnahmen von kontaminierter Abluft bzw. kontaminiertem Abwasser sind dringend erforderlich.

Die Ausgleichsmaßnahmen für die zu bauenden Zufahrtsstraßen sind in den Planunterlagen ausreichend dargestellt worden.

Eine ausführliche Darstellung der im Alarmplan festgelegten Maßnahmen wäre hinzuzufügen.

Konsequenz:

Besonders in Hinblick auf mögliche Störfälle sind die vorgesehenen Schutzmaßnahmen nicht ausreichend.

2.3.6 Beschreibung der zu erwartenden erheblichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt unter Berücksichtigung des Allgemeinen Kenntnisstandes und der allgemein anerkannten Prüfungsmethoden

Anforderung

In diesen Kapiteln sind die Auswirkungen der vorher dargestellten Emissionen auf jedes einzelne Umweltkompartiment darzustellen und zu bewerten. Hier sind ebenfalls die Auswirkungen der möglichen Störfälle zu analysieren. Um die Auswirkungen beurteilen zu können, sind zunächst für die Teilbereiche Mensch, Wasser, Boden, Luft, Klima, Flora, Fauna, Landschaftsbild, Kultur- und Sachgüter Umweltqualitätsziele festzulegen. Die Bewertungskriterien sind als Umweltqualitätsstandard anzugeben. Das zu erwartenden Beeinträchtigungspotential muß für jedes Teilsystem untersucht werden. Aus der Standortuntersuchung müßte die Empfindlichkeit der Teilsysteme gegenüber Belastungen abgeleitet werden. Damit könnte eine Risikoprognose vorgenommen werden.



Umsetzung und Konsequenz

In dem Kapitel werden lediglich die Emissionen des Vorhabens ein weiteres Mal und zudem unvollständig beschrieben. Nach der allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum § 45 Strahlenschutzverordnung werden Expositionspfade und mögliche Belastungswerte für Menschen bzw. menschliche Organe berechnet. Dennoch fehlt eine Wirkungsanalyse von Radionukliden in den Körperteilen. Die übrigen zu betrachtenden Teilsysteme werden überhaupt nicht näher untersucht, da behauptet wird, daß geltende Grenzwerte eingehalten werden und daher keine Auswirkungen vorhanden sind. Der Vorsorgepflicht einer UVP wird mit diesem Betrachtungsansatz nicht Rechnung getragen. Es muß berücksichtigt werden, daß trotz Einhaltung der Grenzwerte die Umweltkompartimente beeinflusst werden. Besonders folgende Darstellungen fehlen im Text:

- Ausbreitungsberechnungen der Abwetter und Abwässer mit graphischer Darstellung
- Aufnahmeraten von Nukliden in den Boden unter Berücksichtigung der Langzeitwirkung
- Aufnahmeraten von Nukliden bezogen auf Pflanzen und Tiere unter Berücksichtigung der Langzeitwirkung
- Auswirkungen auf die Nutzbarkeit der landwirtschaftlichen Flächen in Hinblick auf Stilllegung oder auf Absatzeinbußen
- Wirkung von aufgenommenen Nukliden im menschlichen Körper (Wirkung von sogenannten "kleinen Dosen")
- Prognose über Zunahme der Krebsraten im Untersuchungsgebiet (Normalfall- und Störfallbetrachtung)
- Akkumulationsbetrachtungen in den betroffenen Umweltmedien Wasser, Boden, Flora, Fauna, Luft und Mensch
- Wirkung und Anreicherung der Nuklide in den Vorflutern
- Wirkung der übrigen Abwasserinhaltsstoffe auf den Vorfluter

Da im Kapitel der Standortbeschreibung keine Empfindlichkeiten der Umweltkompartimente ermittelt wurden und auch die Auswirkungen der Emissionen auf die Umweltmedien nicht betrachtet wurden, läßt sich keine angemessene Risikoanalyse durchführen. Diese Aussagen sollten dagegen den zentralen Punkt der Umweltverträglichkeitsprüfung bilden.



Konsequenz:

Die Aussagen zu den Auswirkungen des Vorhabens sind völlig unzureichend und erfüllen nicht die Anforderungen des UVPG. Die Berechnungen zu den möglichen Strahlenexpositionen des Menschen sind aufgrund der schlechten Dokumentation der Ausgangsdaten nicht nachvollziehbar.

2.3.7 Übersicht über die wichtigsten, vom Träger des Vorhabens geprüften Vorhabenalternativen und Angabe der wesentlichen Auswahlgründe unter besonderer Berücksichtigung der Umweltauswirkungen des Vorhabens.

Anforderung

Hier wären Verfahrens- und Standortalternativen aufzuzeigen und zu vergleichen. Es sind alle grundsätzlichen Auswahlkriterien für den als geeignet angesehenen Standort darzustellen.

Umsetzung und Konsequenz

Es werden keine grundsätzlichen Standortanforderungen genannt. Der Schacht Konrad wird von vornherein als geeignet angesehen, weil der Schacht "trocken" ist. Bei allen Ausbreitungsrechnungen wird dagegen -realistischerweise- von einer Auffüllung mit Wasser ausgegangen. Vergleichend wurden lediglich andere Erzgruben im Raum Salzgitter/Peine erwähnt. Völlig neue Standortalternativen finden keine Betrachtung.

Konsequenz:

Die Aussagen zu Standortalternativen sind nicht vollständig. Es sind die grundsätzlichen Eignungskriterien eines Standortes aufzuzeigen. Anhand dieser sollte dargestellt werden, daß der Standort "Schacht Konrad" besonders geeignet ist. Andere Standorte sollten in die Betrachtung mit einzubezogen werden.

2.3.8 Hinweise auf Schwierigkeiten, die bei der Zusammenstellung der Angaben aufgetreten sind.

Anforderung

Es sind kapitelweise die Datendefizite und vorhandene Unsicherheiten darzulegen.



Umsetzung und Konsequenz

Mit der Bemerkung, daß keine Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Daten aufgetreten seien, wird dieses Kapitel ausgelassen. Die in § 2 des UVPG geforderte Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Mensch und Naturfaktoren inklusive der jeweiligen Wechselwirkungen läßt sich beim derzeitigen wissenschaftlichen Erkenntnisstand nicht umfassend erarbeiten. Entsprechend müssen vereinfachende Annahmen getroffen werden, die der Komplexität natürlicher Wirkungszusammenhänge nicht im vollem Umfang Rechnung tragen können. Daher werden vielfach nur denkbare Wirkungszusammenhänge möglichen Umweltauswirkungen gegenübergestellt.

Konsequenz:

Die getroffenen Annahmen sowie die vorhandenen Unsicherheiten sind zu dokumentieren.



Literaturverzeichnis

- AKSTINAT, M.H. & ARENS, K. (1983): Zementation von Tiefbohrungen - Ein Beitrag zur Verbesserung der Ringraumzementation tiefer und über-tiefer Bohrungen. - TIZ-Fachber., 107, S. 727 ff.
- AL-DOURI, A., KOPSCH, H. & NEUMANN, H.-J. (1989): Bitumen-Oxidation in Gegenwart von Radikalbildnern. - Erdöl und Kohle - Erdgas - Petrochemie, Bd. 42 Heft 2, S. 68 ff.
- ALLGEMEINE Verwaltungsvorschrift zu § 45 Strahlenschutzverordnung: Ermittlung der Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen oder Einrichtungen (21. Februar 1990)
- ALLGEMEINE Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung, Arbeitsentwurf, 03. Dezember 1990.
- ALTHAUS, E. (1984): Mineralogische Gesichtspunkte der Gewinnung geothermischer Energie.- Naturwissenschaften 71: S. 85-92, New-York, Berlin (Springer).
- ATOMGESETZ, Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren, BGBl. I S. 1565, geändert durch G v.18.02.1986, BGBl. I S. 265.
- BACKFISCHER, R. (1980): Die ökologische Risikoanalyse als Entscheidungsgrundlage für die raumliche Gesamtplanung, in : BUCHWALD et. al. (1980): Handbuch für Planung Gestaltung und Schutz der Umwelt Band 1-4.
- BEAR, J. (1979): Hydraulics of ground water. - 544 S., New York, London, Amsterdam (Elsevier).
- BETON - Kalender I & II (1981), Verlag von W. Ernst & Sohn, Berlin - München.
- BfS - Plan Endlager für radioaktive Abfälle - Schachtanlage Konrad, Salzgitter, Bd. 1 und 2, 9/1986 in der Fassung 4/1990.
- BRÜHL, G., BÜTOW, E. & GÜLKER, M. (1983): Berechnung der Grundwasserbewegung im Raum Gorleben. - Z. dt. geol. Ges., 134, S. 807-820, Hannover.



- BÜCHNER, K.-H. (1983): Ingenieurgeologische Erfahrungen beim Absaufen des Kali-bergwerkes Ronnenberg. - Berichte von der 4. nationalen Tagung für Ingenieurgeologie, S. 27-39, Goslar.
- CARLE, W. (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. - 643 S., Stuttgart (Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft).
- CSOKLICH, CH. & HARTNER, O. (1986): Struktur und Stabilität von Erdöl-rückständen. - Erdöl Erdgas Kohle, 102, Heft 2, S. 84 ff.
- DREIKHAUSEN, H. (1990): Verbesserung der Qualität von Linerzementationen durch Verwendung von Vor- und Nachstopfen. - Erdöl Erdgas Kohle, 106, Heft 10, S. 387 ff.
- DVWK-SCHRIFTEN (1983): Beiträge zu tiefen Grundwässern und zum Grundwasser-Wärmehaushalt.- 61 166 S., Hamburg, Berlin (Paul Parey).
- DVWK-SCHRIFTEN (1986): Wasser - unser Nutzen, unsere Sorge: Möglichkeiten und Grenzen von Transportmodellen. - 78, S. 75-98, Hamburg, Berlin (Paul Parey).
- DVWK-SCHRIFTEN (1987): Erkundung tiefer Grundwasserzirkulationssysteme - Grundlagen und Beispiele. 81: 223 S., Hamburg, Berlin (Paul Parey).
- EFES, Y. & LÜHR, H.-P. (1980): Beurteilung des Kohlensäure-Angriffs auf Mörtel aus Zementen mit verschiedenem Klinker-Hüttensand-Verhältnis. - TIZ-Fachber., 104, S. 153 ff.
- FRANKE, O.C., REILLY, T.E. & BENNETT, G.D. (1984): Definition of boundary and initial conditions in the analysis of saturated groundwater-flow-systems. An introduction. - USGS Open-File Report 1984-458, S. 26.
- GEITNER, J. (1961): Anwendungsbeispiele für statistische Methoden in der Tektonik des Salzgittergebietes mit und ohne Lagekugelprojektionen. Untertageaufnahmen vor Ort und am Stoß im Oxford. Statistische und zeichnerische Auswertung.- Lagerstättenkundliche Studienarb., unveröff., Techn. Univ. Berlin, 52 S., Berlin.
- GHOFRANI, R. & KUNZ, K. (1988): Eindämmung von Spülverlusten. - Erdöl Erdgas Kohle, 104, Heft 1, S. 15 ff.



- GOLESTANEH, F., KOLBE, H., RABSILBER, K. (1975): Das Oberjura-Eisenerz der Schachanlage Konrad der Salzgitter Erzbergbau AG bei Salzgitter-Bleckenstedt.- Erzmetall, 28, S. 105-115, Stuttgart (Riederer).
- GRONEMEIER, K. & ROTTENBACHER, K. (1985): Eignungsuntersuchungen von Dichtungsmassen für Deponiebarrieren. - Projektvorschlag für das Umweltbundesamt, Kiel - Kronberg.
- GRONEMEIER, K., MATTHESS, G., OHSE, W., PEKDEGER, A. & PFISTER, E. (1983): Geochemische Wechselwirkungen Wasser/Gestein in stark- und schwach- mineralisierten Tiefenwässern.- Z. dt. geol. Ges., 134, S. 905-921, Hannover.
- GRUPPE ÖKOLOGIE (1983): Gutachten zum Abschlußbericht der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH über die Untersuchung der Eignung von Schacht Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle.- 387 S., Hannover.
- GSF (1982): Eignungsprüfung der Schachanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. - Abschlußbericht GSF - T 136, Neuherberg.
- GUSTEDT, E., P. KNAUER, F. SCHOLLES (1989): Umweltverträglichkeitsziele und Umweltstandards für die UVP, in: Landschaft + Stadt, Jg. 21, H. 1., S. 9 - 14.
- HARDER, zit. in CISSARZ, A. (1965): Einführung in die allgemeine und systematische Lagerstättenlehre. - 228 S., Stuttgart (Schweizbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- HARTNER, O. (1985): Bitumen - Erdölprodukt und Baustoff. - ÖMV, Heft 1, S. 24 ff.
- HARTNER, O. (1986): Bitumen - Baustoff und Industrierohstoff. - ÖMV, Heft 1, S. 18 ff.
- HEIDE, H. & ROTTENBACHER, K. (1982): Untersuchungen über die Asbestemission aus Asbestzementprodukten infolge Säurekorrosion durch SO₂- und CO₂-haltige Stadt- und Industrieluft. - Umweltforschungsplan des Bundesministers des Inneren, Forschungsbericht 82-106 08 004.
- HENNING, O. et al. (1989): Technologie der Bindebaustoffe, Bd. 1, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin.



- HERRMANN, A.G. (1979 a): Geowissenschaftliche Probleme bei der Endlagerung radioaktiver Substanzen in Salzdiapiren Norddeutschlands. - Geol. Rdsch., 68, S. 1076-1106, Stuttgart.
- HERRMANN, A.G. (1979 b): Verantwortung, für die es keine Parallele gibt. - Umschau in Wissenschaft und Technik, 79, S. 176-178, Frankfurt a.M.
- HERRMANN, A.G. (1980 a): Geochemische Prozesse in marinen Salzablagerungen: Bedeutung und Konsequenzen für die Endlagerung radioaktiver Substanzen in Salzdiapiren. - Z. dt. geol. Ges., 3, S. 433-459, Hannover.
- HERRMANN, A.G. (1980 b): Kavernennutzung in Salzdiapiren zur Speicherung flüssiger und gasförmiger Kohlenwasserstoffe und von Druckluft. - Fortschr. Miner., 58, Beiheft 2, S. 55-66, Stuttgart.
- HERRMANN, A.G. (1986): Radioaktive Abfälle. - 256 S., Berlin, Heidelberg, New-York (Springer).
- JARITZ, W. (1986), zit. in: HERRMANN, A.G. (1986): Radioaktive Abfälle. - 256 S., Berlin, Heidelberg, New-York (Springer).
- KOLBE, H. (1975): Schichtenfolge im Oberjura-Eisenerz-Aufschlußgebiet der Schachtanlage Konrad der Salzgitter Erzbergbau AG.- Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, S. 161-193, Hamburg.
- KRÖMER, E.-J. (1984): Untersuchung von frachtechnischen Planungsgrößen, Mitt. aus dem Inst. für Tiefbohrtechnik, Erdöl- und Erdgasgewinnung der TU Clausthal.
- KRULL, H.C. (1987): Zementbefüllte Formations-Packer in der Bohrlochkomplementierung. - Erdöl Erdgas Kohle, 103, Heft 9, S. 368 ff.
- KUPFER, D.H. (1974 a): Boundary shear zones in salt stocks. In: 4th symposium on salt, Vol. 1, S. 215-225, Hrsg. A.H. COOGAN; the Northern Ohio Geological Society, Inc., Cleveland/Ohio.
- KUPFER, D.H. (1974 b): Shear zones in the Gulf Coast salt delineate spines of movement. - Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc., 24, S. 197-209, Houston/Texas.
- LAURIEN, H. (1970): Taschenbuch Erdgas. Oldenbourg Verlag, München-Wien.



- MATTHESS, G. & UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie - Grundwasserhaushalt. - 438 S., Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- MATTHESS, G. (1990): Die Beschaffenheit des Grundwassers. - 498 S., Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- MEIER-GROLMAN, F.W. (1959): Über die Ursachen und den Verlauf der Aggression bei Einwirkung angreifender Wässer auf Zementmörtel und Beton. - Werkst. u. Korrosion 10, S. 739 ff
- MOSER, H. & RAUERT, W. (1980): Isotopenmethoden in der Hydrologie. - 400 S., Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- NAGRA (1983): Technischer Bericht NTB 83-20: Preliminary calculations of the temperature distributions around a type C (highly active) nuclear waste repository. R.J. HOPKIRK, D.J. GILBY, I. SCHWANNER, Polydynamics Ltd., Zürich.
- NAGRA (1985 a): FEM 301 - A three dimensional model for groundwaters flow simulation; L. KIRALY, Centre d' hydrogeologie de l' universite de Neuchatel.
- NAGRA (1985 b): Projektbericht 85-08 - Projekt Gewähr 1985 - Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle: Sicherheitsbericht. - 297 S., Baden/Schweiz.
- NAGRA (1985 c): Projektbericht NGB 85-04 - Endlager für radioaktive Abfälle: Das System der Sicherheitsbarrieren.- Baden/Schweiz.
- NAGRA (1985 d): Technischer Bericht NTB 84-50: Simulation par modele mathematique des ecoulements souterrains entre les Alpes et de la Foret Noire; F.KIMMEIER, P. PERROCHET, L. KIRALY, alle: Centre d' hydrogeologie de l' universite de Neuchatel, R. ANDREWS, Intera Technologies Inc., USA.
- NEUMANN, H.-J. (1987): Oxidationsverhalten von Bitumen bei Gebrauchstemperaturen. - Erdöl Erdgas Kohle, 103, Heft 3, S.131 ff.
- NEUMANN, H.-J., RAHIMIAN, I. & ZENKE, G. (1989): Einfluß der Löslichkeitseigenschaften von Asphaltenen auf die Rückstandsverarbeitung. - Erdöl und Kohle - Erdgas - Petrochemie, Bd. 42, Heft 7-8, S. 278 ff.



- ORTLEPP, W. (1979): Zum Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht und dessen Bedeutung für zementgebundene Baustoffe. - TIZ-Fachber., 103, S. 7 ff.
- PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT (1986): Plan Endlager für radioaktive Abfälle. - Kurzfassung Stand 9/86.- 108 S., Braunschweig.
- PLUM, H. (1987): Genetische Klassifikation und hydrochemische Interpretation der Mineral- und Thermalquellen der Eifel und Ardennen. - (in Vorbereitung).
- PRINZ, H. (1982): Abriß der Ingenieurgeologie. - 419 S., Stuttgart (Enke).
- PTB - Plan Endlager für radioaktive Abfälle - Schachtanlage Konrad, Salzgitter, Bd. 1 und 2, 9/1986.
- PUSCH, G., SCHWEITZER, P. & GAMINGER, O. (1986): Stationäre und instationäre Gaspermeabilitätsmessung an niedrigerpermeablen Gesteinen. - Erdöl Erdgas Kohle, 102, Heft 5, S. 235 ff.
- RICHTER-BERNBURG, G. (1979): Diskussionsbeitrag, S.191. In: Rede-Gegenrede, Diskussionsprotokolle; Hrsg.: Deutsches Atomforum e.V., Bonn.
- RINEHART, J.S. (1980): Geysers and Geothermal Energy.- 223 S, New-York, Berlin (Springer).
- ROTTENBACHER, K. (1978): Ermittlung von Reaktionsbeziehungen zwischen wässrigen Wärmeübertragungsmedien und den Mineralen der als Wärmespeicher wirkenden Gesteine, - Statusreport 1978 - Geotechnik und Lagerstätten, Bd. 1, S. 27 ff., PLE (KFA), Jülich.
- ROTTENBACHER, K. JÖST, H. HERTEL, O. (1982): F & E - Arbeiten über den Bau einer Testapparatur zur Eignungsuntersuchung von Stützmitteln unter simulierten Lagerstättenbedingungen. - DGMK Forschungsbericht 167-3, Anlage 1.
- SCHIEGL, W.-E. (1986): TA Luft. Vorschr. u. Erl. zum Immissionsgesetz. - Ecomed Verlagsgesellschaft, München.
- SCHNEIDER, G. (1975): Erdbeben, Entstehung - Ausbreitung - Wirkung. - 406 S., Stuttgart (Enke).
- SKBF/KBS (1983): Final storage of spent fuel. - KBS-3, Stockholm.



STORM, P.C., BUNGE T. (Hrsg.) (1988): Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung (HDUVP), Springer-Verlag, Berlin.

STRAHLENSCHUTZVERORDNUNG vom 13. Oktober 1976, berichtigt am 16. Oktober 1989 (BGBl. I S.1926), Heymanns Verlag, Köln.

STRIEGLER, W. & WERNER, D. (1973): Erdstoffverdichtung. - 372 S., Berlin (Verlag f. Bauwesen).

TOTH, J. (1980): Cross-formational gravity flow of ground- water: A mechanism of transport and accumulation of petroleum (the generalized Hydraulic theory of Petrol Migration). - In: Roberts, W.H. & Cordell, R.J. (Hrsg.): Problems of petrol migration, Am. Assoc. Petrol. Geologists, Studies in Geology, 10, S. 121-167, Tulsa.

TRUSHEIM, F. (1957): Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands.- Z. dt. geol. Ges., 102, S. 111-151, Hannover.

UVP-GESETZ, Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (85/337/EWG), Bundesrat Drucksache 687/89, 01.12.1989.

VEREIN Deutscher Eisenhüttenleute (Hrsg.) (1953): Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen, Verlag Stahleisen m.b.H., Düsseldorf.

