

Gruppe Ökologie

Institut für
ökologische Forschung und

GUTACHTERLICHE
STELLUNGNAHME ZUM
"PLAN ENDLAGER FÜR
RADIOAKTIVE ABFÄLLE,
SCHACHTANLAGE KONRAD"
DER PHYSIKALISCH-
TECHNISCHEN
BUNDESANSTALT

Erstellt im Auftrag
der Stadt Salzgitter

Hannover

Juni 1987

ERGÄNZENDES GUTACHTERLICHES

1. ERGÄNZENDES GUTACHTERLICHES STELLUNGNAHME ZUM
2. PLAN "PLAN ENDLAGER FÜR RADIOAKTIVE ABFÄLLE,
3. SCHACHTANLAGE KONRAD"

DER PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT

ERSTELLT VON DER GRUPPE ÖKOLOGIE HANNOVER

IM AUFTRAG DER STADT SALZGITTER

JUNI 1987

AUTOREN: DR. DETLEF APPEL*

DR. ILOHE ALBRECHT**

DR. HELMUT HIRSCH**

ULRIKE FINK v. RABENHORST**

DIPL. GEOL. JÜRGEN KREUSCH**

ANSCHRIFT DER AUTOREN/AUTORINNEN:

* STRAßENSCHULE DES GELEHRTENGESELLSCHAFTS DER DDR, D-1000 BERLIN 45

* PANGEO - GEOWISSENSCHAFTLICHES BÜRO, OSTPREUßENDAMM 151, 1000 BERLIN 45, TEL. 030 / 773 51 53

** GRUPPE ÖKOLOGIE HANNOVER, INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
FORSCHUNG UND BILDUNG E. V., IMMENGARTEN 31,
3000 HANNOVER 1, TEL. 0511 / 696 31 30

Schrift

3.3. Strahlenbelastung des Betriebspersonals durch
natürliche radioaktive Stoffe (Radiologische
Belastung im Grubenbau)

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
3.3.1. Einleitung	1
3.3.2. Zusammenfassung der Ergebnisse	3
3.3.3. Abfallklassen und Aktivitätsgrenzwerte (bearbeitet von I. Albrecht)	15
3.1. Abfallklassen	15
3.2. Aktivitätsgrenzwerte	17
3.3. Quellenverzeichnis zu Kapitel 3.	23
3.3.4. Abgabe radioaktiver Stoffe und potentielle Strahlenbelastung in der Umgebung im bestimmungsgemäßen Betrieb (bearbeitet von U. Fink v. Rabenhorst)	24
4.1. Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern	24
4.1.1. Beantragte Aktivitätsableitungen	24
4.1.2. Ausbreitung radioaktiver Stoffe	25
4.1.3. Transferfaktoren und weitere Annahmen	28
4.1.4. Die Strahlenbelastung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle	29
4.2. Abgabe radioaktiver Stoffe mit den Abwässern und potentielle Strahlenexposition in der Umgebung	30
4.2.1. Beantragte Aktivitätsableitungen	30
4.2.2. Natürliche radioaktive Stoffe in den Grubenwässern	31
4.2.3. Ausbreitung im Vorfluter	32
4.2.4. Strahlenexposition durch Abwasser	33
4.3. Quellenverzeichnis zu Kapitel 4.	35
3.3.5. Strahlenschutz des Betriebspersonals über und unter Tage im bestimmungsgemäßen Betrieb (bearbeitet von U. Fink v. Rabenhorst)	37
5.1. Strahlenexposition des Betriebspersonals durch den Umgang mit radioaktiven Abfällen	37
5.1.1. Abschätzung der Strahlenbelastung im Kontrollbereich durch äußere Bestrahlung	38
5.1.2. Strahlenbelastung durch Inhalation	43
5.1.3. Betrieblicher Überwachungsbereich	43

5.2. Strahlenbelastung des Betriebspersonals durch natürliche radioaktive Stoffe (Radiologische Grundbelastung im Grubengebäude)	44
5.2.1. Ortsdosisleistung	45
5.2.2. Konzentration von Radon und seinen Folgeprodukten in den Grubenwettern und daraus resultierende Strahlenexposition	45
5.2.3. Inhalation von Erzstaub	51
5.3. Quellenverzeichnis zu Kapitel 5.	52
6. Störfälle über Tage und Transportwesen (bearbeitet von H. Hirsch)	53
6.1. Störfälle über Tage	53
6.1.1. Auslegungsstörfälle	53
6.1.1.1. Störfälle der Klasse 1	55
6.1.1.1.1. Lastannahmen	55
6.1.1.1.2. Freisetzunganteile	60
6.1.1.1.3. Rückhaltungen in der Anlage	67
6.1.1.2. Störfälle der Klasse 2	68
6.1.1.3. Ereignisse, die dem Restrisiko zuzuordnen sind	69
6.1.1.4. Anmerkungen zum Verhältnis zwischen Störfallanalysen und Aktivitätsgrenzwerten	71
6.1.2. Zusammenfassende Wertung der Störfallanalysen	72
6.2. Transportwesen	73
6.2.1. Transportwege und -vorgänge	73
6.2.2. Transportaufkommen	75
6.2.3. Rechtsvorschriften bei der Beförderung radioaktiver Stoffe	78
6.2.4. Gefährdung durch Transporte radioaktiver Abfälle	82
6.2.5. Mögliche Konsequenzen eines schweren Transportunfalles	86
6.2.6. Zusammenfassende Wertung der Transportproblematik	88
6.3. Quellenverzeichnis zu Kapitel 6.	90

	Seite
7. Geologie, Gebirgsmechanik und Langzeitsicherheit (bearbeitet von D. Appel und J. Kreusch mit Bei- trägen von I. Albrecht (Kap. 7.6.1.) und U. Fink v. Rabenhorst (Kap. 7.4.4.3.))	92
7.1. Einleitung	92
7.2. Beschreibung der geologischen Barriere im PTB-Plan	94
7.2.1. Abgrenzung des Arbeitsgebietes	95
7.2.2. Kenntnisstand	96
7.3. Gebirgsmechanische Untersuchungen und Prognosen	100
7.3.1. Gebirgsmechanische Untersuchungen	100
7.3.2. Zukünftiges gebirgsmechanisches Verhalten	103
7.4. Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung und zur Radionuklidausbreitung	108
7.4.1. Eingesetzte Programme und Modelle	109
7.4.2. Definition des Modellgebietes	111
7.4.3. Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung	113
7.4.3.1. Ursachen der Grundwasserbewegung	113
7.4.3.2. Modellierung der hydrogeologischen Situation	114
7.4.3.3. Berücksichtigung der Lagerungs- verhältnisse	115
7.4.3.4. Durchlässigkeit und effektive Porosität	117
7.4.3.5. Ergebnisse	121
7.4.3.6. Überprüfung der Rechenergebnisse	124
7.4.4. Modellrechnungen zur Radionuklidausbrei- tung und zur potentiellen Strahlenbelastung	126
7.4.4.1. Freisetzung von Radionukliden aus den Abfällen und Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude	126
7.4.4.2. Radionuklidausbreitung in der Geosphäre	136
7.4.4.2.1. Eingabeparameter	137
7.4.4.2.2. Wertung der Ergebnisse	141
7.4.4.3. Ausbreitung der Radionuklide in der Biosphäre und potentielle Strahlenbelastung	142

	Seite
7.5. Abschluß des Betriebes	146
7.5.1. Restverfüllung der Grubenhohlräume sowie Kammerabschlußbauwerke	147
7.5.2. Verfüllung der Schächte	150
7.5.2.1. Anforderungen	150
7.5.2.2. Die Verfüllelemente	151
7.5.2.2.1. Der kohäsive Füllsäulen- abschnitt	151
7.5.2.2.2. der aktiv dichtende Schachtverschluß	151
7.5.2.3. Zusammenfassende Bewertung der Darstellung zur Schachtverfüllung im PTB-Plan	156
7.6. Zeitrahmen der Sicherheitsanalyse und Langzeit- bewertung	157
7.6.1. Zur Ableitung des Betrachtungszeitraums aus dem Vergleich von Gefährdungs- potentialen	158
7.6.2. Folgerungen und Langzeitbewertung	160
7.7. Quellenverzeichnis zu Kapitel 7.	164

1. EINLEITUNG

Am 31.08.1982 hat die Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig (PTB) bei der zuständigen Obersten Niedersächsischen Landesbehörde (seit 15.07.1986 der Niedersächsische Umweltminister) als atomrechtlicher Planfeststellungsbehörde den Antrag auf Einleitung des atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens für Errichtung und Betrieb der Schachtanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle gemäß § 9b Atomgesetz gestellt.

Mit Vertrag vom 10.04.1987 wurde die Gruppe Ökologie Hannover seitens der Stadt Salzgitter beauftragt, die Antragsunterlagen der PTB (Plan Endlager für radioaktive Abfälle, Schachtanlage Konrad, Salzgitter - im folgenden kurz PTB-Plan bzw. Planunterlagen genannt) zu prüfen und zu bewerten.

Gemäß Auftragsbeschreibung hat sich die Prüfung und Bewertung der Planunterlagen an folgenden Fragestellungen zu orientieren:

- Vollständigkeit und Prüfbarkeit der Planunterlagen,
- Angemessenheit der verwendeten Untersuchungsmethoden und Rechenannahmen,
- Vollständigkeit der erhobenen Daten,
- Belastbarkeit der aus den Daten abgeleiteten Aussagen zur Anlagensicherheit,
- Identifikation von Schwachstellen,
- Ableitung von Konsequenzen für die Beurteilung der Planunterlagen.

Vor dem Hintergrund dieser Fragestellungen sind ausgewählte Kapitel der Planunterlagen überprüft worden. Dazu gehören insbesondere die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers, Strahlenschutz des Betriebspersonals, Abgabe radioaktiver Stof-

fe im Normalbetrieb sowie Störfälle über Tage. Weitgehend unabhängig von den Planunterlagen sind die aus dem Transport radioaktiver Abfälle resultierenden Probleme untersucht worden.

Wegen des relativ kurzen zur Verfügung stehenden Bearbeitungszeitraums von knapp drei Monaten konzentriert sich die Begutachtung wesentlich auf die als (sicherheits-)relevant erkannten Aspekte.

Hannover, im Juni 1987

die Autoren/Autorinnen

2. ~~und~~ ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Aktivitätsklassen und Aktivitätsgrenzwerte:

Bei der Platzierung der Abfälle im PTB-Plan werden die zwölf verschiedenen Behältertypen in zwei Abfallklassen unterteilt. Die Unterscheidung ist insofern von Bedeutung, als daß bei Abfallklasse II weitergehende Anforderungen an die Qualität der Verpackung gestellt werden als bei Abfallklasse I. Diese Unterscheidung in zwei Abfallklassen ist für weitere Betrachtungen (v. a. Störfallbetrachtungen) von Bedeutung, da über die Zuordnung zu einer Abfallklasse festgelegt wird, welchen Belastungen ein Abfallbehälter standhalten muß, und welche Aktivitätsgrenzwerte ausgeschöpft werden dürfen.

Die entsprechenden Ausführungen im PTB-Plan können allerdings nicht nachvollzogen werden, da entscheidende Angaben in den Planunterlagen fehlen: So sind die Angaben über die Abfallbehälter völlig unzureichend (v. a. Verarbeitung, verwendete Materialien), und es fehlt die entscheidende Angabe, welcher Abfallbehälter welchen Abfallklassen zugeordnet wird.

Aktivitätsgrenzwerte, das heißt die zulässige Aktivität von Radiumnukliden pro Abfallgebinde, spielen für den bestimmungsgemäßen Betrieb, die Wärmebelastung des Wirtsgesteins, die Kritikalitätssicherheit und die Störfallbetrachtungen eine wichtige Rolle.

Bei den vom PTB vorgenommenen Ableitungen ist jedoch nicht möglich, da ausreichend detaillierte Angaben dazu fehlen. Insbesondere fehlt im PTB-Plan die Angabe der grundlegenden Information, wie hoch das Nuklidinventar pro Abfallgebinde überhaupt ist. Als Folge dieser mangelhaften Darstellung können sicherheitsrelevante Fragestellungen (v. a. Störfallbetrachtungen) zum Teil nicht in dem

erforderlichen Detaillierungsgrad abgehandelt bzw. beurteilt werden. Für die Beurteilung bzw. die Nachvollziehbarkeit der Aktivitätsgrenzwerte ist in jedem Fall eine Vervollständigung der Planunterlagen zu fordern.

Störfälle über Tage und Transportwesen:

In den **Störfallanalysen** behandelt der PTB-Plan Ereignisse, die zu einer Freisetzung von Radionukliden in die Umgebung führen können, sofern die Störfälle nicht dem Restrisiko zuzuordnen sind. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Störfälle der Klasse 1, deren Eintreten nicht ausgeschlossen wird, deren radiologische Auswirkungen aber durch die Auslegung von Anlagen und Abfallgebinden begrenzt werden soll.

Hinsichtlich der **übertägigen Störfallanalysen** des PTB-Plans ist festzustellen, daß diese sowohl unvollständig als auch in Teilen auf der Grundlage der im PTB-Plan gegebenen Informationen nicht nachvollziehbar sind. Wesentliche Kritikpunkte sind dabei:

- Die untersuchten Anlagenbereiche werden unzulässig eingeschränkt. So werden Puffergleis und LKW-Parkplätze nicht betrachtet, obwohl auch dort radioaktive Stoffe gelagert bzw. bewegt werden.
- Bei den von der PTB betrachteten Auslegungsstörfällen der Klasse 1 mit mechanischer Einwirkung wird nicht schlüssig belegt, daß keine stärkeren Belastungen als die betrachteten auftreten können (z. B. größere Fallhöhe, Fall auf Dorn). Insbesondere die Behandlung der Möglichkeit eines Absturzes eines Abfallgebindes mit Punktbelastung ist unbedingt erforderlich, da der maximale Energieeintrag als Kriterium für die Auswahl abdek-

kender Störfälle nicht hinreichend ist; eine große Rolle spielt auch die Art der Belastung.

- Die Behandlung von Bränden im PTB-Plan und ihre z. T. dort erfolgte Zuordnung zu Störfallklasse 2 (Störfälle, die durch Auslegungsmaßnahmen verhindert werden sollen) ist unzureichend bzw. nicht ausreichend begründet. Die Dokumentation der geplanten Brandschutzmaßnahmen reicht nicht aus, um Brände über Tage, die zu Freisetzungsradiaktivier Stoffe führen, ausschließen zu können.
- Die Freisetzungsradiaktiviven Stoffen bei den von der PTB betrachteten Auslegungsstörfällen sind nicht ausreichend begründet, z. T. erscheinen höhere Anteile möglich. Besonders lückenhaft sind die Angaben zu den Abfallverpackungen.
- Störfälle, die nicht auszuschließen sind, aber von der PTB nicht betrachtet werden, können teilweise noch zu erheblich größeren Freisetzungsradiaktivanten führen (z. B. Brände über Tage, Fall auf Dorn).
- Die dem Restrisiko zugeordneten Ereignisse, insbesondere auch Flugzeugabsturz, werden im PTB-Plan nicht ausreichend behandelt. Eine genaue Analyse der Häufigkeit dieser Ereignisse sowie ihrer radiologischen Folgen ist erforderlich (auch um einen Ausschluß entsprechender Ereignisse begründen zu können).

Die Angaben zum **Transportwesen** (Transportwege und -vorgänge, Verteilung transportierter Abfälle auf Schiene und Straße) im PTB-Plan sind völlig unzureichend. Selbst wenn unterstellt wird, daß die Meinung der PTB, der Antransport radioaktiver Abfälle sei nicht Gegenstand des Planfeststellungsverfahrens,

rechtmäßig ist, dann ist die Darstellung des Transportwesens im PTB-Plan immer noch unzureichend, da eine Beurteilung sämtlicher mit dem Transport zusammenhängender Aspekte nicht möglich ist. Über diesen grundsätzlichen Punkt hinaus ist zur Transportproblematik zusammenfassend folgendes festzustellen:

- Die Zahl der Radioaktivtransporte zu Schacht Konrad 2 wird im Jahresmittel weit über jener bei allen anderen kerntechnischen Anlagen der Bundesrepublik Deutschland liegen (einschließlich Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf). Daraus resultiert für die Stadt Salzgitter bzw. die umliegenden Kommunen ein spezielles Gefahrenpotential, das näher untersucht werden muß.
- Ein erhöhtes Risiko durch Radioaktivtransporte im Raum Salzgitter folgt weiterhin aus der dort gegebenen hohen Verkehrsdichte insgesamt, der Existenz zahlreicher höhengleicher Bahnübergänge und Verzweigungspunkte (hinsichtlich der Gefährdung besonders sensibel zu beurteilen ist hierbei der höhengleiche Bahnübergang an der Bahnverzweigung bei Groß-Gleidingen) und der als bevorzugte Variante angesehenen Führung der Schienentransporte durch die Ortschaft Beddingen. Die im PTB-Plan ausgedrückte Präferenz für letztgenannte Variante ist nicht akzeptabel, da Erwägungen zur Flächennutzung bzw. -verfügbarkeit keinen Vorrang vor Sicherheitsgesichtspunkten genießen dürfen.
- Ein schwerer Transportunfall kann noch in über 1 km Entfernung vom Unfallort Dekontaminationsmaßnahmen erforderlich machen. Mit Einschränkungen bzw. Verboten bei der landwirtschaftlichen Produktion und Gartennutzung muß gerechnet werden.
- Die Rechtsvorschriften für den Transport radioaktiver

Stoffe weisen schwerwiegende Lücken bei der Genehmigung und Kontrolle insbesondere bei Transporten von Industrie- und Typ A-Verpackungen auf, die bei Schacht Konrad einen nennenswerten Anteil der Gesamtmenge ausmachen. Darüber hinaus berücksichtigen die Rechtsvorschriften weder im Hinblick auf Unfälle noch für den unfallfreien Transport Probleme, die sich aus überdurchschnittlich hohen Transportzahlen in einer Region ergeben.

Die Gefährdung durch Transporte in der engeren Standortregion müßte im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens behandelt werden. Zwar wird die Gefährdung durch Vorgänge hervorgerufen, die nicht auf dem Anlagengelände stattfinden und nicht direkt Teil des Anlagenbetriebes im engeren Sinne sind, doch ist die Gefährdung dennoch durch den Einlagerungsbetrieb in der Schachtanlage Konrad sowie durch die Standortwahl bestimmt. Wenn die Problematik der möglichen Auswirkungen der Antransporte radioaktiver Abfälle auf die Region Salzgitter nicht im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens behandelt wird, kann sie zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr in angemessener Form geltend gemacht werden.

Abgabe radioaktiver Stoffe im Normalbetrieb:

Nach den Aussagen des PTB-Plans werden im bestimmungsgemäßigen Betrieb durch die Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern und dem Abwasser die Grenzwerte des § 45 StrlSchV in der Umgebung des geplanten Endlagers eingehalten.

Allerdings finden die besonderen örtlichen Verhältnisse, die für die Ausbreitung der Abwetterfahne und die Ablagerung von Radionukliden auf Boden und Vegetation von entscheidender Bedeutung sind, keine Berücksichtigung. Weiterhin kann die un-

veränderte Übernahme von Parametern aus der "Allgemeinen Berechnungsgrundlage" (ABG) zu § 45 StrlSchV zur Berechnung der trockenen Deposition zu einer Unterschätzung der potentiellen Strahlenbelastung führen, und zwar insbesondere in solchen Gebieten, die - wie die Umgebung von Schacht Konrad - mit konventionellen Schadstoffen hochbelastet sind.

Auch die Berechnung der Ingestionsdosis durch Tritium und C-14 allein nach der ABG spiegelt nicht den aktuellen Stand des Wissens wider und unterschätzt die Strahlenbelastung.

Aufgrund des Fehlens einer Reihe von Angaben läßt sich nicht beurteilen, ob die potentielle Strahlenexposition in angemessener Weise berechnet worden ist. Das betrifft beispielsweise die nasse Ablagerung von Radionukliden oder die Abschätzung des Beitrags von Radon zur Strahlenbelastung. Begründungen, warum die Verwendung standortspezifischer Parameter wie z. B. Transferfaktoren Boden/Pflanze als nicht erforderlich angesehen werden, werden ebenfalls nicht gegeben. Andere Zahlenangaben wiederum sind nicht nachprüfbar, weil - wie bei der Abflußmenge des Vorfluters Aue - Quellenhinweise fehlen; oder ihre Verwendung erscheint unverständlich, wie z. B. beim Rückgriff auf ältere Messungen zur natürlichen Aktivität der Grubenwässer.

Insgesamt bleibt festzuhalten, daß es sich aufgrund fehlender oder nichtbelegter Angaben sowie Nichtberücksichtigung sowohl von örtlichen Besonderheiten als auch von neueren Forschungsergebnissen nicht beurteilen läßt, ob die Einhaltung der Grenzwerte des § 45 StrlSchV tatsächlich gewährleistet ist.

Strahlenschutz des Betriebspersonals:

Für den Betrieb des Endlagers gelten laut PTB-Plan Planungs-

richtwerte zur Begrenzung der Strahlenexposition des Betriebspersonals infolge des Umgangs mit den radioaktiven Abfällen im bestimmungsgemäßen Betrieb.

So soll die mittlere Personendosis aller im Kontrollbereich tätigen Personen durch Direkt- und Streustrahlung 5 mSv/a (0,5 rem/a) nicht überschreiten. Allerdings fehlen in den Planunterlagen sowohl die Angaben zur Ortsdosisleistung als auch die angenommene Aufenthaltsdauer in den jeweiligen Strahlenfeldern, so daß es nicht möglich ist, die Angaben zur maximalen jährlichen Personendosis nachzuvollziehen.

Der Planungsrichtwert von 5 mSv/a ist ein mittlerer Wert und schließt ein, daß die unmittelbar mit der Einlagerung beschäftigten Personen Individualdosen bis zu 10 mSv/a (1 rem/a) erhalten können; er wird nur eingehalten bzw. unterschritten durch die Annahme, daß sich mindestens 100 weitere Personen, deren Individualdosis mit 1,6 mSv/a abgeschätzt wird, im Kontrollbereich aufhalten. Da nicht erläutert wird, mit welchen Tätigkeiten diese Personen befaßt sind, bleibt die Vermutung, daß die Einhaltung des Planungsrichtwertes nur durch Rechenoperationen erreichbar ist.

Die 2. Planungsvorgabe betrifft die Begrenzung der Inhalationsdosis durch eine Reihe von Maßnahmen auf ca. 0,5 mSv/a (50 mrem/a). Es scheinen allerdings Zweifel angebracht, ob diese Maßnahmen für Arbeitsplätze mit erhöhter Inkorporationsgefahr ausreichend sind.

Die Angaben zum betrieblichen Überwachungsbereich sind unzureichend, weil notwendige Strahlenschutzmaßnahmen nicht beschrieben werden und keine Abschätzung der potentiellen Strahlenexposition der dort Beschäftigten stattfindet.

Aufgrund der natürlichen Radioaktivität des Gesteins kommt es

unter Tage zu Strahlenbelastungen durch Direktstrahlung, Inhalation von Erzstaub sowie Inhalation von Radon und seinen Folgeprodukten. Insbesondere infolge des letztgenannten Belastungspfades kann es zu Expositionen kommen, die ein Vielfaches der Planungsrichtwerte der PTB hinsichtlich des Umgangs mit den Abfallgebinden betragen. Obwohl das erhöhte Lungenkrebsrisiko von Bergarbeitern seit langem bekannt ist und sogar die Internationale Strahlenschutzkommission eine Begrenzung der Dosis für Radon-exponierte Bergarbeiter empfohlen hat, wird im PTB-Plan einer Diskussion über diese zusätzliche Strahlenbelastung und Überlegungen zu ihrer Verringerung durch formalen Verweis auf § 28 Abs. 2 StrlSchV aus dem Weg gegangen. Durch den PTB - Plan ist somit nicht nachgewiesen, daß die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden getroffen worden ist.

Langzeitsicherheit:

Die Eignung des Standortes Konrad als Endlager wird langfristig von der Wirksamkeit der geologischen Barriere bestimmt, die verhindern muß, daß aus den eingelagerten Abfällen freigesetzte Radionuklide die Biosphäre in Konzentrationen erreichen, die zu unzulässigen Strahlenexpositionen führen können. Transportmittel für die Radionuklide ist dabei das Grundwasser.

Der Nachweis der Langzeitsicherheit wird im PTB-Plan mit Hilfe einer Sicherheitsanalyse geführt, die i. w. aus einer mathematischen Modellierung aller die Freisetzung und den Transport der Radionuklide bestimmenden Vorgänge besteht (v. a. Freisetzung der Radionuklide aus den Abfällen, Transport der Radionuklide mit dem Grundwasser im Grubengebäude und der Geosphäre, Berechnung der Strahlenexposition). Notwendige Voraussetzung für diese Modellierung sind ausreichend detaillierte und belastbare Erkenntnisse über die (Hydro-)Geologie der wei-

teren Standortregion, die dort herrschenden hydraulischen Verhältnisse, die sinnvolle Abgrenzung des Modellgebiets, die Ermittlung belastbarer Parameter ("Eingangswerte" in die Modelle) sowie Modellierungsprogramme, die auf die Verhältnisse am Standort sinnvoll anwendbar sind.

Diese Voraussetzungen sind - soweit der PTB-Plan eine Beurteilung darüber überhaupt zuläßt - vielfach nicht erfüllt bzw. ihre Erfüllung ist im PTB-Plan nicht nachgewiesen.

Zwar sind im engeren Standortbereich die (hydro-)geologischen und strukturellen Verhältnisse recht gut bekannt, für den größten Teil des Modellgebiets (nördlicher Bereich) bestehen jedoch **erhebliche** Kenntnislücken (v. a. Lagerungsverhältnisse). Weitere Informationen zu diesem Teil des Modellgebiets sind **unbedingt** erforderlich. Darüber hinaus ist außerdem fraglich, ob die vorgenommene Abgrenzung des Modellgebiets aus (hydro-)geologischer Sicht überall sinnvoll ist (v. a. im Osten und Westen sind hydraulische Verbindungen über die Modellgrenzen hinaus nicht auszuschließen).

Hinsichtlich der Anwendbarkeit des für Grundwasserbewegung und Radionuklidausbreitung benutzten Programms SWIFT sind Zweifel anzumelden. Dieses Programm ist für die Anwendung an Porenwasserleitern entwickelt worden und setzt entsprechend die Gültigkeit des Darcy-Gesetzes voraus. Das Eisenerzlager (bzw. der Korallenoolith) stellt jedoch einen Kluftgrundwasserleiter dar, für den das Darcy-Gesetz normalerweise nicht gilt. Der PTB-Plan lässt offen, auf welche konkreten Kenntnisse und Überlegungen die in den Planunterlagen vorgenommene Übertragung des Programmsystems SWIFT auf den Kluftgrundwasserleiter sich stützt.

Die notwendige Belastbarkeit und Repräsentativität der in die Ausbreitungsrechnungen eingegangenen Parameter (v. a. Sorp-

tion, Dispersion) ist im PTB-Plan völlig unzureichend dokumentiert. Die Festlegung vieler dieser Parameter ist nicht nachvollziehbar, und ihre Ableitung aus Experimenten ist nicht dargestellt. Die Realitätsnähe oder gar Konservativität dieser Parameter ist vielfach anzuzweifeln (v. a. auch für die sensitiven Rückhaltefaktoren).

Weiterhin ist die Belastbarkeit vieler in der Sicherheitsanalyse benötigten "Untermodelle" nicht nachgewiesen. Dies gilt z. B. für die Modellierung des zeitlichen Verlaufs der Freisetzung von Radionukliden aus dem Grubengebäude und die Berechnung der Strahlenexposition (hier v. a. Transferfaktoren Boden-Pflanze, Dosisfaktoren, Berechnungsmodell). Die entsprechenden Berechnungen und die diesen zugrunde liegenden Annahmen sind meist nicht nachzuvollziehen, da sie im PTB-Plan nicht oder nur völlig unzureichend dokumentiert sind.

Schließlich zeigen die Ergebnisse der berechneten Strahlenexposition, daß eine Überschreitung des gültigen Knochendosisgrenzwertes bei Radon 226 gegeben ist, und daß die Belastung der Schilddrüse durch Jod 129 in der Größenordnung des Grenzwertes liegt. Allein diese Ergebnisse lassen eine besondere Eignung des Standortes Konrad **nicht** erkennen.

In diesem Zusammenhang muß die von der PTB ins Auge gefaßte zeitliche Begrenzung für eine detaillierte Modellierung und Bewertung der Langzeitvorgänge auf ca. 10.000 Jahre gesehen werden. Diese Betrachtungsweise ist jedoch zurückzuweisen, da sie z. T. auf zweifelhaften Begründungen beruht und den Anforderungen der Reaktorsicherheitskommission an Eignungsnachweise für Endlagerstandorte nicht entspricht.

Neben den die Radionuklidausbreitung direkt betreffenden Ausführungen der Planunterlagen sind hinsichtlich der Langzeitsicherheit noch zwei Aspekte von Bedeutung: Gebirgsmechanik und Abschluß des Betriebes.

Die gebirgsmechanischen Untersuchungen, die für die Standsicherheit des Grubengebäudes während der Betriebsphase, aber auch für bestimmte Aspekte der Nachbetriebsphase von Bedeutung sind (v. a. Ablauf der Konvergenz, Verhalten des die Grube überlagernden Gebirges bei seiner Absenkung mit Möglichkeit der Bildung von Wasserwegsamkeiten). Die Darstellung dieser Sachverhalte im PTB-Plan ist unzureichend: dies betrifft v. a. die Dokumentation der Ergebnisse durchgeföhrter Experimente (weshalb aus den Experimenten abgeleitete Aussagen nicht nachprüfbar sind) sowie die Ergebnisse durchgeföhrter Modellierungen (zur Standsicherheit eines Einlagerungsfeldes sowie zum gebirgsmechanischen Verhalten des großräumigen Grubenbereichs). Insbesondere bei letzterem ist die Repräsentativität der in die Modellierung eingehenden Parameter - und damit die Aussagekraft der Ergebnisse - nicht gegeben; entsprechend ist die Belastbarkeit der Ergebnisse gering.

Hinsichtlich des Abschlusses des Betriebes ist v. a. die langfristige Wirksamkeit der Schachtverfüllung von Bedeutung, da die Schächte eine potentielle Wegsamkeit für mit Radionukliden beladene Wässer darstellen. Die entsprechenden Ausführungen im PTB-Plan zeichnen sich aus durch das Aufstellen von Behauptungen, die auf der Grundlage der im PTB-Plan selbst gegebenen Informationen nicht nachzuvollziehen sind. Eine Überprüfung der Aussagen zur Langzeitwirksamkeit der Schachtverfüllung ist damit nicht möglich.

Hinsichtlich der von der Gruppe Ökologie Hannover überprüften und bewerteten Themenkomplexe des PTB-Plans bleibt zusammenfassend festzustellen:

- * wesentliche Aussagen des PTB-Plans sind mangels ausreichender Dokumentation und Darstellung von Untersuchungsverfahren, Berechnungen und Ergebnissen nicht in dem erforderlichen Umfang zu überprüfen bzw. zu bewerten;
- * wesentliche sicherheitsrelevante Aussagen des PTB-Plans sind nicht begründet bzw. in ihrer Belastbarkeit anzuzweifeln. Dies gilt insbesondere für die Untersuchungen und Aussagen zur Langzeitsicherheit;
- * wichtige sicherheitsrelevante Aspekte werden im PTB-Plan nicht ausreichend behandelt. Dies gilt insbesondere für die übertägigen Störfallbetrachtungen und den Transport radioaktiver Abfälle.

Zu fordern ist die Darstellung des geplanten Vorhabens in einer Form, die eine Überprüfung insbesondere sicherheitsrelevanter Aspekte ermöglicht. Darüber hinaus ist für bereits überprüfbare Teilespekte der Nachweis der Anlagensicherheit zu erbringen unter Berücksichtigung aller die Anlagensicherheit betreffenden Gesichtspunkte.

3. ABFALLKLASSEN UND AKTIVITÄTSGRENZWERTE

Aktivitätsbegrenzungen spielen für den bestimmungsgemäßen Betrieb, während eines Störfalls, für die Wärmebelastung des Wirtsgesteins, für die Kritikalitätssicherheit und ebenso für die Langzeitsicherheit eine wichtige Rolle. Im folgenden soll betrachtet werden, ob der Ansatz der PTB, nämlich die Einteilung der anfallenden Behälter in Abfallklassen und die Ermittlung von Aktivitätsgrenzwerten, nachvollziehbar ist und Grundlage für Aktivitätsbegrenzungen sein kann.

3.1. Abfallklassen

Nach PTB-Plan sind die Abfälle, die in das Endlager Konrad eingelagert werden sollen, bereits konditioniert, d. h. sie wurden verarbeitet und verpackt.

Durch die Art der Verarbeitung der Abfälle erfolgt eine Zuordnung zu einer von 6 Abfallproduktgruppen (s. Kap. 3.3.2 PTB-Plan).

Für die Verpackung der verarbeiteten Abfälle stehen 12 verschiedene Behältertypen zur Verfügung (s. Tab. 3.3.3.1/1 und Kapitel 3.2.3.1.2 des PTB-Plans). Diese Abfallbehälter werden nun zwei Abfallklassen zugeordnet. Der Unterschied zwischen beiden Abfallklassen besteht darin, daß über die Grundanforderungen hinaus zusätzliche Anforderungen an die Qualität der Verpackung gestellt werden. Das Unterkapitel 3.3.3.2 "Abfallklassen" des PTB-Plans besteht bis auf einleitende Sätze aus einer Beschreibung der Anforderungen an beide Abfallklassen.

Die Unterscheidung in zwei Abfallklassen ist insofern für weitere Betrachtungen von Bedeutung, da über die Zuordnung zu einer Abfallklasse festgelegt wird

- welchen unterschiedlichen Belastungen ein Abfallbehälter genügen muß,
- welche Aktivitätsgrenzwerte bzgl. Störfallanalysen ausgeschöpft werden dürfen.

Ob die Abfallbehälter den unterschiedlichen Anforderungen tatsächlich genügen, kann auf Basis der Angaben im PTB-Plan nicht nachvollzogen werden:

- die Angaben über die Abfallbehälter sind völlig unzureichend. Während sich Angaben über die Abmessungen den Unterlagen entnehmen lassen, werden Angaben über die Verarbeitung und das verwendete Material nur unzureichend bzw. beispielhaft gegeben.
- es fehlt die entscheidende Angabe, welcher Abfallbehälter welcher Abfallklasse zugeordnet wird, bzw. von welchen Kriterien (z. B. Abfallart) die Zuordnung abhängt.

So bleibt es eine reine Glaubensfrage, ob z. B. Verpackungen der Abfallklasse II ein Schadensfeuer von 800°C während einer Stunde derart überstehen, daß "die integrale Leckage des aus der Verpackung freigesetzten Gases während des Brandes und einer Abkühlphase von 24 Stunden einen Wert von einem Mol nicht überschreitet" (PTB-Plan, S. 3.3.3-4).

Fazit: Der Name Abfallklasse erweckt den Eindruck, als ob eine Klassifizierung der anfallenden Abfälle versucht wird. Dabei geht es lediglich um unterschiedliche Anforderungen an die Qualität von Abfallbehältern. Da noch nicht einmal benannt wird, welcher Abfallbehälter in welche Abfallklasse eingeordnet wird, ist die Sinnhaftigkeit der Aussage des gesamten Unterkapitels des PTB-Plans nicht erkennbar.

3.2. Aktivitätsgrenzwerte

Das gesamte Kapitel 3.3.4.1 des PTB-Plans ("Aktivitätsgrenzwerte") besteht lediglich aus 6 Tabellen und einer kurzen Erläuterung dieser Tabellen. Detaillierte Angaben über die Verfahrensweise zur Ermittlung der Grenzwerte werden nicht gemacht.

Zu dem gesamten Unterkapitel ist zunächst zu sagen, daß die Angaben in dem PTB-Plan derart dürftig sind, daß in erster Linie eine Vervollständigung der Unterlagen gefordert werden muß.

Die Aktivitätsgrenzwerte sollen sich aus der vorher durchgeführten Sicherheitsanalyse ergeben haben. Die Sicherheitsanalyse umfaßt die folgenden vier Bereiche:

- bestimmungsgemäßer Betrieb
- Störfälle
- Wärmeleistung des Wirtsgesteins
- Kritikalitätsbetrachtungen

Es wurden nun keine einheitlichen Aktivitätsgrenzwerte festgelegt, sondern je nach Bereich die maximal zulässigen Aktivitäten von Radionukliden und Radionuklidgruppen (nicht spezifizierte Alpha- und Beta/Gamma-Strahler). Außerdem gibt es für jeden Bereich eine Gruppe von Leitnukliden, während die anderen Radionuklide unter die Gruppe der nicht spezifizierten Alpha- und Beta/Gamma-Strahler subsumiert werden. Der bestimmungsgemäße Betrieb umfaßt 4 Leitnuklide, für den Störfall sind 15 und für die thermische Belastung 30 Leitnuklide relevant. Es wird betont, daß die jeweils restriktivste Anforderung die maximal zulässige Aktivität bestimmt (PTB-Plan, S. 3.3.4-1).

Welche Kriterien für die Auswahl der Leitnuklide angelegt wur-

den, ist aus einem PTB-Bericht (BERG 1986) zu erfahren. Das Kriterium für die Auswahl der Leitnuklide ist danach für den bestimmungsgemäßen Betrieb die Flüchtigkeit, für den Störfall die radiologische Bedeutung und für die Wärmebelastung die Wärmeleistung der Radionuklide (BERG 1986).

Während das Kriterium "Flüchtigkeit" für den bestimmungsgemäßen Betrieb und "Wärmeleistung" für die Wärmebelastung bezüglich der Auswahl der Leitnuklide sinnvoll erscheint, ist das Kriterium "radiologisch wichtig" nicht weiter definiert. Deshalb kann nicht nachvollzogen werden, warum gerade diese 15 Radionuklide als Leitnuklide bzgl. Störfälle ausgewählt wurden.

Weiterhin ist zu den Leitnukliden folgendes anzumerken: Laut BERG (1986) wurden für den bestimmungsgemäßen Betrieb ursprünglich 7 relevante Radionuklide angegeben. Ar 39, Kr 85 und Ra 226 erscheinen in den Planfeststellungsunterlagen nicht mehr als Leitnuklide. Zu Ar 39 und Kr 85 heißt es an anderer Stelle (EHRLICH 1986): "die Edelgase Ar 39 und Kr 85 treten im Endlager Konrad nur in radiologisch unbedeutenden Mengen auf". Dies mag dazu geführt haben, sie als Leitnuklide nicht mehr zu benennen. Allerdings fehlen Angaben, in welchen Mengen Ar 39 und Kr 85 tatsächlich auftreten. Das Kriterium "Flüchtigkeit" trifft auf Ra 226 zwar nicht zu, trotzdem stellt sich die Frage, warum es ursprünglich als relevant angesehen wurde.

Bei den Leitnukliden bzgl. Störfälle wurde Cm 248 hinzugenommen, dafür entfiel Ni 59 als Leitnuklid für die Wärmeleistung. Auch hierüber werden keine Angaben gemacht.

Um die Höhe und Einhaltbarkeit der angegebenen Aktivitätsgrenzwerte überprüfen zu können, bedarf es Angaben, die den PTB-Plan-Unterlagen nicht zu entnehmen sind. Wie derartige Angaben hätten aussehen können, ist einem weiteren Bericht

der PTB zu entnehmen (ILLI 1981). In dem Bericht geht es um "Anforderungen an radioaktive Abfälle abgeleitet aus Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung". Dieser Bericht enthält eine Klassifizierung von Abfällen nach Herkunft, Abfallart, Fixierungsmittel und Beschreibung des Abfalls und der Gebinde. Dabei wird für jede Kategorie ein Nuklidinventar angegeben. Die Tabellen 3.2.3.1.1/1 - 3.2.3.1.1/7 des PTB-Plans enthalten zwar auch Angaben für einzulagernde Abfallgebinde, allerdings werden lediglich Beispiele benannt. Angaben zu den Inventaren fehlen vollständig.

Da sich die Behälterangaben bei ILLI (1981) von denen im PTB-Plan unterscheiden, ist eine Übertragung der Angaben über Nuklidinventare nicht ohne weiteres möglich. So können in einen Container Typ V, der als ein Abfallgebinde im PTB-Plan gilt, bis zu zwölf 400 l Fässer untergebracht werden (BRENNECKE 1986). Beton- und Gußbehälter können bis zu drei Stück auf einer Tauschpalette angeliefert werden, die dann als ein Abfallgebinde gilt. Im PTB-Plan werden die Aktivitätsgrenzwerte - bis auf diejenigen für den bestimmungsgemäßen Betrieb - in Bq/Abfallgebinde angegeben, während bei ILLI (1981) Aktivitätsangaben z. B. pro 400 l Faß gemacht werden. Das bedeutet, daß ohne die Kenntnis der Anzahl der Fässer pro Container ein Vergleich gar nicht erst versucht werden kann.

Trotz dieser Unsicherheit soll an zwei Beispielen ein Vergleich angestellt werden um zu zeigen, daß die realen Inventare nach ILLI (1981) die Aktivitätsgrenzwerte durchaus übersteigen können.

Beispiel 1:

PTB-Plan: endzulagernde Abfallgebinde aus der Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente
Abfallart: Fasermattenfilter, Kerzenfilter, sonstige Filter

Fixierung: org. Matrix
Behälter: 200 l Faß in VBA
Aktivität für Co-60: $4,1 \times 10^{11}$
Sr-90: $7,0 \times 10^{10}$

Hieraus ergibt sich eine Überschreitung der Aktivitätsgrenzwerte der realen Inventare um jeweils eine Größenordnung für Co-60 und Sr-90.

Auch wenn bei beiden Beispielen die Aktivitätsgrenzwerte bzgl. Störfall der Abfallklasse II nicht ausgeschöpft werden, machen sie doch sehr deutlich, daß genaue Angaben über Art, Herkunft, Fixierung, Behälter, Nuklidinventar unbedingt nötig sind. Weiterhin muß natürlich bekannt sein, welcher Abfallbehälter welcher Abfallklasse zugerechnet wird.

Es ist umso erstaunlicher, daß die PTB kein Nuklidinventar in den Planunterlagen angibt, obwohl es bei BRENNECKE (1986) heißt: "Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Angabe des Radionuklidinventars pro Abfallgebinde zu, daß eine wesentliche Basisinformation zur radiologischen Beurteilung hinsichtlich der Endlagerbarkeit eines Abfallgebines einerseits und zur Formulierung von Anforderungen an das Abfallgebinde andererseits darstellt!"

Außerdem wurden für die Sicherheitsanalyse 300 Datenblätter von den Ablieferungspflichtigen erstellt, die umfangreiche Angaben - u. a. über das Nuklidinventar - enthalten (BRENNECKE 1986). Ohne diese Datenblätter kann die Plausibilität der Aktivitätsgrenzwerte im PTB-Plan nicht nachvollzogen werden.

Fixierung: Zement/Beton
Behälter: Betonbehälter
Aktivitätsgrenzwert bzgl. Störfall für J-129 für
Abfallklasse I: $2,7 \times 10^9$ Bq

PTB-Bericht (ILLI 1981):

Abfallkategorie: W 323
Abfallart: MAW, Kesselluft- und Jodfilter
Herkunft: Wiederaufarbeitung
Fixierung: Beton
Behälter: 400 l Faß in EAB oder VBA
Aktivität für J-129: $2,1 \times 10^{10}$ Bq

Hieraus ergibt sich eine Überschreitung des Aktivitätsgrenzwertes des realen Inventars um eine Größenordnung für J-129.

Beispiel 2:

PTB-Plan: endzulagernde Abfallgebinde aus dem Betrieb von Kernkraftwerken
Abfallart: Kugelharze der Primärkühlmittel und Brennelementlagerbeckenreinigung
Behälter: Gußbehälter Betonbehälter
Fixierung: keine org. Fixierungsmittel
Aktivitätsgrenzwerte bzgl. Störfall für Abfallklasse I,
Abfallproduktgruppe 01
 für Co-60 $4,9 \times 10^{10}$
 Sr-90 $1,9 \times 10^9$

PTB-Bericht (ILLI 1981):

Abfallkategorie: K 331
Abfallart: MAW, Kugelharze aus der Primärkühlmittel und Lagerbeckenreinigung von Druckwasserreaktoren
Herkunft: Kernkraftwerk

Fazit

Für die Beurteilung der Ableitung von Aktivitätsgrenzwerten fehlen detaillierte Angaben. Insbesondere können die angegebenen Werte ohne die Kenntnis des einzulagernden Nuklidinventars nicht nachvollzogen werden. Die PTB verfügt über Datenblätter, die diese Angaben enthalten. Diese Datenblätter müssen für die Nachvollziehbarkeit der Aktivitätsgrenzwerte Gegenstand der Planfeststellungsunterlagen sein.

Diese ungenügend dokumentierte Datenbasis im PTB-Plan führt dazu, daß die Behandlung weiterer sicherheitsrelevanter Fragestellungen (z. B. Störfallanalysen, s. Kap. 6.1.1.4.) zum Teil nicht in dem erforderlichen Detaillierungsgrad abgehandelt werden können. Entsprechend sind die diesbezüglichen Aussagen im PTB-Plan hinsichtlich ihrer Belastbarkeit nicht in jedem Fall bewertbar.

3.3. Quellenverzeichnis zu Kapitel 3

- BRENNECKE, P., & WARNECKE, E. (1986): Erfassung und Charakterisierung von endzulagernden radioaktiven Abfällen.
- In: PTB-SE-8, Anforderungen an radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad und Produktkontrolle, April 1986.
- BERG, H. P. (1986): Vorgehensweise bei der Überprüfung der Anforderungen an Abfallgebinde aus den Sicherheitsanalysen. - In: PTB-SE-8, April 1986.
- EHRLICH, D. (1986): Ableitung von Anforderungen an Abfallgebinde aus der Sicherheitsanalyse des bestimmungsgemäßen Betriebs - Aktivitätsbegrenzungen -. In: PTB-SE-8, April 1986.
- ILLI, H. et al. (1981): Anforderungen an radioaktive Abfälle abgeleitet aus Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung.
-In: PTB-SE-5, Dezember 1981.

4. ABGABE RADIOAKTIVER STOFFE UND POTENTIELLE STRAHLENBELASTUNG IN DER UMGEBUNG IM BESTIMMUNGSGEMÄSEN BETRIEB

Nach § 45 StrlSchV muß eine kerntechnische Anlagen so geplant sein, daß im bestimmungsgemäßen Betrieb die Einhaltung festgelegter Grenzwerte für den Ganzkörper und für einzelne Organe nachgewiesen ist. Die Strahlenbelastung durch Radionuklide, die über Abluft oder Abwasser in die Umgebung emittiert werden, muß - da sie nicht direkt gemessen werden kann - durch Modellrechnungen ermittelt werden. Für den PTB-Plan werden diese beweisführenden Rechnungen, wie meist üblich, unter Verwendung der Modelle und Parametersätze der "Allgemeinen Berechnungsgrundlage" (ABG) (BMI 1979), einer Richtlinie zu §45 StrlSchV, durchgeführt. Ob dies in angemessener, die jeweiligen örtlichen Besonderheiten ebenso wie die Erweiterung des Wissensstandes berücksichtigender Weise geschehen ist, wird im folgenden untersucht.

4.1. Strahlenexposition durch Ableitung radioaktiver Stoffe mit den Abwettern

4.1.1. Beantragte Aktivitätsableitungen

Die Antragswerte für die jährliche Ableitung radioaktiver Stoffe aus den Abfällen mit den Abwettern sind in Tab. 3.4.7.1/1 des PTB-Plans aufgeführt, und zwar Aktivitäten für die vier Radionuklide Tritium (H3) , Kohlenstoff 14 (C14) , Jod 129 (I129)*

* Es ist zwar für die Beurteilung des PTB-Planes unerheblich, verdeutlicht aber die enorme Unsicherheit (um nicht zu sagen Beliebigkeit), mit der Schätzungen über Aktivitätsfreisetzung verbunden sind: Die im PTB-Plan beantragten Aktivitäten liegen für Tritium um den Faktor 500 (!), für C 14 um den Faktor 25 und für I 129 um den Faktor 34 höher als die von der GSF in ihrem Abschlußbericht (GSF 1982) abgeschätzten jährlichen Aktivitätsableitungen.

und Radon 222 (Rn222) sowie jeweils Summenwerte für alpha- und beta/gamma-Aerosole. Die Zusammensetzung der Aerosole wird angegeben, allerdings nicht in der üblichen Form Bq/a, sondern in Bq/Bq, was eine zusätzliche Umrechnung bedeutet.

Obwohl es sich unstrittig um Werte handelt, die auf der Basis von Abschätzungen gewonnen wurden, fällt doch beim Vergleich mit einer Veröffentlichung von ILLI & EHRLICH (1984) eine erhebliche Diskrepanz auf: Während sich die dort angegebenen potentiellen jährlichen Aktivitätsfreisetzungen für H 3, C 14 und I 129 in der gleichen Größenordnung wie die Antragswerte des PTB-Planes bewegen, soll die Ableitung von Ru 106 um zwei Größenordnungen höher liegen als im PTB-Plan beantragt ($7,4 \times 10^8$ Bq/a vs. $5,2 \times 10^6$ Bq/a). Es wäre zu prüfen, wodurch dieser Unterschied bedingt wird.

Weiterhin wird im PTB-Plan die vermutliche jährliche Freisetzung von Rn 222 und seinen Folgeprodukten aufgrund der natürlichen Radioaktivität des Gesteins ($1,9 \times 10^{12}$ Bq/a) aufgeführt. Allerdings ist die Angabe unvollständig, denn die Aktivität von Rn 220, die wegen des relativ hohen Th 232-Gehaltes des Gesteins nicht vernachlässigt werden darf, bleibt unberücksichtigt.

4.1.2. Ausbreitung radioaktiver Stoffe

Nach der ABG werden für Ausbreitungsrechnungen sogenannte Langzeitausbreitungsfaktoren verwendet, die die Verdünnung radioaktiver Emissionen in der Atmosphäre und ihre Ablagerung auf dem Boden beschreiben. Für die Abschätzung der Strahlenexposition sind diese Faktoren von grundlegender Bedeutung; besondere örtliche Verhältnisse sind zu berücksichtigen. Im PTB-Plan werden diese Faktoren mit Hilfe der Ausbreitungsklassenstatistik und Niederschlagswindrose der DWD-Station Braunschweig berechnet.

schweig-Völkenrode berechnet. Obwohl die Berechtigung einer Übertragbarkeit dieser Daten auf den Standort Konrad nicht Gegenstand dieser Begutachtung ist, so muß doch hier angemerkt werden, daß an der Übertragbarkeit begründete Zweifel bestehen:

Anhand des Vergleichs der Meßwerte verschiedener meteorologischer Parameter der seit Mitte 1978 arbeitenden Wetterstation Konrad mit denen der Wetterstation BS-Völkenrode ergeben sich laut GSF-Abschlußbericht "für die Station Konrad Abweichungen, deren Ursachen in der Lage zu den benachbarten Stahlwerken und eventuell auch in der landschaftlichen Umgebung zu suchen sind" (GSF 1982, S. A 2-48). "Daraus folgt, daß für eine klimatologische Beurteilung des Standortes Konrad die langjährigen Klimawerte der Wetterstation BS-Völkenrode nicht ohne Korrektur verwendet werden können" (GSF 1982, S. A 2-46).

Zur Berechnung der Strahlenbelastung nach den Modellen der ABG werden folgende Langzeitfaktoren benötigt: Ausbreitungsfaktor zur Bestimmung der Luftkontamination, Ausbreitungsfaktor für γ -Submersion für die Bestrahlung aus der Abluftfahne, Falloutfaktor zur Bestimmung der trockenen Ablagerung auf dem Boden und Washoutfaktor zur Bestimmung der Ablagerung durch Niederschläge.

- Der Langzeitausbreitungsfaktor $\overline{\chi}$ ist im PTB-Plan angegeben (zur Problematik seiner korrekten Ableitung vergl. Batelle-Gutachten).
- Der Ausbreitungsfaktor für γ -Submersion wird im PTB-Plan nicht angegeben. Damit kann der Expositionspfad "äußere Strahlenexposition durch γ -Strahlung aus der Abluftfahne" nicht berechnet werden. Auch wenn zu erwarten ist, daß der Beitrag dieses Expositionspfades sehr gering sein wird (noch nicht einmal dieser Hinweis findet

sich im PTB-Plan), so ist das Fehlen von Angaben dazu ein Mangel.

- Im PTB-Plan wird nur ein Wert für den Langzeitwashoutfaktor \bar{W} aufgeführt. Es wurde folglich nicht, wie behauptet, nach der ABG gerechnet. Neben standortspezifischen Parametern wie z. B. der Niederschlagsrate oder der mittleren Windgeschwindigkeit in Emissionshöhe geht nämlich in die Bestimmung von \bar{W} eine sog. Proportionalitätskonstante ein, die nach ABG für Aerosole und Jod einen um den Faktor 5 unterschiedlichen Wert besitzt. Mit welchem Wert für die nässe Deposition der Langzeitwashoutfaktor des PTB-Plans berechnet worden ist, läßt sich nicht ohne weiteres erkennen. Eine Begründung für dieses willkürliche Abweichen von der ABG wird nicht gegeben.

Es sei darauf hingewiesen, daß der in der ABG aufgeführte Wert für die Proportionalitätskonstante von Aerosolen nicht den neuesten Stand der Wissenschaft wiederspiegelt; aus diesem Grund rechnet z. B. die Gutachter-ARGE im Radioökologie-Gutachten für die Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf mit einem etwa 3fach höheren Wert (ARGE 1985, S. 5-26).

- Die Ablagerungsgeschwindigkeit v_g (zur Bestimmung des Falloutfaktors) ist nach der ABG lediglich eine Funktion der Nuklidart. Tatsächlich hängt v_g jedoch vom Teilchendurchmesser sowie von einer Reihe meteorologischer und Standortgegebenheiten ab. So wurde z. B. in der Umgebung der Kernforschungsanlage Karlsruhe eine um den Faktor 16 gegenüber ABG erhöhte Ablagerungsgeschwindigkeit für Aerosole gefunden; diese Abweichung wird wesentlich auf die Rauchgasemissionen eines nahegelegenen Industriegebietes zurückgeführt: die (kleinen) Aerosole aus der Abluft der WAK lagern sich an die größeren Träger-

aerosole an und werden deshalb mit einer höheren Depositionsgeschwindigkeit auf dem Erdboden abgelagert (SCHÜTTELKOPF 1986).

Im PTB-Plan wird dieser Sachverhalt, der zu einer höheren Strahlenbelastung in der Umgebung der Schachtanlage führen kann, nicht berücksichtigt; standortspezifische Erhebungen wurden nicht durchgeführt. Der Mangel wiegt umso schwerer, als es sich bei der Umgebung von Schacht Konrad um ein mit konventionellen Schadstoffen hochbelastetes Gebiet handelt.

Auch für die Depositionsgeschwindigkeit von elementarem Jod wird in der ABG mit 1 cm/s ein zu kleiner Wert vorgeschrieben. Aufgrund einer umfangreichen Versuchsreihe empfehlen HEINEMANN & VOGT (1980) einen Wert von 2 cm/s für die Ablagerung auf trockene Vegetation; unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Vegetationsoberfläche häufig feucht ist, schlagen sie einen durchschnittlichen Wert von 3 cm/s vor.

Diese unveränderte Übernahme der AGB-Vorgaben für die Deposition von Radionukliden im PTB-Plan führt zu einer Unterschätzung der potentiellen Strahlenexposition.

4.1.3. Transferfaktoren und weitere Annahmen

Bei der Berechnung der Ingestionsdosis werden im PTB-Plan (Kap. 3.4.7.) keine standortspezifischen Transferfaktoren Boden-Pflanze verwendet. Die Transferfaktoren der ABG schätzen wahrscheinlich die Verhältnisse für die nährstoff- und ertragreichen Böden des Standortgebietes konservativ ab. Ob dies auch zutrifft für sandige Böden, die z. B. nördlich des Mittellandkanals vorzufinden sind, kann anhand der Unterlagen nicht beurteilt werden.

Bei der Berechnung der Ingestitionsdosis durch Tritium vernachlässigt die ABG eine Kontamination der Vegetation durch Washout. Dies kann zu einer Unterschätzung des Tritiumgehaltes der Pflanzen und damit der Ingestionsdosis führen, wird jedoch im PTB-Plan nicht berücksichtigt.

Weiterhin sei darauf hingewiesen, daß die in der ABG aufgeführten Transferfaktoren zur Ermittlung der Tritium- und C-14-Aktivität in Milch und Fleisch zu niedrig sind; aus diesem Grund wäre es angemessener gewesen, die höheren Transferfaktoren aus der Störfallberechnungsgrundlage (BMI 1983) zu verwenden.

4.1.4. Die Strahlenbelastung an der ungünstigsten Einwirkungsstelle

Im PTB-Plan (Kap. 3.4.7.1) wird die Strahlenexposition in der Umgebung des geplanten Endlagers anhand zweier Sätze von Dosisfaktoren berechnet: (1) nach der Allgemeinen Berechnungsgrundlage zu § 45 StrlSchV (BMI 1979), der zur Zeit gültigen Verwaltungsvorschrift und (2) nach ICRP 30, einer Veröffentlichung, in der die Internationale Strahlenschutzkommission neue Stoffwechselmodelle und Parameter sowie Dosisfaktoren zur Berechnung der Strahlenbelastung von beruflich strahlenexponierten Personen empfiehlt.

Die nach ICRP 30 ermittelten Dosisfaktoren sollen nach der Novellierung der Strahlenschutzverordnung auch in der Bundesrepublik Verwendung finden. Eine direkte Übernahme ist allerdings nicht geplant. Vielmehr wurden vom Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes Dosisfaktoren für unterschiedliche Altersgruppen (Kinder und Jugendliche sowie Erwachsene) errechnet, die teilweise von den ICRP-30-Angaben abweichen (ISH 1985 a, ISH 1985 b). Es ist unverständlich, daß

der PTB-Plan statt dieser Dosisfaktoren, die nach der zukünftigen Strahlenschutzverordnung gültig sein werden, diejenigen aus ICRP 30 verwendet, zumal auf diese Weise keine Abschätzung für Kleinkinder möglich ist.

In den Tabellen 3.4.7.1/3 bis /8 des PTB-Plans wird die potentielle Strahlenexposition infolge Ableitung radioaktiver Stoffe aus den Abfällen mit den Abwettern ausgewiesen. Es würde eine Beurteilung und das Auffinden von (wenn auch meist geringen*) Differenzen zu eigenen Rechnungen erleichtern, wenn diese Tabellen vollständig wären, d. h. sämtliche Radionuklide und ihre jeweiligen Beiträge über alle Expositionspfade zur Ganzkörper- bzw. Organdosis aufführten, und zwar sowohl für Erwachsene als auch für Kleinkinder.

Auf welche Weise der Beitrag von Rn 222 zur Strahlenexposition berechnet worden ist, kann nicht nachvollzogen werden, denn in der ABG existieren dafür keine Dosisfaktoren, und für die Berechnung nach ICRP 30 oder ICRP 32 fehlt die Angabe des verwendeten Gleichgewichtsfaktors oder der Konzentrationen der relevanten Tochternuklide. Weiterhin kann aufgrund fehlender Angaben nicht beurteilt werden, ob Rn 220 unberücksichtigt bleiben darf.

4.2. Abgabe radioaktiver Stoffe mit den Abwässern und potentielle Strahlenexposition in der Umgebung

4.2.1. Beantragte Aktivitätsableitungen

Die Antragswerte für die jährliche Aktivitätsableitung mit dem Abwasser, resultierend aus dem Umgang mit radioaktiven Ab-

* Wenn auch nur von untergeordneter Bedeutung, so soll doch angemerkt werden, daß der Beitrag der Inhalation zur Ganzkörper- und Schilddrüsendiffusionsdosis in Tab. 3.4.7.1/5 PTB-Plan mit 0,02 mrem/a bzw. 0,006 mrem/a falsch ausgewiesen wird: allein durch Inhalation von Tritium errechnen sich jeweils 0,1 mrem/a.

fällen, sind in Tabelle 3.4.7.2/1 des PTB-Plans aufgeführt. Allerdings lassen sich die Antragswerte anhand der Unterlagen nicht rekonstruieren. So werden $7,4 \times 10^{12}$ Bq Tritium pro Jahr beantragt, obwohl nach "konservativer" Abschätzung (PTB-Plan S. 3.4.7-10) nur mit etwas mehr als der Hälfte, nämlich $4,5 \times 10^{12}$ Bq/a in den Grubenwässern zu rechnen ist und andere Tritiumquellen nicht genannt werden. Gleiches gilt für das Nuklidgemisch aus α - und β/γ -Strahlern: beantragt werden $7,4 \times 10^8$ Bq/a, von denen nur $4,3 \times 10^7$ Bq (aus Grubenwässern) und $3,7 \times 10^8$ Bq (als Folge von Dekontaminations- und Reinigungsmaßnahmen) belegt sind. Hier stellt sich die Frage, ob der Antragsteller seinen eigenen Abschätzungen so wenig Glauben schenkt, daß er vorsichtshalber fast doppelt so hohe Aktivitätsableitungswerte beantragt.

Die Zusammensetzung des mit dem Abwasser abgeleiteten Radio-nuklidgemisches (Tab. 3.4.7.2/2 PTB-Plan) wird nicht in Bq/a, sondern - wenig "benutzerfreundlich" - in Bq/Bq angegeben. Zudem verwirrt die Aufführung des Radon-Folgeproduktes Pb 210 in einer Tabelle, die ihrer Zielsetzung nach die Aktivitäten im Zusammenhang mit der Handhabung der radioaktiven Abfälle auflistet.

4.2.2. Natürliche radioaktive Stoffe in den Grubenwässern

Die natürliche Aktivität der Grubenwässer beträgt laut PTB-Plan (Kap. 3.4.7.2) ca. $8,4 \times 10^8$ Bq/a für Betastrahler und ca. $1,1 \times 10^9$ für Alphastrahler. Als Quelle nennt der Plan den GSF-Abschlußbericht, S. D 4-55. Mit den dort angegebenen Konzentrationen und der Annahme von 15.000 m³/a Wasser aus der Grube ergeben sich die genannten Werte.

Es ist allerdings zu beachten, daß die Werte im GSF-Bericht auf Daten aus dem zusammenfassenden Zwischenbericht der EGT

(1980) ("F+E-Programm zur Eignungsprüfung der Schachtanlage für die Einlagerung radioaktiver Abfälle") beruhen und deshalb als "erste Messungen" bezeichnet werden, die lediglich einen Überblick über die Größenordnungen geben.

Dieser Rückgriff im PTB-Plan auf ältere Messungen mit vorläufigem Charakter ist unverständlich. Es liegen nämlich sehr wohl neuere Daten vor, die auch im Plan im Kapitel 3.1.8.2.4. ("Radiologische Grundbelastung der Grubenwässer") aufgeführt werden. Allerdings sind die dort in Tabelle 3.1.8.2.4/2 genannten Aktivitätskonzentrationen nicht in Übereinstimmung zu bringen mit den auf S. 3.4.7-11 genannten "alten" Daten. So erreicht z. B. die Konzentration der Alpha-Strahler selbst im Sumpf von Schacht 2 (der Stelle mit der höchsten Konzentration von natürlichen Radionukliden) nicht den im GSF-Bericht genannten Wert von ca. $7,4 \times 10^4$ Bq/m³.

Ebenfalls mit den GSF-Werten nicht kompatibel sind die Angaben auf S. 3.4.7-13 des PTB-Plans, daß "nach Messungen" (die nicht dokumentiert werden) jährlich $1,0 \times 10^8$ Bq Radionuklide der Thorium-Reihe und $6,5 \times 10^7$ Bq der Uran-Reihe mit den Grubenwässern abgeleitet werden. Die Differenz von $1,8 \times 10^9$ Bq/a wird nicht diskutiert. Zwar stimmen die Angaben auf S. 3.4.7-13 zumindest in der Größenordnung mit den in Tab. 3.1.8.2.4/2 angegebenen Werten überein. Aufgrund der Abweichungen muß jedoch festgestellt werden, daß die in der Strahlenschutzverordnung verlangte Bilanzierung mit den im Plan angegebenen Daten nicht möglich ist.

4.2.3. Ausbreitung im Vorfluter

Die radioaktiven Abwässer aus Konrad werden in die Kläranlage von P+S geleitet, die heutzutage den eigentlichen Ursprung der Aue darstellt. Da die Nuklidkonzentration im Fließgewässer als

Ausgangswert in alle Berechnungen zur Strahlenexposition durch die Ableitung radioaktiver Abwässer eingeht, ist die Abflußmenge des Vorfluters eine entscheidende Größe. Die im Text genannten mittleren Abflußmengen von 0,4 - 0,7 m³/s in den Jahren 1974 bis 1982 werden nicht dokumentiert. Es bleibt unklar, ob diese Angaben dem mittleren Abfluß MQ entsprechen; Ursachen, Dauer und Zeitpunkt des Auftretens der Schwankungen werden weder dargestellt noch diskutiert. Die Annahme, zur Ermittlung der Strahlenbelastung von einer Abflußmenge von 0,5 m³/s auszugehen, wird nicht belegt.

Eine homogene Durchmischung der abgeleiteten Radionuklide mit dem abfließenden Wasser wird "unterstellt". Es erfolgt jedoch kein Hinweis darauf, daß eine schnelle und vollständige Durchmischung sichergestellt ist.

4.2.4. Strahlenexposition durch Abwasser

Die Behauptung, die Berechnung der Strahlenbelastung in der Umgebung der Schachtanlage Konrad erfolge nach der Allgemeinen Berechnungsgrundlage des BMI (BMI 1979), ist nicht ganz zutreffend. Nach der ABG muß nämlich für den Expositionspfade "Beregnung" der mittlere Abfluß für das Sommerhalbjahr verwendet werden. Es fehlt die Begründung, warum hier von der ABG abgewichen werden konnte.

Standortspezifische Parameter, z. B. Konzentrationsfaktoren für Fischfleisch oder Anreicherungsfaktoren für den Radionuklidübergang vom Wasser in das Sediment, sind nicht verwendet worden. Ob dies angemessen ist, kann wegen fehlender Angaben nicht beurteilt werden.

Im PTB-Plan wird festgestellt, daß "Überschwemmungsgebiete im Aue-Bereich nicht bekannt sind" (PTB-Plan S. 3.2.7-1). Wenn

sie auch den Erstellern des PTB-Plans nicht bekannt sein mögen, so sind sie gleichwohl vorhanden: Laut PTB (1986) existiert im Verlauf der Aue nördlich von Vechelde ein Überschwemmungsgebiet. Die Nichtberücksichtigung der Strahlenexposition durch abgelagerte Sedimente ist folglich nicht gerechtfertigt.

Im PTB-Plan wird auch die Strahlenexposition infolge der Ableitung von natürlich vorkommenden Radionukliden aufgelistet (Tab. 3.4.7.2/9 und /10). Die berechneten Äquivalentdosen sind jedoch nicht nachzuvollziehen, da jeglicher Hinweis darauf fehlt, welches Nuklidgemisch und welche jeweiligen Aktivitäten den Berechnungen zugrunde gelegt worden sind.

Insgesamt bleibt festzuhalten, daß laut PTB-Plan bei der Ableitung radioaktiver Stoffe im bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers die Grenzwerte des § 45 StrlSchV eingehalten werden. Aufgrund fehlender Angaben, nicht belegter Annahmen, Nichtbeachtung örtlicher Besonderheiten und Umstände sowie Nichtberücksichtigung neuerer Forschungsergebnisse läßt sich jedoch nicht beurteilen, ob diese Einhaltung der Grenzwerte tatsächlich gewährleistet ist.

4.3. Quellenverzeichnis zu Kapitel 4

- ARGE (1985): Gutachter-ARGE Wiederaufarbeitungsanlage Bayern: Gutachten für das atomrechtliche Genehmigungsverfahren über die Sicherheit der Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf, Radioökologiegutachten, 2. Statusbericht.
- BMI (1979): Der Bundesminister des Innern: Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer (Richtlinie zu § 45 StrlSchV). GMBI 21 (1979), S. 371-435; Berichtigung GMBI 30 (1980), S. 576-577; Berichtigung und Änderung GMBI 33 (1982), S. 737-737; Berichtigung und Änderung GMBI 19 (1985), S. 380-383.
- BMI (1983): Der Bundesminister des Innern: Störfallberechnungsgrundlagen für die Leitlinien des BMI zur Beurteilung der Auslegung von Kernkraftwerken von DWR gemäß § 28 Abs. 3 StrlSchV. Bundesanzeiger 35 Nr. 245a (1985), S. 11-24.
- EGT (1980): F+E Programm zur Eignungsprüfung der Schachtanlage für die Einlagerung radioaktiver Abfälle, Zusammenfassender Zwischenbericht, Entwicklungsgemeinschaft Tief;lagerung.
- ICRP 30 (1979-1981): International Commission on Radiological Protection: Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publication 30, Part 1. Annals of the ICRP, Vol. 2, No. 3/4, 1979; ICRP Publication 30, Supplement to Part 1. Annals of the ICRP, Vol. 3, No. 1-4, 2979; ICRP Publication, Part 2, Annals of the ICRP, Vol 4, No. 4/4, 1980; ICRP Publication 30, Supplement to Part 2. Annals of the ICRP, Vol. 5, No. 1-6, 1981.
- ILLI, H. & EHRLICH, D. (1984): Strahlenschutz und Radioökologie der Endlagerung. - Atomkernenergie/Kerntechnik, 44, S. 127-131.
- ISH (1985 a): Noßke, D., Gerich, B. und Langner, S., Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionukliden (Erwachsene), ISH-Heft 63, Neuherberg.
- ISH (1985 b): Henrichs, K. et al.: Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionukliden (Altersklasse 1 Jahr), ISH-Heft 78, Neuherberg.
- GSF (1982): Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH: Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, Abschlußbericht GSF-T 136, München.

HEINEMANN, K. & VOGT, K. J. (1980): Measurement of the Deposition of Iodine onto Vegetation and of the Biological Half-life of Iodine on Vegetation. - Health Physics, 39, S. 463-474.

PTB (1986): Physikalisch-Technische Bundesanstalt: Jahresbericht 1985, Braunschweig.

SCHÜTTELKOPF, H. (1986): Stellungnahme zum Schriftsatz des Rechtsanwalts W. Baumann vom 14.03.86 in der Verwaltungsstreitsache Otto Lins u. a. wegen der 1. Teilgenehmigung zur Errichtung der Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf betreffend sachliche Vorbringungen aufgrund von Arbeiten des Kernforschungszentrums Karlsruhe. - Anlage zum Schreiben der Landesanhaltsschaft Bayern vom 19.9.1986 an den Vorsitzenden des 22. Senats beim Bayer. Verwaltungsgerichtshof München.

5. STRAHLENSCHUTZ DES BETRIEBSPERSONALS ÜBER UND UNTER TAGE IM BESTIMMUNGSGEMÄSSEN BETRIEB

5.1. Strahlenexposition des Betriebspersonals durch den Umgang mit radioaktiven Abfällen

Eine Strahlenbelastung des Betriebspersonals wird vor allem durch die Strahlung der Abfallgebinde (Direkt- und Streustrahlung) verursacht sowie durch Inhalation von Radionukliden, die aus den Abfallgebinden bzw. nicht festhaftender Oberflächenkontamination freigesetzt werden.

Für den Betrieb des Endlagers gelten laut PTB-Plan zwei Planungsvorgaben hinsichtlich der Strahlenbelastung im bestimmungsgemäßen Betrieb:

- (1) Die mittlere Personendosis aller im Kontrollbereich tätigen Personen durch Handhabung der Abfallgebinde soll 5 mSv/a (500 mrem/a) nicht überschreiten.
- (2) Für jede beruflich strahlenexponierte Person soll die Dosis durch Inhalation auf ca. 0,5 mSv/a (50 mrem/a) beschränkt werden.

Die Einhaltung des Planungsrichtwertes (1) soll durch technische und administrative Maßnahmen wie entsprechende Annahmebedingungen, Abschirmung, Abstandhaltung (Fernbedienung, Automatisierung) und Begrenzung der Aufenthaltszeit in den Strahlungsfeldern der Abfallgebinde gewährleistet werden.

Die Beschränkung der Inhalationsdosis (2) soll durch geeignete Abfallkonditionierung, Begrenzung der pro Jahr einzulagernden Aktivität sowie durch sonstige technisch-organisatorische Strahlenschutzmaßnahmen geschehen.

Die Höhe des Planungsrichtwertes von 5 mSv/a wird im PTB-Plan nicht begründet. Es läßt sich jedoch vermuten, daß dieser Wert gewählt wurde, weil nach ICRP 26 bei einer mittleren Dosis von 5 mSv/a das durchschnittliche Risiko von strahlenexponierten Beschäftigten mit dem Risiko in anderen sicheren Industriezweigen vergleichbar ist (ICRP 1977, Art. 100).*

Allerdings handelt es sich bei der Planungsvorgabe um einen mittleren Wert; die direkt mit der Einlagerung der Abfälle beschäftigten Personen erhalten laut PTB-Plan (z. B. S. 3.4.6-10) Individualdosen, die sich an den Grenzwerten des § 54 StrlSchV orientieren: bei Dauereinrichtungen sollen 10 mSv/a (1 rem/a) nicht überschritten werden. Ihr individuelles Strahlenrisiko ist folglich, verglichen mit dem Durchschnitt aller im Kontrollbereich Arbeitenden, etwa doppelt so hoch.

5.1.1. Abschätzung der Strahlenbelastung im Kontrollbereich durch äußere Bestrahlung

Zur Abschätzung der Individual- und Kollektivdosis des Betriebspersonals durch Direkt- und Streustrahlung sind folgende Angaben erforderlich:

- (1) Dosisleistung an den verschiedenen Arbeitsplätzen
 - (2) Abschirmfaktoren
 - (3) Aufenthaltsdauer in den Strahlungsfeldern
 - (4) Anzahl der Beschäftigten.
-

* In ICRP 27 wird der Versuch unternommen, diesen Ansatz zu quantifizieren. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß sich - ausgehend vom Ansatz der ICRP - unter Berücksichtigung des heutigen Wissensstandes über die Wirkung ionisierender Strahlung wesentlich niedrigere Grenzwerte für Einzelpersonen ergeben: bei einer Jahresdosis von ca. 1 mSv (100 mrem) für einen 20jährigen Mann bzw. von ca. 2 mSv bei einem über 45 Jahre alten Mann wird die Gefährdung durch berufliche Strahlenbelastung in einer Größenordnung begrenzt, die vergleichbar ist mit den Gefahren im Bereich der chemischen Industrie oder den Büroberufen (DBG 1986, S. II.2-2).

Zu (1): Die Angaben im PTB-Plan zur Ortsdosis beschränken sich auf wenige Punkte: Die nach den international gültigen Transportvorschriften maximal erlaubten 10^{-4} Sv/h (10 mrem/h) in 1 m Entfernung von der Oberfläche von zylindrischen Abfallgebinden bzw. in 2 m Entfernung von Containern werden unterstellt. Dieser Wert soll auch in 2 m Abstand von einer Tauschpalette gelten. Für Arbeiten "in großer Entfernung von Strahlenquellen" werden 10^{-6} Sv/h (0,1 mrem/h) angenommen. Ansonsten heißt es lapidar: "Die Strahlenfelder sind für Arbeitsplätze über und unter Tage mit anerkannten Verfahren und Programmen ermittelt worden." (S. 3.4.6-9 PTB-Plan).

Diese Art der Darstellung ist völlig unzulänglich und ermöglicht keine Beurteilung. Das Kapitel 3.4.6.1 des PTB-Plans, dessen Titel "Bestimmung der Dosisleistung von Abfallgebinden" detailliertere Informationen verspricht, besteht aus 1,5 (!) Seiten "kerntechnischer Prosa" z. B. über den prozentualen Anteil der Streustrahlung an der Gesamtstrahlenbelastung unter Tage oder die Abhängigkeit der Dosisleistung von der Winkelflußverteilung an der Gebindeoberfläche. Die Methodik des Vorgehens zur Ermittlung der Strahlungsfelder an den verschiedenen Arbeitsplätzen wird jedoch nicht erläutert, ebensowenig wie die Rechenannahmen; die Ergebnisse der Rechnungen werden in zusammenhangloser Form nur sehr partiell präsentiert. Quellennachweise fehlen völlig.

Es ist nicht nachzuvollziehen, mit welcher Ortsdosisleistung an den jeweiligen Arbeitsplätzen im PTB-Plan die Strahlenbelastung des Personals abgeschätzt worden ist.

Zu (2): Die zur Einhaltung der Dosisgrenzwerte des § 54 StrlSchV erforderlichen Abschirmfaktoren an den Dauerarbeitsplätzen, an denen mit einer Strahlenexposition von mehr als 10 mSv/a (1 rem/a) zu rechnen ist, werden in Tab. 3.4.6.3/1 des PTB-Plans angegeben.

Da zur Ermittlung der erforderlichen Abschirmmeinrichtungen (z. B. an den Transport- und Einlagerungsfahrzeugen) ebenfalls die Kenntnis der Ortsdosisleistung in der Nähe der Abfallgebinde erforderlich ist, sind die Abschirmfaktoren der o. a. Tabelle nicht nachzuvollziehen.

Zu (3): Die Dauer der verschiedenen Tätigkeiten in den Strahlungsfeldern der Abfallgebinde ist laut PTB-Plan S. 3.4.6-8 "ermittelt" worden. Es erfolgt jedoch keine Darstellung von Ergebnissen dieser Ermittlung. Somit ist ein Nachvollziehen der abgeschätzten Strahlenexposition - in Abhängigkeit von der Dosisleistung in der Umgebung der Abfallgebinde und der Aufenthaltsdauer in ihrer Nähe - nicht möglich.

Zu (4): Die Anzahl der Personen, die unmittelbar mit der Einlagerung des radioaktiven Abfalls beschäftigt sind, wird mit 21 pro Schicht angegeben. Daneben sollen sich jedoch noch mindestens 100 weitere Personen, die nicht unmittelbar mit der Einlagerung zu tun haben, im Kontrollbereich aufhalten (S. 3.4.6-10 PTB-Plan). Es bleibt völlig unklar, womit diese mindestens 100 weiteren Personen beschäftigt sind. Da hierzu keine Angaben im PTB-Plan enthalten sind, bestehen erhebliche Zweifel, ob diese Zahl den tatsächlichen Gegebenheiten in der Praxis entsprechen wird.

Individualdosis

Laut Tab. 3.4.6.3/1 des PTB-Plans liegen die maximalen jährlichen Personendosen der 21 unmittelbar mit der Einlagerung beschäftigten Personen unter Berücksichtigung der Abschirmungen zwischen 1,6 und 39 mSv (0,16 und 3,9 rem). Bei den Tätigkeiten, für die eine Automatisierung oder Abschirmung nicht sinnvoll möglich ist, soll durch Ablösung von Personal sichergestellt werden, daß 10 mSv/a (1 rem/a) nicht überschritten werden - eine Maßnahme, die nicht nur sorgfältige Ausbildung und

Beaufsichtigung der Beschäftigten erfordert, sondern auch eine hinreichende exakte Personendosimetrie. Für alle anderen Personen wird eine jährliche Dosis von 1,6 mSv angenommen – eine Angabe, die sich anhand des PTB-Plans nachvollziehen läßt: 1600 h Aufenthalt bei einer Ortsdosisleistung von 10^{-6} Sv/h (0,1 mrem/h).

Ob diese Angabe jedoch so allgemein zutreffend ist, kann nicht beurteilt werden (der Arbeitsplatz dürfte z. B. nicht näher als 10 m vor einem zylindrischen Abfallgebinde oder 20 m vor einem Container sein).

In diesem Zusammenhang sei angemerkt, daß die amtlichen γ -Filmdosimeter (vergl. S. 3.4.8-13 des PTB-Plans) nur begrenzt in der Lage sind, die tatsächlich auftretenden Strahlenfelder hinreichend genau zu erfassen. Dies gilt insbesondere bei niedrigen Dosiswerten. So gibt es "eindeutige Hinweise darauf, daß die Angabe einer unteren Nachweisgrenze von 0,1 mSv ... i. a. unrealistisch und damit irreführend ist. Eine ausreichende, wenngleich nicht befriedigende Meßsicherheit wird erst oberhalb von etwa 0,5 ... 1 mSv/Monat erreicht" (DGB 1986, S. I.4.3.-1). Bei einer jährlichen Strahlenbelastung von 1,6 mSv müßte die Nachweisgrenze der Dosimeter unter 0,2 mSv/Monat liegen.

Weiterhin muß beachtet werden, daß bei Bestrahlung von hinten die übliche Personendosismessung (Trageort Brust) nicht ausreicht. Im PTB-Plan wird diese Problematik nicht angesprochen.

In jedem Fall stellt sich jedoch die Frage, ob nicht eine Reihe von Personen mit mehr als 1,6 mSv/a belastet werden, auch wenn sie von der PTB nicht zu den unmittelbar mit der Einlagerung Beschäftigten gerechnet werden.

Dazu gehören u. a. folgende Personen bzw. Tätigkeiten:

- Mitglieder der Grubenwehr. Nach Kap. 3.2.3.3.3 des PTB-Plans "ist administrativ sichergestellt, daß bei Handhabungen von Abfallgebinden am Füllort und in den Entladekammern mindestens ein Mitglied der Grubenwehr anwesend ist";
- Meßpersonal, das die Bedarfsüberwachung z. B. bei Wartungs- und Reparaturarbeiten durchführt;
- Reparaturen von Abfallgebinden, die nicht den Einlagerungsbedingungen entsprechen (mittelschwere Fälle);
- Sonderbehandlung/Nachbehandlung im Sonderbehandlungsraum (schwere Fälle);
- Inspektionen, Wartungen und Instandsetzungen von Fahrzeugen, Maschinen und Anlagen;
- Arbeiten in Labor und Wäscherei.

Für die 21 unmittelbar mit der Einlagerung beschäftigten Personen nennt der PTB-Plan eine mittlere Personendosis von 9 mSv/a (0,9 rem/a). Bezogen auf das gesamte Kontrollbereichspersonal, also 21 + mindestens 100 Personen, soll sich dann eine mittlere Personendosis von 4,2 mSv/a ergeben (S. 3.4.6-10 PTB-Plan). Damit würde der Planungsrichtwert von 5 mSv/a eingehalten bzw. unterschritten. Dies ist jedoch nur möglich durch die große Anzahl "sonstiger" Personen im Kontrollbereich. Solange nicht nachgewiesen ist, daß diese sich tatsächlich dort aufhalten, ist die Vermutung nicht ausgeräumt, daß die Einhaltung des Planungsrichtwertes nur durch Rechenoperationen zu erreichen ist.

Es bleibt insgesamt festzuhalten, daß es aufgrund fehlender bzw. mangelhafter Unterlagen nicht nachprüfbar ist, ob der Planungsrichtwert der PTB für den Betrieb des Endlagers (5 mSv Ganzkörperdosis pro Jahr durch Direkt- und Streustrahlung) eingehalten wird.

5.1.2. Strahlenbelastung durch Inhalation

Um die jährliche Inhalationsdosis auf 0,5 mSv (50 mrem) zu begrenzen, sollen eine Reihe von administrativen, konstruktiven und technischen Maßnahmen ergriffen werden (S. 3.4.6-6f des PTB-Plans). Ob diese Maßnahmen auch an solchen Arbeitsplätzen ausreichen, an denen die Gefahr einer Inkorporation erhöht ist (z. B. im Strahlenschutzlabor, im Sonderbehandlungsraum oder allgemein bei Dekontaminationsarbeiten), kann anhand des PTB-Plans nicht beurteilt werden.

Regelmäßige Inkorporationskontrollen sollen nicht durchgeführt werden. Dies ist unzureichend, und zwar aus folgenden Gründen: Es gibt Arbeitsplätze mit erhöhten Inkorporationsgefahren; weiterhin erfordern viele Strahlenschutzmaßnahmen, wie z. B. die Begrenzung der Aufenthaltszeit an Arbeitsplätzen in kontaminierten Abwettern unter Tage, sorgfältige Überwachung, die im Routinebetrieb möglicherweise nicht ständig geleistet werden kann. Aufgrund der mangelnden Erfahrung mit derartigen Betriebsabläufen in einem Endlager für radioaktive Abfälle kommt einer regelmäßigen Inkorporationskontrolle deshalb eine besondere Bedeutung bei.

5.1.3. Betrieblicher Überwachungsbereich

Im PTB-Plan (S. 3.4.6-14f) werden lediglich die zum betrieblichen Überwachungsbereich zählenden Anlagen und Gebäudeteile aufgeführt. Das genügt nicht den Anforderungen der Strahlenschutzverordnung. Beim betrieblichen Überwachungsbereich handelt es sich immerhin um einen Strahlenschutzbereich mit Zugangsbeschränkung, in dem die Ortsdosis oder -leistung überwacht werden muß. Die Individualdosis darf maximal 5 mSv/a (500 mrem/a) betragen, bei beruflich Strahlenexponierten sogar 15 mSv/a (vgl. dagegen den Planungsrichtwert der PTB von

5 mSv/a mittlere Dosis im Kontrollbereich). Dies bedeutet, daß die Strahlenexposition im betrieblichen Überwachungsbereich theoretisch sogar höher sein könnte als laut PTB-Plan für den Kontrollbereich geplant ist.

Im PTB-Plan werden die für diesen Bereich notwendigen Strahlenschutzmaßnahmen wie z. B. Zugangskontrollen nicht aufgeführt; auch die potentielle Strahlenexposition der dort Beschäftigten durch Direktstrahlung und Skyshine wird nicht abgeschätzt.

5.2. Strahlenbelastung des Betriebspersonals durch natürliche radioaktive Stoffe (Radiologische Grundbelastung im Grubengebäude)

Im Zuge der Beweissicherungsmaßnahmen wurde in den vergangenen Jahren der radiologische Ist-Zustand der Grube Konrad erforscht. Wegen des Vorkommens der langlebigen Radionuklide Thorium 232 und Uran 238 (von Bedeutung als Mutternuklide von zwei natürlichen Zerfallsreihen) im Eisenerz kann eine Strahlenbelastung des Betriebspersonals durch natürliche radioaktive Stoffe auf drei Wegen geschehen: Direktstrahlung, Inhalation von Eisenerzstaub sowie Inhalation der flüchtigen Radionuklide Radon 222 und Radon 220 einschließlich ihrer kurzlebigen Folgeprodukte.

Die Untersuchungen der GSF (GSF 1982, B 2-28) hinsichtlich der Konzentrationen von Thorium 232 und Uran 238 im Gestein sind im Plan korrekt zitiert. Allerdings ist GSF (1982) insofern vollständiger, als dort noch weitere wichtige (Tochter-)Nuklide wie z. B. Ra 226 aufgeführt werden, die als Gase bzw. Aerosole zu einer Strahlenbelastung führen können.

5.2.1. Ortsdosisleistung

Infolge der natürlichen Radioaktivität des Gesteins sind die Ortsdosisleistungen im Grubengebäude meist etwas höher als über Tage. Den in Tabelle 3.1.8.2.1/1 des PTB-Plans zitierten Meßwerten aus GSF (1982) zufolge liegen sie zwischen 7,5 und 18 mikrorem/h, d. h. ca. 20 mrem/a bei 1200 Arbeitsstunden unter Tage. Davon abgesehen, daß diese Meßwerte nicht - wie im PTB-Plan behauptet - im GSF-Abschlußbericht aufgeführt sind, ist es wenig einsichtig, daß gerade diese Tabelle in den Plan aufgenommen wurde, denn die "Direktstrahlung" führt zu einer sehr geringen Strahlenbelastung, verglichen mit anderen Expositionspfaden, die trotz ihrer Relevanz ohne angemessene Darstellung von Meßergebnissen oder Dosisberechnungen behandelt werden (s. u.). Der Eindruck, daß durch diese Betonung der (geringen) Dosis infolge Direktstrahlung von wesentlicheren Expositionspfaden abgelenkt werden soll, ist nicht von der Hand zu weisen.

5.2.2. Konzentration von Radon und seinen Folgeprodukten in den Grubenwätern und daraus resultierende Strahlenexposition

Den wesentlichen Beitrag zur natürlichen Strahlenbelastung des Betriebspersonals unter Tage liefert die Inhalation der Edelgase Radon 220 und Radon 222 bzw. ihrer Folgeprodukte. Die Behandlung dieses Problems im PTB-Plan ist jedoch völlig unzureichend und ermöglicht keine Beurteilung.

Es wird auf S. 3.2.8-27 behauptet: "Die Rn 222-Konzentrationen an frischbewetterten Betriebspunkten liegen in einer Größenordnung, die auch im Innern von Häusern gemessen wurde (30 Bq/m³ bis 50 Bq/m³). ...Verringerte oder fehlende Bewetterung führt zu einer ausgeprägten Erhöhung der Radonkonzentra-

tion." (Lediglich im Bereich der Wendel Süd zwischen der 1100 m-Sohle und der 850 m-Sohle werden höhere Konzentrationen - zwischen 100 und 650 Bq/m³ - gefunden).

Diese Behauptungen sind wegen fehlender Quellennachweise nicht nachprüfbar. Da Dauerarbeitsplätze unter Tage im Regelfall sicherlich in frischbewetterten Bereichen liegen, entsteht der Eindruck, durch die Tätigkeit in der Grube sei keine höhere Strahlenbelastung zu erwarten als durch den Aufenthalt in Wohnhäusern (ausgenommen den Bereich der Wendel Süd). Eine derartige Darstellung von "Meßergebnissen", auch noch verbunden mit einer Wertung, ist unzureichend und stimmt nicht überein mit anderen Darstellungen:

Im Abschlußbericht der GSF (GSF 1982, D 4-42) werden Rn 222-Konzentrationen von 259 Bq/m³ bis 888 Bq/m³ für 4 Meßstellen im Schacht Konrad 2 angegeben; die Rn 220-Konzentrationen liegen dabei zwischen 41 und 78 Bq/m³. Im übrigen Grubengebäude wurden bei einer Stichprobenmessung Werte zwischen 63 und 363 Bq/m³ gefunden, je nach Bewetterungszuständen.

Wiederum andere Konzentrationswerte bzw. Bereiche werden im PTB-Jahresbericht 1983 genannt (PTB 1984). Messungen an 20 wesentlichen Orten des Grubengebäudes ergaben Radon-Konzentrationen von 106 Bq/m³ bis 1077 Bq/m³. Die niedrigen Werte herrschen im Frischwetterstrom vor und die höheren in Strecken in der Nähe des ausziehenden Wetterschachtes. "Auffällig starke Zunahmen der Konzentrationswerte auf relativ kurzen Strecken sind zu verzeichnen, wo in der Nachbarschaft abgeworfene, teilversetzte Feldesteile mit nur minimaler Bewetterung liegen" (PTB 1984).

Die wesentlich höheren Rn 222-Konzentrationen im Bereich der Wendel Süd zwischen der 1100 m- und 850 m-Sohle und deren Ursache, nämlich "Zustrom von Schleichwettern mit hohem Ra-

dongehalt aus dem 'Alten Mann' (LHD-Feld, Spülversatzfeld)" werden im PTB-Plan ausgeführt. Der Frage, ob nicht auch an anderen Stellen des Grubengebäudes heute oder in Zukunft das Radon aus abgeworfenen Grubenbauen und bereits verfüllten Einlagerungsfeldern wesentlich zu einer Erhöhung der Konzentrationen beitragen kann, wird nicht nachgegangen. Des weiteren wird nicht diskutiert, ob durch technische Maßnahmen (z. B. veränderte Wetterführung) die Radonbelastung der Wetter und damit die Strahlenexposition der Beschäftigten gesenkt werden könnte.

Zur Konzentration des Edelgases Rn 220, die in der Grube Conrad aufgrund des vergleichsweise hohen Thorium 232-Gehaltes des Erzes bis zu 20% (GSF 1982, D 4-42) derjenigen von Rn 222 betragen kann, macht der PTB-Plan überhaupt keine Aussage und ist somit unvollständig.

Nicht begründet wird im PTB-Plan, warum die Annahme eines Gleichgewichtsfaktors von 0,25 für alle Grubenbereiche mit Ausnahme der Wendel Süd und der ihr wettermäßig nachgeschalteten Strecken als "konservativ" zu bezeichnen ist und im Bereich der Wendel ein Wert von 0,4 "realistisch" sein soll. Im übrigen bleibt unerfindlich, warum im PTB-Plan überhaupt ein Gleichgewichtsfaktor angeführt wird. Dieser Faktor, der das Verhältnis der äquivalenten Gleichgewichtskonzentration der kurzlebigen alphastrahlenden Tochterprodukte zur Radonkonzentration beschreibt, ist von Bedeutung für die Abschätzung der Strahlenbelastung. Eine solche Abschätzung wird jedoch gar nicht vorgenommen.

Im PTB-Plan (S. 3.1.8-28) wird festgestellt: "Diese Meßergebnisse bestätigen im wesentlichen die Ergebnisse der Messungen der GSF im Jahre 1981 (= GSF-Abschlußbericht; d. Verf.)". Diese Behauptung ist aus dem Text des Kapitels 3.1.8.2.2 PTB-Plan nicht nachvollziehbar. Die Messungen der GSF, jedenfalls die

im Abschlußbericht 1982 veröffentlichten, haben wesentlich höhere Werte der Radonkonzentrationen in der Grube ergeben.

Strahlenbelastung durch Radon und seine Folgeprodukte

In den vergangenen Jahren hat die Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Inhalation von Radon und seine kurzlebigen, alphastrahlenden Tochterprodukte zunehmend Beachtung gefunden, was sich in zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen, z. B. über die Rn-Konzentrationen in Wohnhäusern, wiederholt und in einer Empfehlung der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) hinsichtlich tolerierbarer Konzentrationsgrenzen seinen Niederschlag gefunden hat (ICRP 1983).

Das Lungenkrebsrisiko von Bergarbeitern, insbesondere in Uranminen, ist schon sehr viel länger bekannt. Epidemiologische Untersuchungen bei Uran-, Flußspat- und Eisenerz-Bergarbeitern ergaben signifikante Erhöhungen der Häufigkeit von Lungenkrebs, wobei der Zusammenhang zwischen Strahlenexposition durch Radonzerfallsprodukte und Lungenkrebs über mehrere Größenordnungen der Belastung durch eine lineare Beziehung beschrieben werden kann. Die ICRP hat hier ebenfalls, wenn auch sehr spät, reagiert und eine drastische Verringerung der zulässigen Arbeitsplatzkonzentrationen empfohlen (ICRP 1981).

Der PTB-Plan trägt dieser Entwicklung insofern Rechnung, als für die Umgebung des geplanten Endlagers der Beitrag von aus dem Wirtsgestein stammenden Rn 222 und seiner Folgeprodukte zur Strahlenbelastung der Bevölkerung berechnet und in Tabellen ausgewiesen wird (Kap. 3.4.7.1 und 3.4.7.2 PTB-Plan).

Bei der Strahlenexposition der Beschäftigten wird jedoch ein anderer Maßstab angelegt: "Die Strahlenexposition des Personals, die durch das aus dem Eisenerz herausdiffundierende Radon und seine Folgeprodukte verursacht wird, zählt gemäß

§ 28 Abs. 2 StrlSchV nicht zur beruflich bedingten Strahlenexposition" (PTB-Plan S. 3.4.8-13).

Nach Meinung der ICRP, deren Empfehlungen - in unveränderter oder, wie in der Bundesrepublik, in abgewandelter verschärfster Form - von den meisten Ländern in die jeweiligen nationalen Strahlenschutzvorschriften übernommen werden, verursacht die Inhalation von Radon und seinen Folgeprodukten den größten Anteil der beruflichen Strahlenbelastung von Beschäftigten in Bergwerken. Deshalb ist die Kommission der Auffassung, daß die Dosis nicht nur bei Uranminenarbeitern, sondern auch bei anderen Bergleuten, die Radon-exponiert sind, begrenzt werden soll. ("It is the opinion of the Commission that this limit of effective dose equivalent or the corresponding level of radiation risk should be applied also to miners exposed to radon and its daughters" (ICRP 1981).) Hierzu muß angemerkt werden, daß eine "effektive Äquivalentdosis" zur Zeit im deutschen Strahlenschutzrecht noch nicht existiert. Ihre Einführung ist jedoch mit der Novellierung der Strahlenschutzverordnung geplant. Allerdings werden - im Gegensatz zu den ICRP-Empfehlungen - auch weiterhin Organdosisgrenzwerte Gültigkeit behalten.

Die potentielle Lungendosis bzw. effektive Äquivalentdosis aufgrund der Radonbelastung in der Grube Konrad, berechnet nach ICRP 32 (ICRP 1981) unter Zugrundelegung der GSF-Messungen, wird in Tabelle 5.-1. aufgeführt. Demnach kann die Lungendosis der unter Tage Beschäftigten bis zu 0,18 Sv/a (18 rem/a) betragen; unter Berücksichtigung einer Arbeitszeit von weniger als 2000 h/a bis zu mehr als 0,1 Sv/a. Dies gilt sowohl für die mit der Einlagerung des radioaktiven Abfalls beschäftigten Personen als auch für die im "konventionellen" Auffahrbetrieb Tätigen. (Zum Vergleich: der Dosisgrenzwert für die Lunge für beruflich Strahlenexponierte der Kategorie A beträgt nach StrlSchV zur Zeit 0,15 Sv/a (=15 rem/a); die Beibehaltung dieses Wertes ist auch nach der Novellierung geplant (FINK 1986)).

Der potentielle Beitrag der Strahlenbelastung durch den Gehalt der Grubenwetter an Radon und -zerfallsprodukten kann somit ein Vielfaches der Strahlenexposition betragen, die nach den Planungsvorgaben der PTB aus dem Umgang mit den Abfallgebinden herröhrt.

Es bleibt festzuhalten, daß im PTB-Plan einer Diskussion über diese zusätzliche Strahlenbelastung durch formalen Verweis auf § 28, 2 StrlSchV aus dem Weg gegangen wird, obwohl sich seit Inkrafttreten der Verordnung 1976 wesentliche neue Gesichtspunkte ergeben haben. Dringend erforderliche Überlegungen, mit welchen betrieblichen Maßnahmen - insbesondere wenn Dauerarbeitsplätze an Orten mit hohen Rn-Konzentrationen eingerichtet werden - eine Verringerung der Rn-Belastung und damit eine Verbesserung des Gesundheitsschutzes erreicht werden kann, werden infolgedessen auch erst gar nicht angestellt. Durch den festgestellten Plan ist somit nicht nachgewiesen, daß die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden getroffen worden ist.

Tab. 5.-1.: Lungendosis und effektive Dosis durch die Inhalation von Radon in der Grube Konrad
(nach ILLI & EHRLICH 1984)

Nuklid	Konzentration Bq/m ³	Lungendosis rem/a	effektive Dosis rem/a
Rn-222 + Folgeprodukte	259 - 888	3,8 - 13	0,45 - 1,6
Rn-220 + Folgeprodukte	41 - 78	2,8 - 5	0,34 - 0,5
Summe der Jahresdosis		6,6 - 18	0,79 - 2,1

Annahmen: Gleichgewichtsfaktor 0,5; 2000 Arbeitsstunden/a;
Berechnung nach ICRP 32

5.2.3. Inhalation von Erzstaub

Die spezifische Aktivität von Radionukliden in den Grubenwettern soll nach PTB-Planangaben (Kap. 3.1.8.2.3) bei einem Staubgehalt von 1 mg/m^3 Luft $2,2 \times 10^{-5} \text{ Bq/m}^3$ für die Nuklide der Uran-238-Zerfallsreihe und $9,2 \times 10^{-5} \text{ Bq/m}^3$ für die Nuklide der Thorium-232-Zerfallsreihe betragen. Diese Werte sind weder dokumentiert noch stimmen sie mit den im GSF-Abschlußbericht (GSF 1982) angegebenen mittleren spezifischen Aktivitäten überein (vgl. Tab. 5.-2.). Die großen Schwankungen des Uran- und Thorium-Gehaltes des Gesteins werden nicht berücksichtigt. Es fehlen Abschätzungen der Strahlenbelastung des Betriebspersonals durch Inhalation von Erzstaub, insbesondere bei den bergmännischen Aktivitäten, die mit einer starken Staubbelastung der Wetter verbunden sind.

Tab. 5.-2: Konzentration von Nukliden der Thorium- und Uranreihe in den Wettern bei einem Staubgehalt von 1 mg/m^3 ; in Bq/m^3

Zerfallsreihe	PTB-Plan S. 3.1.8-29	GSF-Abschlußbericht 1982 S. D 4-47	S. B 2-28
Thorium-Reihe	$9,2 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-4}$
Uran-Reihe	$2,2 \times 10^{-5}$	6×10^{-5}	$5,6 \times 10^{-5}$

5.3. Quellenverzeichnis zu Kapitel 5

- DGB (1986): Arbeitsgemeinschaft Technik und Arbeitswelt des DGB-Bundesvorstandes: Arbeitsbedingungen in nuklearen Wiederaufarbeitungsanlagen, Abschlußbericht (Kurzfassung), Düsseldorf.
- FINK, U. (1986): Wen schützt die neue Strahlenschutzverordnung? Stellungnahme zur geplanten Novellierung, Hannover.
- GSF (1982): Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH: Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für dieendlagerung radioaktiver Abfälle, Abschlußbericht GSF-T-136, München.
- ICRP (1977): Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Oxford u. a.
- ICRP (1981): International Commission on Radiological Protection: Limits for Inhalation of Radon Daughters by Workers, ICRP Publication 32, Oxford u. a.
- ICRP (1983): International Commission on Radiological Protection: Principles for Limiting Exposure of the Public to Natural Sources of Radiation; Annals of the ICRP, ICRP Publication 39, Oxford u. a.
- ILLI, H. & EHRLICH, D. (1984): Strahlenschutz und Radioökologie der Endlagerung. - Atomkernenergie/Kerntechnik, 44, S. 127.
- PTB (1984): Physikalisch-Technische Bundesanstalt: Jahresbericht für 1983, Braunschweig.

6. STÖRFÄLLE ÜBER TAGE UND TRANSPORTWESEN

6.1. Störfälle über Tage

6.1.1. Auslegungsstörfälle

In den Störfallanalysen behandelt der PTB-Plan Ereignisse, die zu einer Freisetzung von Radionukliden in der Umgebung des Endlagers führen können, sofern sie nicht dem Restrisiko zugeordnet werden. Die Störfälle werden in zwei Klassen unterteilt:

Klasse 1: Störfälle, deren Eintreten nicht ausgeschlossen wird, und die in ihren radiologischen Auswirkungen durch Auslegung von Anlage bzw. Abfallgebinden begrenzt werden.

Klasse 2: Störfälle, die durch Auslegungsmaßnahmen an Anlage bzw. Abfallgebinden vermieden werden sollen.

Für Störfälle der Klasse 1 werden Lastannahmen, Freisetzungsanteile, Rückhaltung in der Anlage sowie atmosphärische Ausbreitung und resultierende Strahlenbelastung untersucht. Daraus werden Anforderungen an die Abfallprodukte, die Art der Verpackung, sowie die Radionuklidzusammensetzung und Aktivität von Abfallgebinden abgeleitet (Abschnitt 3.3 des PTB-Plans), die gewährleisten sollen, daß bei Störfällen die Planungswerte des § 28 Abs. 3 StrlSchV nicht überschritten werden.

Es werden die Anlagenbereiche übertägige Anlage, Schachtförderanlage und untertägige Anlage untersucht. In der Folge wird auftragsgemäß der Themenkomplex der Störfälle über Tage (für die Anlagen am Schacht Konrad 2, da am Schacht 1 nicht mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird) diskutiert.

Im PTB-Plan werden die untersuchten Anlagenbereiche unzulässig eingeschränkt. Schon deshalb sind die Störfallanalysen unvollständig. Betrachtet werden Störfälle in Umladeanlage, Pufferhalle und Schachthalle. An anderer Stelle (S. 3.2.3.3-2) wird ausdrücklich festgestellt, daß sich in den Tagesanlagen am Schacht Konrad 2 nur dort radioaktive Stoffe befinden.

Diese Aussage ist aber unzutreffend: Zu den Tagesanlagen zählen auch 9 Parkplätze für LKW und ein Puffergleis mit einer 130 m langen Abschirmwand für Waggons, mit denen Abfallgebinde angeliefert werden, und die dort vor der Entladung abgestellt werden können (Anl. 3.2.4.1.1/2 PTB-Plan). Abläufe dortselbst, insb. die Zahl der im Mittel dort abgestellten beladenen LKW bzw. Waggons, werden im PTB-Plan nicht angesprochen. Im PTB-Jahresbericht 1984 (PTB 1985) findet sich die Feststellung, daß z. B. für LKW bis zu fünf Stunden Wartezeit (konservativ) angenommen werden.

Zu den Störfällen der Klasse 1 zählt der PTB-Plan den Absturz von Abfallgebinden bei der Handhabung (Fallhöhe: 3 m, Prallbelastung) den Absturz von Lasten auf Abfallgebinde (Absturzhöhe: 2 m, Masse 1 t), sowie die Kollision von Transportmitteln ohne Brand in Umladehalle oder Pufferhalle (Aufprallgeschwindigkeit: 4 m/s bzw. 2 m/s). Dabei bewirkt der Absturz eines Abfallgebindes den höchsten Energieeintrag in das Gebinde und wird daher als repräsentativ angesehen.

Als Störfälle der Klasse 2 werden im PTB-Plan betrachtet: Kollision von Transportmitteln mit Brand, Fahrzeugbrand, anlageninterner Brand (sollen durch Maßnahmen der Verkehrsführung sowie des aktiven und passiven Brandschutzes vermieden werden); anlageninterne Explosionen (vermieden durch Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen); äußerer Brand (Freisetzung radioaktiver Stoffe durch Brandschutzmaßnahmen vermieden); Hochwasser (kann nicht zu Freisetzungen führen); Erdbeben (Frei-

setzung soll durch Hallen- und Kranauslegung vermieden werden); sowie Blitzschlag und nicht weiter erklärte "sonstige naturbedingte Einwirkungen".

6.1.1.1. Störfälle der Klasse 1

6.1.1.1.1. Lastannahmen

Mechanische Einwirkung:

Die maximale Fallhöhe von 3 m wird im PTB-Plan in einem Satz durch die Hubhöhenbegrenzung von Krananlagen und Seitenstapelfahrzeug sowie die Abmessungen der Abfallgebinde begründet und nicht weiter belegt. Dagegen lässt sich aus der (allerdings maßstäblich unsauberer) Darstellung des Brückenkrans (S. 3.2.4.5-4) eine maximale Fallhöhe von rd. 3,9 m ermitteln. Dies entspricht einem um 30% höheren Energieeintrag bei Aufprall.

Nicht angesprochen wird im PTB-Plan die Möglichkeit des Absturzes eines Abfallgebines mit Punktbelastung (Fall auf einen Dorn). Hier können keine Aussagen darüber gemacht werden, ob bzw. in welcher Form dieser Lastfall eintreten kann (z. B. an Strukturen, die zur Gleisanlage für Plateauwagen führen, an Teilen von Tauschpaletten o. ä.). Seine Behandlung im PTB-Plan wäre unbedingt erforderlich, da der maximale Energieeintrag als Kriterium für die Auswahl abdeckender Störfälle nicht hinreichend ist. Die Art der Belastung kann eine große Rolle spielen. Z. B. versagt der Transportbehälter E1 (soweit ersichtlich, vergleichbar dem Gußbehälter Typ II, S. 3.3.3-2 PTB-Plan) bei Aufprallbelastungen erst bei Geschwindigkeiten über 35 km/h (Fallhöhe über 4,8 m), bei Punktbelastung (IAEO-Dorn) schon ab 25 km/h (Fallhöhe ab 2,5 m) (PSE 1985, FB 8).

Schließlich hätte auch der Bereich außerhalb von Umladeanlage sowie Schacht- und Pufferhalle Beachtung finden müssen (LKW-Parkplatz, Puffergleis sowie Zufahrtswege). Es ist fraglich, ob die im PTB-Plan nicht näher begründete, für die Umladehalle noch einigermaßen plausible Maximalgeschwindigkeit von 4 m/s (14,4 km/h) hier stets eingehalten wird. Eine Untersuchung der dabei möglichen Lastfälle fehlt im PTB-Plan.

Beispielhaft sei hier nur erwähnt, daß etwa ein Zusammenstoß von Waggons mit anschließendem Aufschieben eines Waggons auf einen mit Abfallgebinden beladenen Waggon schon bei Geschwindigkeiten unter 35 km/h mindestens zum Versagen von Verpackungen der Abfallklasse I führt (PSE 1985, FB 7).

Thermische Belastung:

Brandereignisse, die zur Freisetzung radioaktiver Stoffe aus den Abfallgebinden führen, sollen im übertägigen Bereich durch die im Abschnitt 3.2.3.3 des PTB-Plans beschriebenen Brandschutzmaßnahmen vermieden werden.

Bei Bränden im Bereich der Hantierung oder Lagerung radioaktiver Stoffe sollen Maßnahmen zur Brandentdeckung und Brandbekämpfung gewährleisten, daß sie auf die Phase des Entstehungsbrandes beschränkt und in kürzester Zeit vollständig gelöscht werden. Bei Bränden in konventionellen Raumbereichen sollen passive und aktive Brandschutzmaßnahmen verhindern, daß ein Übergreifen auf Raumbereiche mit radioaktiven Stoffen erfolgt.

Zunächst ist auch hier auf die Bedeutung von LKW-Parkplätzen und Puffergleis hinzuweisen. Im PTB-Plan wird z. B. die Frage der Brandübertragung von anderen Gebäuden auf Umladeanlage, Puffer- und Schachthalle kurz diskutiert (S. 3.2.3.3-2). Es befremdet, daß die Dieseltankstelle mit Tanklager (10.000 l)

einerseits so viel Beachtung als Gefahrenquelle erhält und daß der große Abstand (über 100 m) zu Umladeanlage usw. herausgestellt wird, daß aber andererseits keine Erwähnung findet, daß der Abstand des nächstgelegenen LKW-Parkplatzes von der Dieseltankstelle keine 10 m beträgt.

Im PTB-Plan (S. 3.2.3.3-5) wird darauf verwiesen, daß außerhalb der Gebäude am Schacht Konrad 2 Überflurhydranten installiert sind. Deren Zahl und Orte sind aber nicht angegeben. An den LKW-Parkplätzen sind an beiden Enden der Parkspuren permanente Stützpunkte mit Handfeuerlöschern eingerichtet. Diese Angaben sind aber insgesamt nicht ausreichend, um Brände über Tage außerhalb der Hallen sicher auszuschließen, die länger andauern. Bei einem solchen Brand können mehrere Transporteinheiten radioaktiver Abfälle betroffen sein.

Umladeanlage, Puffer- und Schachthalle sind in elf Brandabschnitte eingeteilt. Brandabschnitte 1 (Umladehalle) und 11 (Pufferhalle) entsprechen nicht der Anforderung, daß ein Brandabschnitt auf 1600 m² zu beschränken ist. Wegen der geringen Brandlasten und der vorgesehenen Maßnahmen zur Branderkennung und -bekämpfung ist dies aber lt. PTB-Plan entsprechend der Durchführungsverordnung zur Niedersächsischen Bauordnung zulässig. Diese Feststellung ist in keiner Weise nachvollziehbar, da im PTB-Plan keine Angaben über die vorhandenen Brandlasten gemacht werden. Brandlasten für Entladestation und Schachthalle wurden im Abschlußbericht der GSF für den damaligen Planungsstand angegeben (GSF 1982, S. D2-38 ff.). Inwieweit diese Angaben heute noch Gültigkeit haben, ist nicht bekannt; im übrigen sind sie unvollständig.

Der PTB-Plan enthält keine Angaben zu etwaigen Brandlasten auf Dächern. Das Dach von Umladeanlage und Pufferhalle ist ein Flachdach (Stahlbeton, S. 3.2.4.1-27). Derartige Dächer werden häufig mit einer Dachhaut aus Bitumen versehen, die

eine nennenswerte Brandlast darstellt. Bei Entzündung - z. B. bei Reparaturarbeiten - können langandauernde Großbrände entstehen, die durch Abtropfen von Teer auch auf die darunterliegende Hallen übergreifen können (siehe z. B. PANZER 1987, BADE 1983, SPIETH 1976).

Im PTB-Plan ist aufgeführt, daß die Brandwände der Brandabschnitte mindestens der Feuerwiderstandsklasse F90 entsprechen (S. 3.2.3.3-3). Es wird nicht darauf eingegangen, mit welcher Begründung einige Tore in Brandwänden nur in Widerstandsklasse T30 ausgeführt sind; bei anderen Toren fehlt die Angabe einer Feuerwiderstandsklasse vollständig (Anl. 3.2.4.1.3/2a).

Die sichergestellte Löschwassermenge bei Konrad 2 wird mit 660 m³/h angegeben (S. 3.2.3.3-5). Es sei dazu angemerkt, daß bei Großbränden z. T. ein höherer Wasserbedarf angegeben wird (z. B. 840 m³/h beim Brand in einer Lagerhalle (PANZER 1987); 900 m³/h beim Brand in einem metallverarbeitenden Betrieb (SPIETH 1976).

Das im PTB-Plan erwähnte Öffnen der Dachklappen der Umladehalle und der Pufferhalle zur Rauch- und Wärmeabfuhr bei einem Feuer (S. 3.2.3.3-6) schafft, wenn es in den Hallen zu radioaktiven Freisetzungen kommt, einen zusätzlichen Weg nach außen für die radioaktiven Stoffe. Im PTB-Plan werden die in einem solchen Fall erforderlichen Abwägungen von Brandschutz- gegen Strahlenschutzgesichtspunkte nicht diskutiert.

Bei der Einstufung der Anlagenteile in Gefahrengruppen nach § 37 StrlSchV (S. 3.2.3.3-6) werden LKW-Parkplätze und Puffergleis gemeinsam mit jenen Teilen der Tagesanlagen, in denen sich keine radioaktiven Stoffe befinden, der Gefahrengruppe I zugeordnet und nicht der Gefahrengruppe III wie Umlade-, Puffer- und Schachthalle.

Bei den Angaben zu den Feuerwehren (S. 3.2.3.3-7) werden lediglich die Anfahrzeiten genannt; zu diesen sind im Brandfall aber noch die Melde-, Alarmierungs- und Ausrückungszeiten sowie die Erkundungs- und Entwicklungszeiten zu rechnen, die insgesamt 5 Minuten und mehr betragen können.

Schließlich ist in diesem Zusammenhang noch auf eine Unterlassung bei der Anlagenbeschreibung im PTB-Plan hinzuweisen: Es wird ausgeführt, daß die Wärmeversorgung der übertägigen Anlagen sowohl bei Schacht 1 als auch bei Schacht 2 im Winter mit Kohle, im Sommer mit Heizöl erfolgt (S. 3.2.4.1-2 und -7). Das Heizöllager bei Schacht 1 (30 m^3) ist auch im Text ausgewiesen und kurz beschrieben (S. 3.2.4.1-16). Im Text fehlt jedoch jeder Hinweis auf den Heizöl-Erdtank bei Schacht 2, der nur (Anl. 3.2.4.1.3/3 und /3a) ohne Beschreibung auf den Plänen des Kellergeschosses zu erkennen ist. Dieser Tank kann offenbar rd. 12.500 l Heizöl aufnehmen; er liegt zwischen Kohlebunker, Kabelkeller, Kabelkanal und Freiluttrafo-Anlage. Sollte z. B. bei Reparaturarbeiten oder bei der Befüllung hier ein Brand ausbrechen, könnte sich dieser zu einem Großfeuer ausweiten.

Insgesamt ist festzustellen, daß der Anspruch im PTB-Plan, ein Feuer in den übertägigen Anlagen bei Schacht 2 könne nicht zu Freisetzungn radioaktiver Stoffe führen, anhand der lückenhaften Angaben im Plan nicht verifiziert werden kann.

Nach den vorliegenden Angaben sind Freisetzungn durch thermische Einwirkungen auf LKW-Parkplätzen und Puffergleis, aber auch in Umladeanlage, Puffer- und Schachthalle nicht auszuschließen. Weiterhin ist nicht gewährleistet, daß ein Brand nicht höhere Temperaturen und/oder längere Zeitdauern erreicht, als im PTB-Plan für den einzigen betrachteten Brandfall (Brand eines Transportfahrzeuges unter Tage, 800°C , Dauer 60 Minuten (S. 3.5-7)) angegeben.

Grundsätzlich ist bei den Störfällen der Klasse 1 noch zu beanstanden, daß im PTB-Plan nicht dargelegt wird, nach welchen Kriterien die Kombination der drei freisetzungsbegrenkenden Faktoren bei den Abfallgebinden (Verpackung, Abfallprodukt, Begrenzung der Radionuklidmengen) gewählt wurden. Denkbar erscheint z. B. auch eine Festlegung niedrigerer Aktivitätsgrenzwerte pro Gebinde bei Verwendung weniger widerstandsfähiger Behälter oder eine Erhöhung der Aktivitätswerte bei höherer Qualität der Abfallprodukte. Im PTB-Plan müßte begründet werden, wodurch sich die gewählten Kombinationen besonders auszeichnen und inwieweit es sich um eine optimale Lösung handelt.

6.1.1.1.2. Freisetzungsanteile

Verpackung der Abfälle:

Im Hinblick auf die Anforderungen, die die Abfallverpackungen erfüllen, enthält der PTB-Plan lediglich Vorgaben (S. 3.5-17 und -18), ohne anhand konkreter Behältertypen zu belegen, daß diese Vorgaben erfüllt werden: Es handelt sich somit um reine Absichtserklärungen. Insofern enden die PTB-Störfallanalysen in diesem Abschnitt an jenem Punkt, an dem sie zur Demonstration der Sicherheit eigentlich erst richtig beginnen wollten.

Die Behälter werden an anderer Stelle zwar allgemein beschrieben (S. 3.2.3.1-13 bis -16 und S. 3.3.3-1 und -2) sowie auch sehr schematisch abgebildet (Anl. 3.2.3.1.2/01 bis /12), doch fehlen die erforderlichen Angaben u. a. zu:

- Werkstoffen (z. T. nicht vorhanden, z. T. nur beispielhaft);
- Material und Abmessungen der Dichtungen;
- Anzahl, Position und Werkstoffe der Schrauben;

- Innenauskleidungen (in welchen Fällen vorhanden, welches Material?);
- Ergebnisse von Behälter-Tests bei verschiedenen Lastfällen.

Abgesehen von der Angabe einer Obergrenze (20 Mg) enthält der PTB-Plan auch keine Angaben zur Gebindemasse. In einer anderen PTB-Publikation sind diese - allerdings in sehr ungefährer Form - angegeben (PTB 1986).

Das Fehlen einer genaueren Beschreibung der Abfallverpackungen dürfte nicht aus einem noch unzureichenden Planungsstand in diesem Bereich resultieren. Der Einlagerungsbetrieb soll in wenigen Jahren beginnen, und es muß davon ausgegangen werden, daß eine Anzahl heute bereits entwickelter Behältertypen zum Einsatz gelangen wird. Dies läßt sich - freilich nicht mit letzter Gewißheit - auch aus dem PTB-Plan erschließen: So entspricht z. B. - soweit ersichtlich - der Betonbehälter Typ I einer verlorenen Betonabschirmung (VBA) für 200 l-Fässer, der Betonbehälter Typ II einer VBA für 400 l-Fässer (GSF 1982). Der Gußbehälter Typ II entspricht (beim "Typ KfK") dem Behälter Mosaik-II sowie dem Behälter E1 (PSE 1985, FB 8), und der Gußbehälter Typ I weist Ähnlichkeit mit dem TN-27 auf (PSE 1985, FB 7). Für eine Überprüfung des PTB-Plans reicht es aber nicht aus, aufgrund von Vermutungen Behältereigenschaften im Detail aus anderen Quellen zusammenzustellen. Eine exakte Identifikation und Dokumentation wäre erforderlich.

Falls andererseits doch nur völlig neu entwickelte, bisher nur in Form grober Planungsvorhaben auf dem Papier existierende Behälter zum Einsatz gelangen sollen, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch kein Planfeststellungs-Antrag erfolgen.

Eine Überprüfung, ob die Abfallbehälter die Anforderungen im Hinblick auf mechanische und thermische Belastung bei Störfällen erfüllen, ist bei der Annahme im Endlager nicht vorgesehen

und wäre praktisch auch nicht durchführbar (abgesehen davon, daß solche Belastungen auch schon beim Entladen sowie während der Überprüfung eintreten könnten). Überprüft werden lediglich Eigenschaften, die für Endlagerung sowie plangemäßes Hantieren (Ortsdosisleistung, Oberflächenkontamination) von Bedeutung sind. Nur diese Überprüfung ist im PTB-Plan dokumentiert.

Die Überprüfung des Verhaltens der Behälter bei Störfällen fällt anhand des derzeit vorliegenden PTB-Plans somit sowohl während des Planfeststellungsverfahrens als auch in der Phase des Einlagerungsbetriebes unter den Tisch. Dies ist eine nicht akzeptable Lücke in der Argumentationskette der Sicherheitsnachweise.

Auch die Tatsache, daß die Behälter den Transportvorschriften genügen müssen, die bestimmte Prüfungen mit mechanischen und thermischen Belastungen vorschreiben (siehe z. B. GGVE 1979), kann diese Lücke nicht schließen:

- die im PTB-Plan genannten Vorgaben für Abfallklassen I und II (S. 3.3.3-3 und -4) weichen von den Vorgaben für verschiedene Verpackungstypen (lt. GGVE und GGVS) ab; im PTB-Plan wird nicht diskutiert, wie die verschiedenen Vorgaben in Beziehung zu setzen sind;
- eine Genehmigung von Versandstückmustern ist für Behälter vom Typ B (z. B. Mosaik-II, TN-27) vorgeschrieben. Genehmigungsbehörde ist die PTB, so daß in diesem Falle keine Kontrolle durch eine andere Stelle gegeben wäre;
- für andere Behälter, die dem Typ A (z. B. VBA) oder der starken Industrieverpackung zu entsprechen haben, sehen die Transportvorschriften überhaupt keine Versandstückmustergenehmigung vor (es sei denn, der Inhalt unterläge

den Vorschriften für spaltbares Material, was hier voraussichtlich nicht zutrifft).

Die Ableitung der Freisetzunganteile für Abfälle der Klasse I wird im PTB-Plan nur sehr skizzenhaft vorgenommen. Bei der Freisetzung durch mechanische Einwirkung auf zementierte/betonierte Abfälle z. B. wird auf experimentelle Untersuchungen und Falltests verwiesen. Diese Untersuchungen und Tests werden nicht genauer dargestellt, ihre Ergebnisse sind im PTB-Plan nicht dokumentiert. Es fehlt auch der Hinweis auf andere Arbeiten. Dementsprechend werden auch die tabellarisch angegebenen Freisetzunganteile (S. 3.5-21) nicht abgeleitet und begründet.

Daher ist u. a. aus dem PTB-Plan nicht ersichtlich, warum bei einem Fall aus 5 m Höhe bei zementierten/betonierten Abfällen (Abfallklasse I) der Freisetzunganteil von Partikeln (aerodynamisch äquivalenter Durchmesser = 10 μm) bei 4,8E-7 liegen soll, während z. B. eine andere Quelle für einen vergleichbaren Lastfall für zementierte Abfälle in Rollreifenfässern im gleichen Partikelgrößenbereich eine Freisetzungsrage von 4,2E-6 angibt (PSE 1985, FB 8), die fast um eine Zehnerpotenz höher liegt.

Bei der thermischen Einwirkung auf zementierte/betonierte Abfälle wird im PTB-Plan auf Berechnungen der Temperaturverteilung sowie auf experimentell ermittelte Werte bei Pyrolyse und Freisetzung von Cäsium verwiesen. Wieder fehlen genaue Angaben (z. B. Kurven zur Temperaturverteilung im Abfallgebinde).

Ähnlich mangelaft sind die Angaben auch für die anderen Abfallproduktgruppen.

Bei Abfällen der Klasse II soll die Freisetzungsrage wesentlich durch die Verpackung bestimmt werden. Eine Überprüfung der

Angaben im PTB-Plan ist daher schon aufgrund der mangelhaften Dokumentation der Abfallbehälter nicht möglich. Dies ist besonders problematisch, da im PTB-Plan davon ausgegangen wird, daß diese Freisetzunganteile durch die Leckrate der Dichtungen begrenzt werden. Im Gegensatz dazu wird z. B. für die Behältertypen Mosaik-II und E1 im Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE 1985, FB 8) davon ausgegangen, daß die Freisetzung radioaktiver Stoffe bei thermischer Belastung zementierter Abfälle durch das Aufheizverhalten des Faßinhaltes begrenzt wird, da die Dichtungen bereits versagt haben, wenn bei 100°C durch Verdampfung von Wasser die Freisetzungen aus den Abfällen beginnen. Eine überprüfbare Begründung und genaue Diskussion des Verhaltens von Verpackungen der Abfallklasse II wäre im PTB-Plan damit umso mehr erforderlich.

Insgesamt ist festzustellen, daß die für die im PTB-Plan betrachteten Lastfälle angegebenen Freisetzunganteile z. T. eher niedrig liegen (s. oben); z. T. führt eine Auswertung der einschlägigen Literatur durchaus auch auf vergleichbare Werte. Auch bei solchen plausiblen Übereinstimmungen bleibt jedoch zu beanstanden, daß bei der Überprüfung anhand der Ergebnisse von anderen Arbeiten stets bestimmte Annahmen zur Übertragbarkeit getroffen werden müssen, da im Detail meist unterschiedliche Bedingungen vorliegen. Die Möglichkeit einer solchen Überprüfung kann daher in keinem Falle die genaue Herleitung der im PTB-Plan angesetzten Anteile aus dokumentierten Experimenten und Berechnungen ersetzen, die im PTB-Plan fehlt.

Bei der Diskussion des Abschnittes 6.1.1.1. wurde darauf hingewiesen, daß - soweit aus dem PTB-Plan ersichtlich - Lastfälle nicht auszuschließen sind, die im PTB-Plan nicht bei den Störfällen der Klasse 1 diskutiert werden. Derartige Lastfälle können zu höheren Freisetzunganteilen führen, als im Abschnitt 3.5.2.1.2 des PTB-Plans angegeben werden.

Eine vollständige Darstellung solcher Freisetzunganteile kann und soll im Rahmen dieser Stellungnahme zum PTB-Plan nicht gegeben werden - sie wäre von der PTB zu erarbeiten. Es sollen jedoch beispielhaft 3 Fälle betrachtet werden, um zu demonstrieren, daß höhere Freisetzungen als von der PTB betrachtet möglich sind, und in welche Richtung weiterführende Analysen im PTB-Plan gehen müßten. Dabei werden zementierte/betonierte Abfälle betrachtet, weil diese offensichtlich die mit Abstand häufigste Abfallproduktgruppe darstellen.

Die hier angegebenen Freisetzunganteile verstehen sich als grobe Richtwerte, die aus Angaben im Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung abgeleitet wurden (PSE 1985, FB 7 und FB 8). Die Übertragbarkeit, vor allem der Behältereigenschaften, kann angesichts der mangelhaften Angaben im PTB-Plan nicht zwingend belegt werden.

Mechanische Einwirkung in Umladehalle:

Wie oben dargestellt, sind Fallhöhen bis zu 3,9 m sowie Abstürze auf einen Dorn nicht auszuschließen. Für den Fall eines Abfallgebides aus 3,5 m Höhe auf einen Dorn ergeben sich folgende Anteile (gegenübergestellt den Angaben der PTB für den Auslegungsstörfall: Fall von 3 m Höhe auf unnachgiebige Unterlage):

Abfallklasse	Fall 3,5 m auf Dorn		Fall 3 m (PTB)	
	I	II	I	II
Partikel = 10 µm	1.0E-6	1.0E-6	1.3E-7	1.0E-10
Partikel = 50 µm	1.0E-5	1.0E-5	7.3E-6	-

Thermische Einwirkung in der Umladehalle:

Freisetzungen aufgrund thermischer Einwirkungen über Tage werden im PTB-Plan ausgeschlossen, ohne daß dies ausreichend begründet wäre (s. oben). Für Brände unter Tage wird nicht begründet, warum 1 Stunde Dauer und eine Temperatur von 800°C abdeckend wären. Für den Brand eines LKW (Dauer 1 Stunde, Temperatur 1000°C) können folgende Freisetzungsanteile angegeben werden (gegenübergestellt den Angaben der PTB für den Auslegungsstörfall: Brand unter Tage, 1 Stunde, 800°C)

Abfallklasse	Brand 1 h, 1000°C		Brand 1 h, 800°C	
	I	II	I	II
Tritium	0.7	1.3E-2	0.5	4.0E-3
Halogene	1.0	1.7E-2	1.0	5.0E-3
Sonstige	7.0E-4	1.0E-4	5.0E-4	3.0E-5

In diesen Brandszenarien wäre eine Transporteinheit betroffen.

Einwirkungen außerhalb der Hallen:

Aus der Vielzahl möglicher Einwirkungen bei diesen von der PTB nicht betrachteten Bereich wird der Zusammenprall, gefolgt von Aufschieben eines Waggons auf einen mit 2 Transporteinheiten beladenen, betrachtet. Die Geschwindigkeit beim Zusammenprall liegt unter 35 km/h. Für die Abfallklasse I resultieren folgende Freisetzungsanteile:

$$\begin{aligned}\text{Partikel} = 10 \mu\text{m} &: 3.9\text{E-}5 \\ \text{Partikel} = 50 \mu\text{m} &: 3.8\text{E-}4\end{aligned}$$

(Für Abfallklasse II kann in diesem Rahmen keine Aussage darüber gemacht werden, ob bei dem ggstd. Lastfall eine Freisetzung erfolgen würde.)

Abschließend sei hier noch darauf hingewiesen, daß bei dem nach bisher vorliegenden Angaben nicht auszuschließenden Ereignis "Großbrand im Gebäudekomplex mit Puffer-, Umlade- und Schachthalle" sowohl eine erheblich größere Zahl von Transporteinheiten radioaktiver Abfälle betroffen werden kann, als auch höhere Freisetzungsraten aus den einzelnen Abfallgebinden möglich sind.

6.1.1.3. Rückhaltungen in der Anlage

Entsprechend der Störfallauswahl betrachtet der PTB-Plan für übertägige Störfälle hier lediglich eine Freisetzung von Staubpartikeln in Puffer- und Umladehalle, die über Abluftkanäle und -kamin nach außen gelangen. Die Werte für die Sedimentationsgeschwindigkeit (S. 3.5-32) wurden offenbar nach dem Stokes'schen Gesetz ermittelt und, soweit ersichtlich, hinreichend konservativ angenommen.

Bei der Ermittlung der Rückhaltefaktoren in Umlade- und Pufferhalle im PTB-Plan ist nicht ersichtlich, wieso in der Umladehalle einerseits konservativ ein möglichst geringer Abstand zu einer Ansaugöffnung des Abluftsystems unterstellt wird, andererseits aber angenommen wird, daß die Partikel mit aerodynamischen Äquivalentdurchmesser unter $60 \mu\text{m}$ sofort vom Umlaufsystem über das gesamte Hallenvolume verteilt werden. Letzte Annahme hebt für den betrachteten Partikelgrößenbereich die erste wieder auf und ist im Hinblick auf die Entfernung von der Ansaugöffnung nicht konservativ. Es wird auch nicht erklärt, warum in der Pufferhalle methodisch anders vorgegangen wird (Verteilung der kleineren Partikel über die gesamte Hallenhöhe; gemeint ist offenbar: Am Ort des Störfalles).

Insgesamt enthält die Modellierung der Rückhaltung in Umlade- und Pufferhalle - soweit ersichtlich, die Berechnungen sind

nicht im einzelnen dokumentiert - auch eine Reihe zweifellos konservativer Annahmen und ist in Summe nicht allzuweit von einer angemessen konservativen Betrachtung entfernt. Der Ansatz niedrigerer Rückhaltfaktoren kann im übrigen vor allem bei den Teilchen unter 10 μm das Gesamtergebnis nicht stark beeinflussen.

Bei dem ersten der oben beispielhaft diskutierten Störfälle (Absturz aus 3,5 m Höhe auf einen Dorn) würde die Rückhaltung in der Anlage so zu behandeln sein, wie bei den Auslegungsstörfällen der PTB. Bei einem Fahrzeugbrand in der Umladehalle ist neben dem Freisetzungsweg über den Kamin auch die Freisetzung über etwaige geöffnete Dachklappen zu beachten, ebenso bei einem größeren Brand. Störfälle auf Puffergleis bzw. LKW-Parkplatz schließlich finden direkt im Freien statt. Bei mechanischer Einwirkung ist dabei mit niedrigen Freisetzungshöhen (z. B. 3 m) zu rechnen, bei thermischen Einwirkungen mit erheblich größeren Freisetzungshöhen (PSE 1985, FB 8). Die aus der Freisetzung resultierende Strahlenexposition in der Umgebung wird vom Battelle-Institut bearbeitet.

6.1.1.2. Störfälle der Klasse 2

Hierzu ist anzumerken - wie bereits oben festgestellt wurde -, daß ein schwerwiegender Kritikpunkt die nicht ausreichende Behandlung von Bränden im PTB-Plan (bzw. deren Einreihung in Störfallklasse 2 ohne ausreichende Begründung) ist; siehe dazu auch Kap. 6.1.1.1. "Thermische Belastung".

Die Auslegung der übertägigen Anlagen an Schacht Konrad 2 (v. a. Pufferhalle, Umladehalle) erfolgt in Anlehnung an die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses (KTA 2201.1), d. h. sie werden als Anlagenteile der Klasse 2 eingestuft und nach DIN 4149 gegen seismische Einwirkungen ausgelegt. Grundlage

dafür ist die standortspezifische Intensität des Sicherheitserdbebens I_s , das in Kap. 3.1.9.3 des PTB-Plans ermittelt wird. Unterstellt man die Richtigkeit des für den Standort Konrad angenommenen Sicherheitserdbebens (die Ermittlung von Sicherheitserdbeben wird in der Fachliteratur z. T. kritisch diskutiert, z. B. in RISIKOUNTERSUCHUNGEN (1983)), so bleibt dennoch festzustellen, daß die entsprechende Auslegung der Anlagenteile im PTB-Plan völlig unzureichend dargestellt ist (es wird lediglich auf die entsprechende Auslegung hingewiesen).

6.1.1.3. Ereignisse, die dem Restrisiko zuzuordnen sind

Der PTB-Plan rechnet Flugzeugabsturz, äußere Einwirkungen gefährlicher Stoffe und äußere Druckwellen aus chemischen Reaktionen zum Restrisiko; d. h. gegen diese Ereignisse müssen keine vorbeugenden Auslegungsmaßnahmen ergriffen werden.

Begründet wird dies damit, daß die in den übertägigen Anlagen vorhandene Gesamtradioaktivität um mehrere Größenordnungen unter der eines Kernkraftwerkes mit Druckwasserreaktor liegt (S. 3.5-49); insgesamt wird diesen Ereignissen im PTB-Plan eine halbe Seite gewidmet.

Einige allgemeine Angaben zu den Flugbewegungen im Standortraum werden im PTB-Plan an anderer Stelle (S. 3.1.6-5 f.) gemacht. Demzufolge finden keine militärischen Übungsflüge (Tiefflüge) statt. Der Verkehrslandeplatz Salzgitter-Drütte (dessen Umbau beabsichtigt ist) ist von Schacht Konrad 2 etwa 2 km entfernt, der Regionalflughafen Braunschweig-Waggum etwa 20 km, der internationale Flughafen Hannover-Langenhagen etwa 60 km. Die Zahl der Flugbewegungen im Standortraum ist lt. PTB-Plan "gering", darüber hinausgehende Angaben werden nicht gemacht.

Die Behandlung der Ereignisse, die dem Restrisiko zugeordnet werden, ist insgesamt nicht ausreichend. Eine genaue Analyse der zu erwartenden Häufigkeit dieser Ereignisse sowie ihrer radiologischen Folgen wäre erforderlich, um eine Nachprüfung zu gestatten, wie groß das "Restrisiko" tatsächlich ist. Daran könnte eine Diskussion ansetzen, ob dieses Restrisiko tatsächlich, wie im PTB-Plan, vernachlässigt werden kann, oder ob und ggf. welche Maßnahmen zu seiner Verringerung erforderlich wären, und ob diese Maßnahmen ggf. überhaupt durchführbar sind.

Insbesondere wären darzulegen:

- Häufigkeit von Flügen im Standortbereich, insb. Flugbewegungen im Bereich des Verkehrslandeplatzes Salzgitter-Drütte;
- Menge und Art explosiver bzw. chemisch reaktiver Stoffe, die in der Umgebung gelagert (insb. in Hafenanlagen und anderen Industrieanlagen) und transportiert (insb. auf nahegelegenen Straßen und Schienenwegen, sowie im Hafen) werden.

Daraus wären Aussagen zur Häufigkeit von Flugzeugabstürzen, chemischen Explosionen und anderen Lastfällen abzuleiten. Weiterhin wären entsprechende Lastannahmen und Quellterme für radioaktive Freisetzung zu ermitteln.

Beim derzeitigen Planungsstand ist davon auszugehen, daß z. B. der Absturz eines schnell fliegenden Flugzeuges auf Puffer- oder Umladehalle mit Treibstoffbrand (und evtl. weiteren Folgebränden) zu einem Überschreiten der Störfallplanungswerte lt. StrlSchV führen wird.

6.1.1.4 Anmerkungen zum Verhältnis zwischen Störfallanalysen und Aktivitätsgrenzwerten

Eine angemessene gründliche und umfassende Analyse der Störfälle kann weitgehende Neufestlegungen der Aktivitätsgrenzwerte für die Abfallgebinde (S. 3.3.4-4 bis -6) und/oder der Anforderungen an Verpackung und Abfallprodukt erfordern.

Nach Angaben im PTB-Plan resultieren die Aktivitätsgrenzwerte aus dem Störfall mit thermischer Einwirkung unter Tage; ausgenommen 13 Grenzwerte bei den sonstigen Radionukliden der Abfallklasse I, die durch den Störfall mit mechanischer Einwirkung unter Tage bestimmt sind. Allein die Störfallbeispiele, die hier für den Bereich "Umladehalle" diskutiert wurden (Absturz auf Dorn sowie Brand mit 1 Stunde Dauer, 1000°C Temperatur) führen zu höheren Freisetzungen als die im PTB-Plan als grenzwertbestimmend angegebenen Störfälle, und würden eine Neufestlegung der Aktivitätsgrenzwerte erforderlich machen (bei Gleichbleiben der anderen Planungsvorgaben).

Da im PTB-Plan an keiner Stelle die abgeleiteten Grenzwerte zum Inventar bereits real existierender bzw. in Zukunft anfallender Abfälle in Beziehung gesetzt werden, können die Konsequenzen von Grenzwertänderungen auf die Möglichkeit, Schacht Konrad als Endlager für verschiedene Abfallkategorien zu nutzen, hier nicht diskutiert werden (es sei denn, auf der hypothetischen Basis eigener Annahmen zu Punkten, die im PTB-Plan unzulässigerweise nicht dargestellt werden). Auf die Bedeutung der Zusammenhänge zwischen betrachteten Störfallszenarien einerseits und entsprechend den realen Verhältnissen für die Einlagerung in Betracht gezogenen radioaktiven Abfällen andererseits sei jedoch hingewiesen.

Soll der Möglichkeit schwerer Störfälle nicht durch Änderung

von Aktivitätsgrenzwerten, sondern verbesserte Behälterauslegung bzw. erhöhte Qualität der Abfallprodukte Rechnung getragen werden, würde dies u. U. einen sehr langwierigen Prozeß der Entwicklung neuer Behälter bzw. neuer Abfallkonditionierungsverfahren erfordern.

6.1.2. Zusammenfassende Wertung der Störfallanalysen

Hinsichtlich der übertägigen Störfallanalysen des PTB-Plans ist festzustellen, daß diese sowohl unvollständig als auch in Teilen auf der Grundlage der im PTB-Plan gegebenen Informationen nicht nachvollziehbar sind. Wesentliche Kritikpunkte sind:

- (1) Die untersuchten Anlagenbereich werden unzulässig eingeschränkt. So werden Puffergleis und LKW-Parkplätze nicht betrachtet, obwohl auch dort radioaktive Stoffe gelagert bzw. bewegt werden.
- (2) Bei den von der PTB betrachteten Auslegungsstörfällen der Klasse I mit mechanischer Einwirkung wird nicht schlüssig belegt, daß keine stärkeren Belastungen als die betrachteten auftreten können (größere Fallhöhe, Fall auf Dorn).
- (3) Die Dokumentation der geplanten Brandschutzmaßnahmen reicht nicht aus, um Brände über Tage, die zu Freisetzungsradiaktivier Stoffe führen, ausschließen zu können.
- (4) Die Freisetzunganteile bei den von der PTB betrachteten Auslegungsstörfällen sind nicht ausreichend begründet, z. T. erscheinen höhere Anteile möglich. Besonders lückenhaft sind die Angaben zu den Abfallverpackungen.
- (5) Störfälle, die nicht auszuschließen sind, aber von der PTB nicht betrachtet werden, können z. T. noch zu erheblich größeren Freisetzunganteilen führen.

- (6) Die dem Restrisiko zugeordneten Ereignisse, insbesondere auch Flugzeugabsturz, werden im PTB-Plan nicht ausreichend behandelt.

6.2. Transportwesen

6.2.1. Transportwege und -vorgänge

Im PTB-Plan findet sich zum Thema "Antransport" lediglich der Hinweis, daß Waggons durch die Deutsche Bundesbahn bis zum Übergabebahnhof Beddingen gebracht werden. Dort übernimmt die Verkehrsbetriebe Peine-Salzgitter GmbH die Waggons zum Weitertransport bis zum Puffergleis der Schachtanlage Konrad 2 (S. 3.2.5.3-2).

Für die Schienenanbindung der Schachtanlage werden zwei Varianten in Betracht gezogen: Die Mittellage (Abzweigung von der Hauptstrecke nördlich von Beddingen, höhengleiches Kreuzen der Kreisstraße 16, dann knapp am Hafen vorbei durch Beddingen und unter der Industriestraße Nord durch zum Schacht) bzw. die Südlage (Abzweigung von Hauptstrecke südlich der Industriestraße Nord (PTB-Plan Kurzfassung, Abb. 22)).

Die Straßenanbindung erfolgt von Norden her (S. 3.2.5.3-2 PTB-Plan).

Die Verbindungen vom Übergabebahnhof Beddingen bzw. der Industriestraße Nord zum Schacht Konrad 2 werden im PTB-Plan kurz dargestellt. Es wird erklärt, daß bei der Bahnbindung der Mittellage der Vorzug gegeben wird, da die Südlage ein Industrierwartungsgelände durchschneide, das einer späteren ungestörten Nutzung entzogen würde (S. 3.2.4.1-5 f. PTB-Plan).

Die Verkehrsdichte im Standortraum wird im PTB-Plan für Schie-

ne, Straße und Wasserstraßen dargestellt. Es wird darauf hingewiesen, daß ein dichtes Verkehrsnetz mit hohem Verkehrsaufkommen besteht und beim Straßenverkehr eine starke Überlagerung des örtlichen und überörtlichen Verkehrs stattfindet (S. 3.1.6-1 bis 3.1.6-8 PTB-Plan).

Im PTB-Plan gibt es keinen Hinweis darauf, ob Waggons nur von Norden her zum Übergabebahnhof Beddingen gelangen, oder auch von Süden. Im Abschlußbericht der GSF wurde eine Übernahme der Abfälle noch alternativ an den Bahnhöfen Salzgitter-Bad-Voßpaß oder Beddingen angegeben (GSF 1982, S. D3-3). Aus dem Wegfall des südlichen Übergabebahnhofs kann nicht zwingend geschlossen werden, daß insgesamt die südliche Anfahrtroute (praktisch durch die gesamte Länge des Gemeindegebietes von Salzgitter) wegfällt. Wahrscheinlich ist jedoch, daß als Schienenwege die Verbindungen Hildesheim - Lengede und Lehrte - Vechelde benutzt werden. Bei Straßentransport ist anzunehmen, daß die Anlieferungen über die Autobahnen (insb. die A 39) erfolgen werden.

Der PTB-Plan enthält auch keine Hinweise über die Verteilung der Transporte auf Schiene und Straße. Ein indirekter Hinweis findet sich lediglich im PTB-Jahresbericht 1984 (PTB 1985): Für die Berechnung der Jahresdosis im außerbetrieblichen Überwachungsbereich werden zwei Transportszenarien beschrieben - Anlieferung im Jahresdurchschnitt zu 100% per Bahn, sowie zu je 50% per Bahn und per LKW. Verbindliche Schlüsse können daraus nicht gezogen werden; der gegebene Zusammenhang im PTB-Plan legt allenfalls nahe, daß es sich bei den beiden Szenarien um die als möglich erachteten Extremsituationen handeln soll - d. h., daß ein Antransport von mehr als 50% der Abfälle per LKW nicht vorgesehen ist.

Nicht angesprochen wird von PTB die Möglichkeit des Antransports per Schiff auf dem Mittellandkanal. Diese Variante wird

hier auch nicht weiter diskutiert; es sei nur darauf hingewiesen, daß in diesem Fall spezifische Störfallanalysen durchgeführt werden müßten, da die möglichen Abläufe sehr von denen bei Schienen- und Straßentransport abweichen.

Eine genaue Beschreibung der Transportwege sowie der Verteilung der antransportierten Abfallmenge auf Schiene und Straße (ggf. eine Darstellung verschiedener Varianten) wäre für eine Untersuchung möglicher Auswirkungen der Transporte auf das Gebiet der Stadt Salzgitter erforderlich. Wichtig wäre auch eine genaue Beschreibung der Vorgänge auf dem Übergabebahnhof Beddingen, der knapp außerhalb der Stadtgrenzen liegt. Es ist anzunehmen, daß (wohl meist einzeln) ankommende Waggons mit radioaktiven Abfällen dort gewisse Aufenthaltszeiten haben werden. Es wird erforderlich sein, sie rangierdienstlich zu behandeln und einen neuen Zug zusammenzustellen, der dann zur Schachtanlage gebracht wird. Möglicherweise werden auch - bei Füllung des Puffergleises der Schachtanlage, oder bei Störungen des Transportweges zum Schacht - gelegentlich Waggons in größerer Zahl in Beddingen abgestellt werden müssen, was u. a. Fragen nach der rechtlichen Zulässigkeit einer solchen Zwischenlagerung aufwirft (WEHNER 1981). Mangels näherer Angaben von seiten der PTB kann dieses Thema hier nicht weiter behandelt werden.

6.2.2. Transportaufkommen

Lt. PTB-Plan wird das Endlager für die Einlagerung von bis zu 6800 Transporteinheiten pro Jahr (40.000 m^3 Abfallgebindevolumen, bei Zweischichtbetrieb) bzw. bis zu 3400 Transporteinheiten pro Jahr (20.000 m^3 Abfallgebindevolumen, bei Einschichtbetrieb) ausgelegt (S. 3.2.3.2-1). Darüber hinausgehende Zahlenangaben werden nicht gemacht; es wird im PTB-Plan ausdrücklich festgestellt, daß die Anzahl der endzulagernden Ab-

fallgebinde von verschiedenen variablen Bestimmungsgrößen abhängt und nicht als konstante Zahl fest vorgegeben werden kann (S. 3.2.3.1-17). Diese Aussage ist in dieser Allgemeinheit sicher zutreffend; dennoch wäre es möglich und für die Vollständigkeit des PTB-Planes auch erforderlich gewesen, anhand plausibler Vorgaben bzw. offizieller Schätzwerthe für das Abfallaufkommen grobe Angaben zur jährlich einzulagernden Abfallmenge zu machen. Die maximal möglichen Einlagerungsmengen können - in Grenzen - durch unterschiedliche Auslegung der Anlagen und unterschiedliche Betriebsabläufe variiert werden. Im PTB-Plan fehlt jeder Hinweis darauf, aufgrund welcher Vorgaben und Überlegungen gerade die genannten Werte (6800 bzw. 3400 Transporteinheiten pro Jahr) gewählt wurden. Es fehlt auch jeglicher Hinweis darauf, wie groß der Anteil der einzelnen Erzeuger und der verschiedenen Abfallgebindearten an der gesamten Einlagerungsmenge ist.

An anderer Stelle wurden Prognosen der PTB über die bis zum Jahr 2000 insgesamt vorliegenden Mengen an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (die für die Einlagerung in Schacht Konrad in Frage kommen) veröffentlicht (ATW 1987): Die Menge soll bei ca. 227.600 m³ liegen, von denen 38,5% aus dem Betrieb der Kernkraftwerke, 35,4% der Wiederaufarbeitung, 19,5% aus Großforschungseinrichtungen, 2,2% aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen, 2,1% aus der kerntechnischen Industrie, 1,9% aus den Landessammelstellen sowie 0,4% aus sonstigen Quellen stammen sollen. Für eine fundierte Analyse sind auch diese Zahlen nicht ausreichend.

Falls alle diese Abfälle ohne lange Verzögerungs-(Zwischenlager-)zeit in Schacht Konrad eingelagert werden sollen, folgt aber jedenfalls bei einem Beginn der Einlagerung etwa im Jahre 1993, daß die mittlere Einlagerungsmenge bis zum Jahr 2000 im Bereich zwischen den beiden genannten Höchstwerten für Zweier- und Einschichtbetrieb liegen wird. Bei weiterem Ausbau

der Kernenergienutzung wird voraussichtlich bald nach dem Jahre 2000 die Obergrenze von 6800 Transporteinheiten pro Jahr erreicht.

Bei Straßentransport kann davon ausgegangen werden, daß je LKW eine Transporteinheit befördert wird. Eisenbahnwaggons könnten auch mehr als eine Einheit aufnehmen; es fehlt im PTB-Plan dazu aber jede Angabe.

Bei Anlieferung nur per Bahn, Beschränkung einer Waggonladung auf eine Transporteinheit und Erreichen der Obergrenze von 6800 Transporteinheiten pro Jahr läuft (wenn der Antransport an den 230 Betriebstagen (S. 3.2.3.2-1) erfolgt) im Schnitt an Betriebstagen alle 50 Minuten ein beladener Waggon durch den Bahnhof Beddingen und zur Schachtanlage. (Nach den veralteten - Angaben der GSF soll der Transport zur Schachtanlage in Zügen mit maximal 4 Waggons erfolgen (GSF 1982, S. D3-3); im PTB-Plan fehlt eine entsprechende Angabe.) Die Transportfrequenz per Schiene und Straße bei anderen Varianten kann durch triviale Rechnung ermittelt werden.

Jedenfalls ist zu erwarten, daß die Frequenz der Radioaktivtransporte um Schacht Konrad im Jahresmittel weit über jener bei anderen kerntechnischen Anlagen in der Bundesrepublik Deutschland liegen wird. Selbst die Zahl der atomaren Transporte von der und zur Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf ist erheblich geringer. (Diese Transporte laufen praktisch alle durch die Stadt Nürnberg; zur Zeit des Vollastbetriebes der Wiederaufarbeitungsanlage sind es maximal rd. 2400 beladene Waggons bzw. LKWs pro Jahr (GRUPPE ÖKOLOGIE 1985).)

(Aus der Gegenüberstellung der Transportzahlen kann nicht direkt auf die Relation im Ausmaß der Gefährdung geschlossen werden, da es sich bei den transportierten Stoffen bei der WAA nicht nur um Abfälle handelt, die in Konrad eingelagert werden

sollen - wenn diese auch den größten Anteil ausmachen -, sondern auch um abgebrannte Kernbrennstoffe, Plutonium u. a...)

6.2.3. Rechtsvorschriften bei der Beförderung radioaktiver Stoffe

Die einschlägigen Vorschriften können hier nur sehr summarisch dargelegt und kommentiert werden; eine umfassende Abhandlung würde den Rahmen dieser Stellungnahme weit sprengen. Es wird besonders auf jene Aspekte Bezug genommen, die besonders für Schacht Konrad von Bedeutung sein können.

Die Beförderung radioaktiver Stoffe unterliegt dem Atom- und Verkehrsrecht. Dabei sind die materiellen Schutzvorschriften im Verkehrsrecht enthalten. Das Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter liefert dabei den Rahmen. Darauf basierende Verordnungen legen im einzelnen fest, unter welchen Bedingungen radioaktive Stoffe transportiert werden dürfen. Für den Antransport zu Schacht Konrad sind dabei, soweit bisher ersichtlich, die GGVE (Gefahrgutverordnung Eisenbahn) und die GGVS (Gefahrgutverordnung Straße) von Bedeutung. Die Anforderungen orientieren sich an Empfehlungen der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO 1973, 1985).

Die Sicherheitsphilosophie beim Transport beruht grundsätzlich darauf, durch entsprechende Auslegung der Behälter - abgestuft nach dem radiologischen Gefährdungspotential der Stoffe - Freisetzungen radioaktiver Stoffe während des Transportes zu verhindern bzw. gering zu halten. Weiterhin werden für den Strahlenschutz beim unfallfreien Transport Grenzwerte für die zulässige Dosisleistung der Behälter in bestimmten Abständen festgelegt.

Es werden drei Hauptkategorien der Verpackung unterschieden:

- starke Industrieverpackungen (z. B. 200 l- oder 400 l-Rollreifenfässer), die lediglich allgemeinen Vorschriften bzgl. Handhabbarkeit, Dekontaminierbarkeit usw. genügen müssen;
- Typ A-Verpackungen (z. B. Verlorene Beton-Abschirmung (VBA), El-Behälter), bei denen durch Fall-, Durchstoß- und andere Prüfungen nachgewiesen sein muß, daß sie beim Transport normalerweise auftretenden Belastungen standhalten können;
- Typ B-Verpackungen (z. B. TN-27- und Mosaik-II-Behälter), bei denen durch Fall-, Erhitzungs- und andere Prüfungen die Widerstandsfähigkeit bei Unfällen nachgewiesen werden muß.

Für den Inhalt von Industrieverpackungen und Typ A-Verpackungen sind in den Vorschriften nuklidspezifische Höchstwerte festgelegt.

Für Versandstücke, die spaltbare Stoffe in Mengen bzw. Konzentrationen enthalten, die über festgelegten Höchstwerten liegen, gelten zusätzliche Vorschriften. Der Gehalt der in Konrad einzulagernden Stoffe an spaltbarem Material ist i. A. gering. So weit aus den Aktivitätsgrenzwerten für Uran-235 und Pu-239 ersichtlich ist, die im PTB-Plan, resultierend aus Analysen zur Kritikalitätssicherheit, angegeben werden (S. 3.3.4-13), bleibt der Gehalt an spaltbaren Stoffen bei Einhaltung dieser Werte in jedem Fall unter dem hier relevanten Grenzwert von 5 g je 10 l Volumen (bezogen auf das Brutto-Volumen der Behälter, nicht das reine Abfallvolumen).

Radioaktive Stoffe, die fest und nichtausbreitungsfähig oder in einer dichtverschlossenen Kapsel enthalten sind, werden als "Radioaktive Stoffe in besonderer Form" bezeichnet. Durch die-

sen Begriff lassen sich erhöhte Aktivitäten in Typ A-Versandstücke einbringen.

Die Angaben im PTB-Plan lassen allerdings keine exakte Zuordnung von Behältertypen zu den genannten Verpackungsklassen zu.

Eine schwerwiegende Schwäche von GGVE und GGVS liegt in den Vorschriften zur Genehmigung. Es ist zwischen der Genehmigung der Versandstückmuster und der Genehmigung der Beförderungsvorgänge zu unterscheiden. Bei Typ B-Behältern ist eine Versandstückmustergenehmigung durch die PTB jedenfalls erforderlich. Eine Genehmigung für die Beförderung ist nur in manchen Fällen, eine vorherige Benachrichtigung der zuständigen Behörde in vielen Fällen vorgesehen (Darlegung der Regelungen im Detail würde hier zu weit führen). Zuständig ist auch hier die PTB.

Für starke Industrieverpackungen und Typ A-Behälter (ausgenommen Stoffe in besonderer Form und Stoffe, die den Vorschriften für spaltbare Stoffe unterliegen) sind dagegen zwar die Anforderungen, denen sie zu genügen haben, vorgeschrieben; es besteht aber keine Genehmigungspflicht für Versandstückmuster. Auch für die Beförderungsvorgänge in solchen Behältern besteht nach den Transportvorschriften (GGVE und GGVS) weder Genehmigungs- noch auch nur Meldepflicht. Für die Beförderung ist allerdings eine atomrechtliche Genehmigung erforderlich, für die die Landesbehörden zuständig sind, und die für den einzelnen Beförderungsvorgang oder allgemein auf längstens drei Jahre erteilt werden kann (§ 8 StrlSchV). Diese Genehmigungspflicht entfällt aber u. a. bei Transport mit einer Eisenbahn des öffentlichen Verkehrs (§ 9 StrlSchV).

Insgesamt ist die Situation derart, daß bei Abfällen in Industrie- und Typ A-Verpackungen, die zur Schachtanlage Konrad

gebracht werden, von den zuständigen Landesbehörden keine systematischen Inspektionen durchgeführt werden, um die Qualität der Verpackung, die Einhaltung von Grenzwerten für den Radionuklidgehalt, die Kennzeichnung usw. zu überprüfen (vgl. auch WIESER 1987). Abfälle in derartigen Verpackungen werden zweifellos einen nennenswerten Anteil der Gesamtmenge ausmachen.

Eine weitere Schwachstelle der Vorschriften, die den Transport radioaktiver Stoffe regeln, ist, daß die besondere Betroffenheit einer Region durch Häufung von Transporten – wie in der Umgebung der Schachtanlage Konrad – keine Berücksichtigung findet. Die in den Vorschriften festgelegten Anforderungen an Behälter und Höchstwerte für den Inhalt bei bestimmten Behältertypen zielen letztlich darauf hin, die Wahrscheinlichkeit, daß es bei einem Transportvorgang zu radioaktiven Freisetzung kommt, sowie auch deren Ausmaß im jeweiligen Freisetzungsfall zu beschränken. Selbst wenn hypothetisch unterstellt wird, daß dies für eine "durchschnittliche" Transportstrecke in ausreichendem Maße erreicht wird, ist in der Region um Schacht Konrad allein aufgrund der (bundesweit gesehen) überdurchschnittlich hohen Transportzahl eine erhöhte Freisetzungswahrscheinlichkeit pro Jahr, und damit auch ein erhöhter Erwartungswert der freigesetzten Radioaktivitätsmenge, zu erwarten. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, müßten die einschlägigen Verordnungen zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen für Regionen mit besonderer Dichte bei der Beförderung radioaktiver Stoffe vorsehen.

Dieser Aspekt hat auch für den unfallfreien Betrieb Bedeutung. Die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung für Direkstrahlung im außerbetrieblichen Überwachungsbereich gelten nicht für Transporte. Der Schutz der Bevölkerung vor Direkstrahlung wird in GGVE und GGVS lediglich durch Grenzwerte für die Dosislastung an der Außenseite sowie in

1 m oder 2 m Entfernung von einem Versandstück oder einer einzelnen Wagenladung berücksichtigt, unabhängig davon, wieviele solcher Wagenladungen z. B. im Jahr einen bestimmten Punkt passieren. Es sei daran erinnert, daß z. B. in Beddingen die geplante Eisenbahn-Transportstrecke (Mittellage) in wenigen Metern Abstand an Wohnhäusern vorbeiführt. Bei der großen Zahl der Transporte stellt sich dabei auch noch die Frage, wie zuverlässig vermieden werden kann, daß bei betrieblichen Unregelmäßigkeiten nicht wiederholt Züge auf der Strecke für mehrere Stunden stehenbleiben müssen (was als Konsequenz eine erhöhte Strahlenbelastung der Anwohner mit sich bringt).

6.2.4. Gefährdung durch Transporte radioaktiver Abfälle

Die bei der gegebenen Rechtslage und dem gegebenen technischen Entwicklungsstand bestehende Gefährdung der Bevölkerung durch Transporte radioaktiver Abfälle ist der letztlich interessierende Punkt. Eine Abschätzung dieser Gefährdung (auch für andere atomare Transporte) bei Transporten per Schiene und Straße wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Forschung und Technologie in Auftrag gegebenen Projektes "Sicherheitsstudien Entsorgung" vorgenommen (PSE 1985, FB 7 und FB 8). Da diese Studie mit Abstand die aufwendigste, am meisten umfassende und ins Detail gehende einschlägige Arbeit in der BRD darstellt, muß sie hier erörtert werden. Es scheint naheliegend, ihre Ergebnisse nach Möglichkeit auf die Transporte zur Schachtanlage Konrad zu übertragen und derart Richtwerte für die konkrete Gefährdungssituation in der Umgebung zu gewinnen. Es soll jedoch gezeigt werden, daß dies aus zwei Gründen nicht zielführend ist:

- Das Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE) weist - obwohl zweifellos anerkennenswert wichtige Grundlagenarbeit zur Datenaufbereitung und Methodenentwicklung gele-

stet wurde - einige grundsätzliche Schwächen und Mängel auf, die zu einer Unterschätzung des Risikos führen;

- die Untersuchungen von PSE tragen den Besonderheiten im Raum Salzgitter natürlich keine Rechnung.

Auf einige grundsätzliche Schwächen von PSE wurde bereits an anderer Stelle (GRUPPE ÖKOLOGIE 1985) eingegangen (im Zusammenhang mit Annahmen zu Branddauern, Feuertemperaturen u. ä.). Wichtig erscheint weiterhin, daß in dem Teil der Studie, der Bahntransporte behandelt, zementierte Abfälle in verlorener Betonabschirmung sowie in Gußbehältern (TN-27) nicht zu den betrachteten Abfallarten zählen. Dies bedeutet eine große Lücke bei der Erfassung von Unfallabläufen, Freisetzungsmechanismen und freigesetzten Mengen radioaktiver Stoffe. Die bei dem Unfall in Gußbehältern behandelte Abfallart (unfixierter alpha-waste) wird nach heutigem Planungsstand in dieser Form gar nicht transportiert (GUTACHTER-ARGE 1986).

Sowohl bei der Behandlung von Schienen als auch von Straßentransporten zementierter Abfälle wird weiterhin möglichen freisetzungsvstärkenden Unfallabläufen bei kombinierter thermischer/mechanischer Belastung keine Aufmerksamkeit geschenkt. Bei kombinierter Belastung wird stets angenommen, die Freisetzungsmengen könnten einfach durch Addition der Anteile durch die beiden Belastungsarten bestimmt werden. Dabei wird außer Acht gelassen, daß bei thermischer Einwirkung nach vorhergegangener mechanischer Belastung ein neuer, spezifischer Freisetzungsmechanismus wirksam werden kann. Die Freisetzung durch thermische Einwirkung kann dann nicht nur durch Austreiben des im Zement enthaltenen Wassers stattfinden. Kleine Teilchen (bis einige mm Durchmesser), die bei der mechanischen Belastung entstanden sind und aus dem Behälter austreten, werden vielmehr zerbröseln, wenn sie auf über 700°C erhitzt werden.

Die entstehenden Partikel werden durch die Thermik des Feuers nach oben gerissen. Freisetzungsbuchteile von bis zu 2E-2 des Gesamtinventars (ohne Tritium und Halogene) sind möglich.

Beim Schienentransport könnte ein solcher Unfallablauf z. B. bei Zusammenprall des Abfallwaggons mit einer Diesellok bei Flankenfahrt oder bei Aufprall einer Diesellok auf einen auf den Schienen liegenden Betonbehälter mit anschließendem Brand eintreten; beim Straßentransport bei Zerstörung eines Transportbehälters durch Punktbelastung und Fahrzeugbrand.

Abfälle aus 4 der 6 im PTB-Plan angegebenen Abfallproduktgruppen (Gruppen 01, 03, 04 und 06) werden in PSE überhaupt nicht betrachtet. Aus Abfallproduktgruppe 02 werden lediglich kontaminierte Textilabfälle betrachtet.

In PSE werden bundesweit Transportwege für verschiedene Konstellationen von Entsorgungsanlagen untersucht. Die Ergebnisse beziehen sich auf das gesamte Bundesgebiet. Ein anteiliges Umrechnen auf Teilgebiete wäre - auch bei hypothetischer Vollständigkeit und Fehlerfreiheit der Studie - nur dann zielführend, wenn es sich um Gebiete mit durchschnittlichen Eigenschaften handeln würde. Es gibt jedoch viele Anzeichen, daß dies für den Raum Salzgitter nicht zutrifft.

Ganz abgesehen von der bereits angesprochenen großen Zahl der Transporte insgesamt, die schon allein eine entsprechend höhere Gesamtwahrscheinlichkeit für Unfälle pro Jahr bewirkt, kann eine Reihe von Faktoren identifiziert werden, die aller Voraussicht nach auch zu einer überdurchschnittlich hohen Unfallwahrscheinlichkeit pro Transportvorgang führen:

- Es handelt sich um ein Industriegebiet mit hoher Verkehrsdichte (PTB-Plan S. 3.2.6.1). Es ist davon auszugehen, daß gerade Transporte gefährlicher Güter (brennbare, ex-

plosive Stoffe usw.) eine besonders hohe Häufigkeit aufweisen.

- Die geplante Strecke für den Antransport radioaktiver Abfälle per Schiene weist zahlreiche Bahnübergänge auf, läuft streckenweise in geringem Abstand parallel zu einer Straße und berührt (Variante Mittellage) Hafenanlagen, in denen auch brennbare Güter in größeren Mengen gelagert werden. Die Variante Mittellage führt überdies direkt durch die Ortschaft Beddingen.
- An der geplanten Bahntransportstrecke gibt es zahlreiche Verzweigungspunkte, an denen Zusammenstöße mit Flankenfahrt möglich sind. Besonders erwähnenswert ist die Verzweigung bei Groß-Gleidingen, die sich direkt bei einem höhengleichen Bahnübergang befindet; hohe Verkehrsdichte und hohe Zuggeschwindigkeiten sind dort gegeben. Wohnhäuser befinden sich in unmittelbarer Nähe.

Auf die Möglichkeit erhöhter Strahlenbelastung von Anwohnern der Transportstrecken, v. a. bei ungeplanten Aufenthalten der Transporte auf der Strecke, wurde bereits hingewiesen. Sowohl in Hinblick auf die Gefährdung durch Unfälle als auch die Strahlenbelastung im unfallfreien Transport stellt sich die Streckenvariante Mittellage besonders ungünstig dar. Es ist zu beanstanden, daß dieser Variante im PTB-Plan aus Erwägungen der Flächennutzungsmöglichkeiten der Vorzug gegeben wird (S. 3.2.4.1-6 PTB-Plan), ohne daß offenbar eine Abwägung aus vorrangigen Sicherheitsgesichtspunkten erfolgt ist.

Insgesamt handelt es sich bei der Gefährdung durch Transporte radioaktiver Abfälle zur Schachtanlage Konrad keineswegs um ein vernachlässigbares Problem. Radioaktivtransporte stellen an sich bereits ein Risiko dar, das durch das Zusammentreffen mehrerer Umstände im Raum Salzgitter besonders erhöht würde.

Die Gefährdung durch Transporte müßte im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens behandelt werden. Zwar wird sie durch Vorgänge hervorgerufen, die nicht auf dem Anlagengelände stattfinden und nicht direkt Teil des Anlagenbetriebes im engeren Sinne sind. Doch ist sie dennoch durch den Einlagerungsbetrieb in der Schachtanlage Konrad sowie durch die Standortwahl bestimmt:

- Wenn in der Schachtanlage Konrad radioaktive Abfälle eingelagert werden, führt dies nicht nur dazu, daß Transporte radioaktiver Abfälle überhaupt im Raume Salzgitter stattfinden; es bewirkt auch direkt, daß Transporte in großer Zahl durchgeführt werden müssen.
- Die Wahl des Standortes bedeutet, daß die Antransporte durch eine Region mit überdurchschnittlich hoher Verkehrsichte und einigen besonderen Problempunkten an den Transportwegen erfolgen.

Wenn die Problematik der möglichen Auswirkungen der Antransporte radioaktiver Abfälle auf die Region Salzgitter nicht im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens behandelt wird, kann sie zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr ausreichend analysiert und geltend gemacht werden. Wie oben dargelegt, sehen die Rechtsvorschriften zum Transport radioaktiver Stoffe keine Berücksichtigung regionaler Besonderheiten und Gegebenheiten (auch nicht die Auswirkungen einer hohen Transportdichte) vor. Zum Teil sind nicht einmal für Transportbehälter und Transportvorgänge Genehmigungen erforderlich.

6.2.5. Mögliche Konsequenzen eines schweren Transportunfalles

Hier kann lediglich beispielhaft und kurz ein mögliches Unfallszenario erörtert werden, um die Bedeutung der Transportpro-

blematik weiter zu illustrieren (vgl. auch GRUPPE ÖKOLOGIE 1985).

Eine mit 50 bis 70 km/h fahrende Diesellok trifft an einer Verzweigungsstelle schräg seitlich auf einen mit radioaktiven Abfällen beladenen, langsam fahrenden Waggon (oder fährt, z. B. in einem Bahnhof, auf einen stehenden Waggon mit Abfällen auf). Der Waggon habe drei Betonbehälter mit zementierten Abfällen geladen. Er wird von der Lok überrollt und dabei zerstört; die drei Betonbehälter werden durch das Gewicht der Lok zerstört. Mindestens ein Treibstofftank der Lok schläg leck, es kommt zu einem Brand. Das zerstörte Abfallgebinde liegt 15 Minuten in einem Feuer mit einer Temperatur über 800°C.

Ein Teil der Behälterinhalte wird durch die mechanische Belastung in 0,005 bis 5 mm große Teilchen zerlegt. Diese werden auf über 700°C erhitzt. Sie zerfallen, und rd. 2% des Gesamtinventars der drei Behälter wird als Aerosole mit einem Durchmesser = 10 µm freigesetzt und durch die Thermik des Feuers nach oben gerissen.

Die Auswirkungen der Cäsium-Freisetzung werden betrachtet (Cäsium zählt zu den flüchtigeren Stoffen und könnte u.U. auch noch mit einem höheren Anteil als 2% freigesetzt werden). Mangels Angaben im PTB-Plan über das Inventar realer Abfallbehälter wird konservativ davon ausgegangen, daß der Behälter jene Mengen an Cäsium-134 und -137 enthält, die dem restriktivsten im PTB-Plan angegebenen Aktivitätswert entsprechen (Betonbehälter Typ III, Grenzwert aus Analyse der thermischen Belastung des Wirtsgesteins: 1.0E+13 Bq/Gebinde Cs-137, 1.3E+13 Bq/Gebinde Cs-134 (S. 3.3.4-7 und -9)).

Es kommt dann zu einer Freisetzung von 6.0E+11 Bq Cs-137, und 7.8E+11 Bq Cs-134 (Bei Zugrundelegen der Aktivitätswerte des PTB-Plans, die aus der Störfallanalyse resultieren, wäre

die Freisetzung (Abfallklasse II) um mehr als den Faktor 20 größer).

Bei ungünstigen Wetterbedingungen kann noch in über 1 km Entfernung vom Unfallort eine potentielle Ganzkörperdosis durch gamma-Bodenstrahlung von über 25 rem auftreten. Die so betroffenen Gebiete müßten nach den Kriterien der Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke (GRS 1980, FB 8) Dekontaminationsmaßnahmen unterzogen werden. Außerdem werden Einschränkungen bzw. Verbote bei landwirtschaftlicher Produktion und Gartennutzung erforderlich. (Es sei daran erinnert, daß hier beispielhaft nur die Freisetzung von Cäsium betrachtet werden; die Beiträge der anderen Radionuklide kommen noch hinzu).

6.2.6. Zusammenfassende Wertung der Transportproblematik

Zur Transportproblematik ist zusammenfassend folgendes festzustellen:

- (1) Transportwege und -vorgänge beim Abtransport radioaktiver Stoffe (z. B. Abläufe auf dem Übergabebahnhof Beddingen) werden im PTB-Plan praktisch nicht dargestellt.
- (2) Die Zahl der Radioaktivtransporte zu Schacht Konrad 2 wird im Jahresmittel weit über jener bei allen anderen kerntechnischen Anlagen der Bundesrepublik Deutschland liegen (einschließlich der WAA Wackersdorf).
- (3) Die Rechtsvorschriften für den Transport radioaktiver Stoffe weisen schwerwiegende Lücken bei der Genehmigung und Kontrolle besonders bei Transporten von Industrie- und Typ A-Verpackungen auf, die bei Schacht Konrad einen nennenswerten Anteil der Gesamtmenge ausmachen.

- (4) Die Rechtsvorschriften berücksichtigen weder im Hinblick auf Unfälle noch für den unfallfreien Transport Probleme, die sich aus überdurchschnittlich hohen Transportzahlen in einer Region ergeben.
- (5) Ein erhöhtes Risiko durch Radioaktivtransporte im Raum Salzgitter folgt weiterhin aus der dort gegebenen hohen Verkehrsdichte insgesamt, der Existenz zahlreicher höhen-gleicher Bahnübergänge und Verzweigungspunkte und der als bevorzugte Variante angesehenen Führung der Schienen-transporte durch die Ortschaft Beddingen.
- (6) Ein schwerer Transportunfall kann noch in über 1 km Ent-fernung vom Unfallort Dekontaminationsmaßnahmen erforder-lich machen. Mit Einschränkungen bzw. Verboten bei land-wirtschaftlicher Produktion und Gartennutzung muß gerech-net werden.

6.3. Quellenverzeichnis zu Kapitel 6

ATW (1987): atomwirtschaft/atomtechnik, April 1987, S. 165.

Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter vom 06. August 1975 (BGBl. I, S. 2121), geändert 1980.

GGVE: Gefahrgutverordnung Eisenbahn/Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn vom 23. August 1979 (BGBl. I, S. 1502), geändert 1983, 1986.

GGVS: Gefahrgutverordnung Straße/Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße vom 28. August 1979 (BGBl. I, S. 1509), geändert 1983, 1985.

GRS (1980): Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH; Deutsche Risikostudie Kernkraftwerke. Fachband 8: Unfallfolgenrechnungen und Risikoergebnisse, GRS-A-468, Nov. 1980.

GRUPPE ÖKOLOGIE (1985): H. Burdorf et al.; Gutachten zu den Gefahren für die Nürnberger Bevölkerung durch den Transport radioaktiver Stoffe von und zu der Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf, erstellt im Auftrag der Stadt Nürnberg, August 1985.

GSF (1982): Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH; Abschlußbericht der Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für dieendlagerung radioaktiver Abfälle, München 1982.

GUTACHTER-ARGE (1986): Gutachter-ARGE Wiederaufarbeitungsanlage Bayern; Stellungnahme zum Gutachten der Gruppe Ökologie e. V., Hannover, zu den Gefahren für die Nürnberger Bevölkerung durch den Transport radioaktiver Stoffen und zu der Wiederaufarbeitungsanlage Wackersdorf, Juli 1986.

IAEO (1973, 1985): International Atomic Energy Agency; Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials, 1973 Revised Edition (Amended 1979) und 1985 Edition, Safety Series No. 6, IAEA, Wien.

PSE (1985): Hahn-Meitner-Institut; Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung. Fachband (FB) 7: Sicherheitsanalyse der Transporte von radioaktiven Materialien für den Verkehrsträger Schiene; Fachband 8: Sicherheitsanalyse der Transporte von radioaktiven Materialien für den Verkehrsträger Straße. Berlin, Januar 1985.

PTB (1985): Jahresbericht der PTB für das Jahr 1984, Braunschweig, Februar 1985.

PTB (1986): Jahresbericht der PTB-Abteilung SE (Sicherstellung undendlagerung radioaktiver Abfälle), Braunschweig, April 1986.

RISIKOUNTERSUCHUNGEN (1983): Risikountersuchungen zu Leichtwasserreaktoren - Analytische Weiterentwicklung zur "Deutschen Risikostudie Kernkraftwerke", Bd. II, Öko-Institut Freiburg.

WEHNER, G. (1981): Juristische und administrative Aspekte bei der Beförderung und Lagerung radioaktiver Stoffe, Referat auf einem Seminar des Landesgewerbeamtes Stuttgarts, 3./4. Juni 1981.

WIESER, K. E. (1987): Compliance Assurance in the Federal Republic of Germany, in: PATRAM '86, Proceedings of a Symposium, IAEO, Wien, Januar 1987, S. 95-102.

7. GEOLOGIE, GEBIRGSMECHANIK UND LANGZEITSICHERHEIT

7.1. Einleitung

Die Eignung des Standortes Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle wird langfristig von der Wirksamkeit der geologischen Barriere bestimmt. Sie muß verhindern, daß aus dem eingelagerten Abfall freigesetzte Radionuklide in Konzentrationen in die Biosphäre gelangen, die zu unzulässigen Strahlenexpositionen führen können. Der Nachweis der Funktionstüchtigkeit der geologischen Barriere ist entsprechend den "Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk" der Reaktorsicherheitskommission (RSK 1983) durch eine Sicherheitsanalyse zu führen. Dabei werden die mit Hilfe mathematischer Modellrechnungen prognostizierten Strahlenexpositionen, die sich unter bestimmten Voraussetzungen aus der Freisetzung der Radionuklide und ihrem Transport durch das Grundwasser in die Biosphäre ergeben, an den in § 45 der Strahlenschutzverordnung festgelegten Grenzwerten gemessen.

Im Rahmen der Bewertung der geologischen Eignungsaussagen des PTB-Plans ist daher zu überprüfen, ob

- das geologische Barrièresystem hinsichtlich Zusammensetzung, Lagebeziehungen sowie gebirgsmechanischem Beanspruchungszustand vollständig und angemessen beschrieben wird,
- das für die mathematische Modellierung der Radionuklidausbreitung verwendete Verfahren angemessen und die benutzte Datenbasis qualitativ und quantitativ ausreichend sind,
- die aus den Modellrechnungen abgeleitete Standortbewertung nachvollziehbar und angemessen ist.

Da das Schwerpunkt der Standortbewertung auf den Ergebnissen der Modellrechnungen liegt, stehen bei der Bewertung der geologischen Eignungsaussage des PTB-Plans die mit der Modellierung und der Bewertung der Rechenergebnisse verbundenen Aspekte im Vordergrund. Die im PTB-Plan enthaltene geologische Beschreibung des Standortes Konrad wird dagegen eher pauschal behandelt. Bei der Überprüfung der Aussagen des PTB-Planes zur Gebirgsmechanik werden entsprechend neben der Beurteilung verschiedener Teilaussagen hauptsächlich Aspekte der Integrität der geologischen Barriere berücksichtigt. Ebenfalls unter dem Gesichtspunkt der Langzeitsicherheit abgehandelt wird der Abschluß des Betriebs. Nicht gesondert behandelt werden die Aussagen des PTB-Plans zu Hydrologie und Wasserwirtschaft sowie zur Grundwasserchemie.

Die angemessene inhaltliche Auseinandersetzung mit den Planunterlagen stößt auf erhebliche Schwierigkeiten, die in der unzulänglichen Präsentation des PTB-Plans begründet sind:

Von einzelnen Abschnitten abgesehen, besteht der PTB-Plan nämlich aus einer Aneinanderreihung von Behauptungen, deren Wahrheitsgehalt nicht überprüfbar ist, weil i. d. R. weder deren im Rahmen der Standortuntersuchung erarbeiteten Grundlagen noch etwaige andere Quellen angegeben werden. Von wenigen Ausnahmen abgesehen werden Basisdaten nicht dokumentiert. In der Regel ist daher nicht nachvollziehbar, ob sich die Behauptungen auf konkrete Untersuchungsbefunde stützen, ob es sich dabei um interpretierte Befunde handelt oder ob lediglich allgemeine, z. B. regionalgeologische Kenntnisse in konkrete Behauptungen umgesetzt werden. Etwa vorhandene Interpretationspielräume werden - wenn überhaupt - i. d. R. nicht nachvollziehbar diskutiert.

Das gilt für die Beschreibung der geologischen Barriere, die Ausführungen zur Gebirgsmechanik sowie für die Bewertung der

geologischen Barriere im Rahmen der Sicherheitsanalyse, die dadurch in entscheidenden Aussagen nur schwierig nachvollziehbar ist.

7.2. Beschreibung der geologischen Barriere im PTB-Plan

Für die Beurteilung des Standortes Konrad sind vor allem die Modellberechnungen zur Grundwasserbewegung bzw. zur Radionuklidauströmung aus dem potentiellen Endlager und die Aussagen zur Langzeitsicherheit von Bedeutung. Diese Berechnungen müssen sich jedoch auf eine ausreichende Datenbasis über Gesteins-eigenschaften und Lagebeziehungen der Gesteine zueinander stützen. Die umfassende Beschreibung der Standortsituation hinsichtlich Stratigraphie und Sedimentpetrographie, Strukturgeologie, Hydrogeologie und Hydrologie ist daher unabdingbare Voraussetzung für die angemessene Modellierung der Grundwasserbewegung und Radionuklidauströmung. Die dieser Beschreibung (PTB-Plan Kap. 3.1.9) zugrundeliegende Grundkonzeption des geologisch-hydrogeologischen Aufbaus der Standortregion ist i. W. unstrittig. Die daraus abgeleiteten Folgerungen für die Abgrenzung des Gebietes decken sich weitgehend mit den Forderungen von APPEL et al. (1983). Daher erübrigert sich zwar die Beschreibung der geologischen Standortverhältnisse an dieser Stelle, nicht jedoch eine Diskussion der Bedeutung der geologischen Befunde im Rahmen der Eignungsdiskussion.

Informationen zur Charakterisierung der am Standort Konrad vorhandenen Gesteine und ihrer Lagebeziehungen sind auf verschiedene Stellen des entsprechenden Kapitels des PTB-Plans (3.1.9) aufgeteilt. Dabei kommt es teils zu Wiederholungen, teils zur inhaltlich unangemessenen Aufgliederung von Informationen. Nach welchen Gesichtspunkten die Einzelinformationen auf die Einzelkapitel verteilt worden sind, ist nicht immer nachvollziehbar. Die in den verschiedenen Abschnitten zu ein und

demselbem Sachverhalt angeführten Informationen sind teilweise unterschiedlich, z. T. stehen sie in Widerspruch zueinander. Diese formale Unzulänglichkeit erschwert in erheblichem Maße die Nachvollziehbarkeit der präsentierten Informationen und deren Bewertung.

7.2.1. Abgrenzung des Arbeitsgebietes

Die im PTB-Plan vorgenommene Begrenzung des detailliert zu beschreibenden und bei der Bewertung der Standorteignung zu berücksichtigenden Arbeitsgebietes ist i. W. durch die hydrogeologisch-hydraulischen Randbedingungen für die Modellierung der Grundwasserbewegung und Nuklidausbreitung (s. 7.3.) vorgegeben. Im PTB-Plan (S. 3.1.10.3-1, S. 3.1.10.4-2) finden sich dazu leicht differierende Angaben.

Grob ausgedrückt handelt es sich um den Bereich zwischen den Strukturen Harly und Salzgitterer Höhenzug im Süden und Südwesten, der Salzstockreihe Broistedt - Vechelde - Rolfsbüttel im Westen, der Oderwaldstruktur mit den Salzstöcken Werlaburgdorf und Thiede im Osten und der Allerniederung im Norden. Diese Abgrenzung des Arbeitsgebietes, die bereits von APPEL et al. (1983) gefordert worden war, ist aus geologischer Sicht sinnvoll. Für die Festlegung des Gebietes für Modellrechnungen bedarf es allerdings detaillierter hydraulischer Informationen (s. 7.4.2.).

Der Standort Konrad liegt im Südabschnitt dieses Gebietes. Im PTB-Plan ist davon entgegen der selbst getroffenen Gebietsabgrenzung nur etwa ein Drittel detailliert dargestellt.

7.2.2. Kenntnisstand

Gegenüber den bereits vor längerer Zeit vorgestellten (GSF 1982) und bereits kritisch diskutierten (APPEL et al. 1983) Standortinformationen wurde der Kenntnisstand in jüngster Zeit durch die Umfahrung der vorgesehenen Einlagerungsfelder mit Erkundungsstrecken, durch die Bohrung Konrad 101 und die seismische Erkundung der Umgebung der Grube erheblich erweitert:

Mit der Umfahrung der vorgesehenen Einlagerungsfelder wurde den Anforderungen der Reaktorsicherheitskommission (RSK 1983) zur Erkundung des Einlagerungsbereiches Rechnung getragen. Sie lassen erkennen, daß die für das Grubengebäude erarbeiteten Gesteinscharakteristika i. W. auch auf den Bereich der Einlagerungsfelder übertragen werden können.

Durch die seismische Erkundung der Umgebung der Schachtanlage sind jetzt Verbreitung, Lagebeziehungen und Mächtigkeiten der stratigraphischen Großeinheiten dieses Gebietes relativ gut bekannt. Das gilt aus methodischen Gründen nicht für die Salzstockräder und Störungszonen. Zur strukturellen Entwicklung der Region wurden einleuchtende Vorstellungen entwickelt (JARITZ 1986). Insbesondere konnte die Verbreitung der sicherheitsmäßig besonders wichtigen Gesteinseinheiten Hilssandstein, Korallenoolith (Oxford) und Cornbrash-Sandstein geklärt werden. Es kann als gesichert angesehen werden, daß der Korallenoolith mit Ausnahme in Richtung Norden im Standortbereich Konrad allseits von gering durchlässigen Tonsteinserien umgeben ist. Zudem wurden verschiedene Verwerfungen mit teilweise erheblichen Versetzungsbeträgen identifiziert.

Unverständlichweise werden nicht alle im Rahmen dieser Erkundung erarbeiteten geologischen Schnitte präsentiert, so daß die genaue Position der Grube Konrad innerhalb des geologischen Gesamtrahmens undeutlich bleibt. Vor allem aber decken

die Untersuchungen nur etwa das südliche Drittel des Arbeitsgebietes ab. Im größeren Nordteil sind die Mächtigkeits- und Lagerungsverhältnisse nach wie vor nur unzureichend bekannt oder (zumindest im PTB-Plan) dokumentiert.

Besonders deutlich wird dies an den annähernd Nord-Süd verlaufenden Längsschnitten durch das Gebiet in den Anlagen 3.1.9.6/4 und 3.1.10.3/3 und Abb. 3.9.5/1 des PTB-Plans: Sie weisen im durch die seismische Erkundung besser bekannten Südabschnitt zahlreiche Verwerfungen auf, im Nordteil dagegen keine einzige. Diese Darstellung ist von der Realität zweifellos weit entfernt. Abweichend von diesen Profildarstellungen enthält ein Tiefenlinienplan des Oxford (PTB-Plan Anlage 3.1.10.3/2) auch im Nordabschnitt Verwerfungen mit erheblichen Versetzungsbeträgen (s. auch 7.4.3.3.), für deren Existenz jedoch keine Quellen angegeben werden.

Die Bohrung Konrad 101 erbrachte detaillierte stratigraphische und petrographische Kenntnisse sowie einige hydraulische Daten für die durchteufte Schichtfolge zwischen Quartär und Mittel-Bajocium (Dogger). Aus dem Umfang der Beschreibung ist zu schließen, daß tiefe Unterkreide und Oberjura besonders intensiv bearbeitet worden sind. Eine Gesamtdarstellung der mit der Bohrung erzielten Ergebnisse fehlt jedoch.

Mit Hilfe der stratigraphischen Ergebnisse für die Unterkreide konnten geophysikalische Bohrlochmessungen geeicht werden und so auch Vermessungen älterer Bohrungen überarbeitet werden. Danach wird im engeren Grubenbereich die Endlagerformation Korallenoolith nicht durch (hydraulisch leitende) Sandsteine der Unterkreide überlagert.

Die Bedeutung der erzielten hydraulischen Befunde ist unklar, weil sie zumindest für den Cornbrash-Sandstein mit vorliegenden Informationen nur schwer in Einklang zu bringen sind (s. 7.4.3.4.).

Gegenüber den aus dem Grubengebäude und der Bohrung Konrad 101 bekannten Gesteinseinheiten werden im PTB-Plan alle nicht direkt zugänglichen Gesteine älter als Cornbrash-Sandstein lediglich pauschal oder doch mit stark schwankendem Detaillierungsgrad oder z. T. unzutreffend beschrieben. Die Herkunft der präsentierten Informationen bleibt vielfach unbekannt, da - wie verbreitet in den Planunterlagen - Quellen nicht genannt werden. Daher ist i. E. durchaus unklar, wieweit die Angaben überhaupt auf den Standort übertragen werden können. Dadurch werden zwar Sicherheitsansprüche nicht zwangsläufig verletzt, doch verstärkt der Eindruck von Beliebigkeit nicht das Vertrauen in sicherheitsrelevante Grundaussagen des Berichtes:

So wird z. B. im Zusammenhang mit der Modellierung der Grundwasserbewegung die Bedeutung der Gesteinseinheiten Mittlerer bzw. Oberer Muschelkalk und Rhät (s. 7.4.2. und 7.4.3.5.) für die Abgrenzung bzw. die Hydraulik des Modellgebiets zwar betont, in der petrographischen Beschreibung werden diese und andere Einheiten i. d. R. aber pauschal, hinsichtlich des Detaillierungsgrades und der Qualität der benutzten Quellen eher zufällig abgehandelt.

Über die Verbreitung des Mittleren Muschelkalks finden sich beispielsweise folgende Angaben:

Nach S. 3.1.9.1-4 des PTB-Plans ist (unter Berufung auf PHI-LIPP 1960 und ROLL 1971) aufgrund paläogeographischer Erkenntnisse aus Nachbargebieten damit zu rechnen, daß im Mittleren Muschelkalk ein fast 100 m mächtiges Steinsalzlager vorhanden ist. Nach S. 3.1.9.6-14 enthält der Mittlere Muschelkalk undurchlässige Salzgesteine in weiter Verbreitung. Auf Seite 3.1.9.6-3 wird mitgeteilt, der Untere und Obere Muschelkalk seien durch den z. T. aus Salzgesteinen aufgebauten undurchlässigen Mittleren Muschelkalk getrennt. In der Tat enthält der Mittlere Muschelkalk in der Umgebung des Standortes bekannter-

maßen Steinsalzeinschaltungen. Allerdings ist unbekannt, ob nicht im Bereich Konrad ein Teil davon im Zuge der triadischen oder späteren Entwicklung der Salzstrukturen wieder aufgelöst worden ist oder ob nicht durch Verwerfungen mit entsprechenden Sprunghöhen lokal hydraulische Kontakte zwischen Unterem und Oberen Muschelkalk hergestellt worden sind. Belastbare konkrete Informationen zu dieser Frage enthält der PTB-Plan nicht. Die zitierten Quellen tragen zu ihrer Klärung nicht bei.

Der Untere Muschelkalk besteht nach S. 3.1.9.1-4 des PTB-Plans aus "Wellenkalk", in den die "Oolithkalk-Folge" eingeschaltet ist. Er schließt mit der "Schaumkalk-Folge" ab:

Wird unter der Schaumkalk-Folge die "Schaumkalkserie" im Sinne von ERNST & WACHENDORF (1968) verstanden, so ist die Beschreibung falsch, weil diese Einheit nicht den Abschluß des Unteren Muschelkalks bildet (zudem ist unbekannt, ob die entsprechenden stratigraphischen Abschnitte am Standort Konrad diese Bezeichnung überhaupt verdienen). Sollte mit Schaumkalk-Folge aber der "Bereich der Schaumkalkbänke" im Sinne STEINS (1968) gemeint sein (oder eine stratigraphische Entsprechung), so wäre die Beschreibung unvollständig, weil weitere identifizierbare Einheiten nicht erwähnt werden.

Insgesamt kann der vor allem mit der seismischen Erkundung (s. o.) erzielte Kenntniszuwachs nicht darüber hinwegtäuschen, daß die vorliegenden stratigraphischen und petrographischen Kenntnisse i. W. auf die Schichtfolge jünger als Dogger direkt am Standort und die Lagerungsverhältnisse in der engeren Umgebung der Schachtanlage Konrad beschränkt sind. Für alle älteren Einheiten und den größten Teil des Arbeitsgebietes bestehen jedoch nach wie vor erhebliche Kenntnislücken.

Angesichts der Tatsache, daß insbesondere die gezielt angesetzten seismischen Untersuchungen hinsichtlich der Langzeitsicher-

heit einen beträchtlichen Kenntniszuwachs gebracht haben, wären für den Rest des Arbeitsgebietes bei ähnlich detaillierter Untersuchung zweifellos ebenfalls erhebliche und unbedingt erforderliche Informationszugewinne zu erzielen. Das gilt vor allem deswegen, weil die Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung (s. 7.4.3.5.) erkennen lassen, daß der Übertritt von aus dem Endlager freigesetzten Radionukliden möglicherweise weit außerhalb des genauer untersuchten Gebietes erfolgen wird.

7.3. Gebirgsmechanische Untersuchungen und Prognosen

Hauptaufgabe der gebirgsmechanischen Untersuchung der Grube Konrad ist die Überprüfung der Standsicherheit der Grubenhohlräume (wichtig v. a. für die Betriebsphase), die Ermittlung der langfristig wirksamen (Konvergenz-) Bewegungen des Gebirges sowie eventuelle daraus resultierender Auswirkungen auf die geologische Barriere (v. a. Unterkreideschichten). Ein weiterer Aspekt ist die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des obertägigen Absenkungstroges. Die Überprüfung der diesbezüglichen Ausführungen des PTB-Planes erstreckt sich demnach auf die Kapitel 3.1.9.7 (Gebirgsmechanik) und 3.1.10.5 (gebirgsmechanische Bewertung) des PTB-Plans.

7.3.1. Gebirgsmechanische Untersuchungen

In Kapitel 3.1.9.7 des PTB-Planes wird eine Vielzahl von verschiedenartigen Messungen und Untersuchungen vorgestellt, die integrale Bestandteile des mit Einleitung des Planfeststellungsverfahrens am 31.08.1982 entworfenen gebirgsmechanischen Konzeptes sind. Diese Untersuchungen und Messungen zeigen laut PTB-Plan (S. 3.1.9.7-20), daß die Standsicherheit der Grube Konrad in ihrem jetzigen Zustand nicht in Frage gestellt ist.

Unabhängig vom tatsächlichen Wahrheitsgehalt dieser Aussage (zu beachten ist immerhin, daß die Grube Konrad im bergmännischen Sinn bisher tatsächlich beherrschbar gewesen ist) sind einzelne Aussagen im PTB-Plan (Kap. 3.1.9.7) zum gebirgsmechanischen Verhalten der Grubenhohlräume nicht eindeutig und/ oder nicht nachvollziehbar bzw. bewertbar. Im folgenden sollen die wesentlichen diesbezüglichen Aspekte dargestellt werden:

- (a) Konvergenzmessungen in Abbau- und Sohlenstrecken
(S. 3.1.9.7-8 bis 3.1.9.7-10 PTB Plan):

Die Konvergenzmessungen dienen der Erfassung von Verformungen, die durch Spannungsumlagerungen als Folge der Hohlraumerstellung auftreten. Die im PTB-Plan vorgenommene Interpretation der durchgeföhrten Konvergenzmessungen ist allerdings auf der Grundlage der im PTB-Plan gegebenen Informationen nicht nachvollziehbar. So werden zwar Zusammenstellungen der Meßstationen gegeben (Tab. 3.1.9.7/2 und 3.1.9.7/3 PTB-Plan), die Ergebnisse der durchgeföhrten Messungen werden jedoch nur für drei dieser Meßstellen dokumentiert (Abb. 3.1.9.7/8 und 3.1.9.7/9 PTB-Plan).

- (b) Verformungsmessungen in geneigten Meßbohrungen
(S. 3.1.9.7-12 PTB-Plan):

Diese Messungen dienen der Untersuchung möglicher Gebirgsverformungen sowie der Untersuchung möglicher rezenter Bewegungen an strukturell bedeutsamen Störungen (z. B. Bleckenstedter Sprung). Laut PTB-Plan sind zwei diesbezügliche Bohrungen bereits durchgeführt worden, und eine weitere Bohrung ist geplant. Die genauen Ansatzpunkte der Bohrungen sowie die Ergebnisse der beiden bereits durchgeföhrten Bohrungen sind im PTB-Plan nicht dokumentiert. Entsprechend sind Aussagen zu den Untersuchungsergebnissen dieser Bohrungen nicht möglich. Hinsichtlich der Untersuchung möglicher rezenter Bewegungen

an bedeutsamen Störungen im Grubenbereich ist die im PTB-Plan genannte Bohrung durch den Bleckenstedter Sprung offensichtlich die einzige getroffene Maßnahme; eine Einbeziehung weiterer bedeutsamer Störungen (z.B. Konrad-Sprung) ist offensichtlich nicht vorgesehen. Darüber hinaus bleibt offen, weshalb mit erheblichem Aufwand bereits in Gang gesetzte Untersuchungen der gleichen Zielrichtung (Neigungsmessungen mittels Bohrlochgezeitenpendel, GSF (1982, 1983)) im PTB-Plan nicht berücksichtigt werden.

(c) Spannungsmessungen

(S. 3.1.9.7-12 bis 3.1.9.7-13 PTB-Plan):

Mittels Überbohrversuchen und eines begleitenden Bohrlochaufweitungsversuchs ist der primäre Gebirgsspannungszustand ermittelt worden. Lage und Ergebnisse der Überbohrversuche sind im PTB-Plan nicht dokumentiert und entziehen sich deshalb der Beurteilung. Darüber hinaus muß angezweifelt werden, ob der durchgeführte eine Bohrlochaufweitungsversuch Ergebnisse erbracht hat, die repräsentativ für den gesamten Bereich des vorhandenen und geplanten Grubengebäudes sind.

(d) Markscheiderische Erfahrungen aus Verformungsmessungen in Abbaustrecken

(S. 3.1.9.7-18 bis 3.1.9.7-19 PTB-Plan):

Hierbei wird im PTB-Plan auf eine empirisch ermittelte Konvergenzformel (logarithmische Funktion) hingewiesen, mit deren Hilfe die Endkonvergenzen in verschiedenen Teilbereichen der Grube rechnerisch abgeschätzt werden können. Diese Funktion ist im PTB-Plan nicht dargestellt, jedoch ist der dortigen Quellenangabe zu entnehmen, daß es sich offensichtlich um eine von der GSF entwickelte Funktion handelt. Sollte es sich um diese von der GSF entwickelten Konvergenzformel handeln (GSF 1982), dann muß auf die Problematik dieser Formel und ihrer

Entwicklung, wie sie von APPEL et al. (1983: S. 181) dargestellt worden ist, verwiesen werden.

An anderer Stelle des PTB-Planes (S. 3.1.9.7-19) wiederum ist die Rede von "markscheiderischen Abschätzungsformeln". Diese Formeln werden im PTB-Plan weder dargestellt, noch wird ihre Ableitung aus markscheiderischen Beobachtungen gegeben. Deshalb kann die Aussage im PTB-Plan, daß sich die entsprechenden Rechenansätze für Vorausberechnungen und Planungen der Abbaufelder bewährt haben, nicht überprüft werden.

Die unter (a) bis (d) dargestellten Aspekte erlauben es insgesamt nicht, die im PTB-Plan gemachten Aussagen zum (Verformungs-) Verhalten des Gebirges und der Standsicherheit der Grube in ihrem jetzigen Zustand nachzuvollziehen. Abgesehen von der fehlenden Transparenz der Darstellung und einer nicht repräsentativen Untersuchung (Punkt (c)) ist die Mehrzahl der gewonnenen Meßergebnisse im PTB-Plan nicht dokumentiert. Folglich sind die daraus abgeleiteten Aussagen des PTB-Planes nicht nachvollziehbar.

7.3.2. Zukünftiges gebirgsmechanisches Verhalten

In Kapitel 3.1.10.5 des PTB-Plans wird mit Hilfe bergschadenskundlicher Verfahren und numerischer Modelluntersuchungen versucht, das zukünftige Verhalten des Systems Endlager-Deckgebirge zu beschreiben bzw. zu prognostizieren. Diese Vorausberechnungen sind für drei Gesichtspunkte von Bedeutung:

- Entwicklung des Absenkungstroges an der Erdoberfläche,
- Verformungsverhalten des "Deckgebirges" (v. a. der Barriere Unterkreide),

- Standsicherheit der geplanten Einlagerungsfelder bzw. des gesamten zukünftigen Grubengebäudes.

Laut PTB-Plan zeigen die entsprechenden Berechnungsergebnisse sowie die Summe der bergmännischen Erfahrungen, daß die Gesamtstabilität des Endlagers aus gebirgsmechanischer Sicht gegeben ist (S. 3.1.10.5-17 PTB-Plan). Eine Überprüfung dieser Aussage anhand der im PTB-Plan gegebenen Informationen ist jedoch nicht möglich.

Zwar werden bei den durchgeführten Modellrechnungen - soweit sie im PTB-Plan dargestellt sind - die in die Berechnungen eingehenden Stoffparameter aufgeführt (z. B. Abb. 3.1.10.5/11 PTB-Plan), es ist jedoch nicht ersichtlich, auf welcher Grundlage gerade diese in die Berechnungen eingehenden Parameter ausgewählt worden sind. Diese Unklarheit ist nicht zuletzt Folge des Sachverhalts, daß zwar ein Überblick über die durchgeführten gebirgsmechanischen Laboruntersuchungen, die der Ermittlung der im Modell benutzten Eingangsparameter dienen, gegeben wird (Tab. 3.1.10.5/1), die Ergebnisse der entsprechenden Untersuchungen jedoch nur in Form eines "Ergebnisüberblicks" dargestellt werden (Tab. 3.1.10.5/2 PTB-Plan). Diese selektive Darstellung der Untersuchungsergebnisse im "Ergebnisüberblick" ermöglicht nicht einmal in Verbindung mit Tab. 3.1.10.5/1 des PTB-Plans eine exakte Ortsbestimmung der jeweiligen Probenahmepunkte, und die z. T. angegebenen Mittelwerte der Untersuchungsergebnisse besitzen in ihrer isolierten Darstellungsform keine belastbare Aussagekraft (z. B. Streuung des Restverformungsmoduls um bis zu zwei Größenordnungen - s. Tab. 3.1.10.5/2, lfd. Nr. 9, PTB-Plan).

Darüber hinaus werden im PTB-Plan (S. 3.1.10.5/2) weitere Untersuchungen angesprochen (Kriechversuche, festigkeitsmechanische Untersuchungen), ohne daß die entsprechenden Ergebnisse auch nur auszugsweise dargestellt werden. Es ist dem PTB-Plan

nicht einmal zu entnehmen, welche Untersuchungen auch weiterhin noch durchgeführt werden sollen.

Im PTB-Plan sind noch weitere Aspekte identifizierbar, die eine Überprüfung der in den PTB-Planunterlagen gemachten Aussagen zur Gebirgsmechanik nicht zulassen:

- * Zur Untersuchung der Senkungen an der Erdoberfläche und der Deformation im "Deckgebirge" wird ein Rechenmodell aus der Bergschadenskunde benutzt. Die Beschreibung dieses Modells in den PTB-Planunterlagen (S. 3.1.10.5-12) ist sehr allgemein gehalten und erlaubt eine detaillierte Einschätzung des Modells nicht.
- * Zur Berechnung der Standsicherheit geplanter Einlagerungsfelder werden drei parallel angeordnete Einlagerungskammern (Kammer-Festen-Verhältnis 1:4) modelliert (abb. 3.1.10.5/11 PTB-Plan). Die Ergebnisse dieser Modellrechnung bestätigen laut PTB-Plan (S. 3.1.10.5-11) die "Gesamtstandfestigkeit des Felses".

Es bleibt allerdings fraglich, ob der modellierte Ausschnitt eines Einlagerungsfeldes die zukünftige Realität im Bereich von Einlagerungsfeldern ausreichend genau wiedergibt. Der Anlage 3.2.4.2/3 des PTB-Planes ist zu entnehmen, daß zumindest am jeweiligen "Kopfende" der Einlagerungsfelder zusätzliche Hohlräume erstellt werden müssen (Frischwetter- und Einlagerungs-transportstrecke, Abwettersammelstrecke, Wetterbohrlöcher, Nischen für Einlagerungsfahrzeuge). Der Einfluß dieser Strecken bzw. Hohlräume auf die Standsicherheit der Einlagerungsfelder ist im Modell offensichtlich nicht berücksichtigt worden. Entsprechend gelten die Aussagen der durchgeföhrten Berechnung bestenfalls für Hohlraumverhältnisse, wie sie der Berechnung zugrunde gelegt worden sind, nicht aber für andere Verhältnisse.

* Die numerische Modelluntersuchung zur großräumigen Beanspruchung des Gebirges in der weiteren Umgebung des geplanten Endlagers ist für drei verschiedene Schnitte durch den Bereich des Grubengebäudes durchgeführt worden (2 E-W-Schnitte, 1 N-S-Schnitt). Von diesen drei Schnitten wird im PTB-Plan nur der N-S-Schnitt dargestellt. Weiterhin ist - wie bereits festgestellt wurde - die Ableitung der in das Modell eingehenden Stoffparameter auch unter Berücksichtigung des "Ergebnisübersichts" (Tab. 3.1.10.5/2 PTB-Plan) aus den Planunterlagen heraus nicht nachvollziehbar.

Abgesehen von den nicht vollständig dokumentierten Ergebnissen der numerischen Modelluntersuchungen zur großräumigen Beanspruchung des Gebirges müssen die Ergebnisse der Modellierung aus zwei Gründen mit Vorsicht betrachtet werden:

(i) Es ist anzuzweifeln, ob die in das Modell eingegebenen Parameter tatsächlich repräsentativ sind für den gesamten im Modell betrachteten Gebirgsbereich. Dies gilt insbesondere für den Bereich des LHD-Feldes und die Unterkreide. Für das LHD-Feld stehen - soweit dem PTB-Plan entnehmbar - keine experimentell ermittelten Input-Daten für das Modell zur Verfügung. Für den Bereich der Unterkreide stehen nur sehr wenige Daten zur Verfügung (Proben aus den Schächten Konrad 1 und 2 sowie aus der Bohrung Konrad 101), die als nicht repräsentativ für den gesamten Bereich der Unterkreide gelten können. Die dem Modell letztendlich zugrundeliegende Annahme der Homogenität und Isotropie großer Gebirgsbereiche ist in Realität nicht gegeben (bzw. müßte gegebenenfalls nachgewiesen werden).

(ii) Die Realitätsnähe der durchgeföhrten Modellrechnungen kann nur durch eine Überprüfung der Ergebnisse der Modellierung an den real vorliegenden Verhältnissen festgestellt werden. Solange eine solche Verifizierung zumindest für den augenblicklichen Beanspruchungszustand des modellierten Gebirgsbe-

reichs nicht vorliegt, müssen die Ergebnisse der durchgeföhrten Modellrechnungen mit Skepsis betrachtet werden.

Dieses grundsätzliche Problem wird auch durch die Einföhrung sogenannter "konservativer Parameter" nicht gelöst. Untersuchungen zur Verifizierung des Modells sind deshalb in jedem Fall notwendig. Einen Beitrag dazu liefern kann u. U. die geplante Bohrung über dem LHD-Feld (S. 3.1.9.7-12 PTB-Plan); ausreichen kann diese einzige Bohrung jedoch nicht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Ausführungen im PTB-Plan zur Gebirgsmechanik in weiten Bereichen gekennzeichnet sind durch eine wenig transparente und unvollständige Dokumentation der durchgeföhrten Untersuchungen und der entsprechenden Untersuchungsergebnisse. Wesentliche Aussagen des PTB-Plans zum gebirgsmechanischen Verhalten sind deshalb auf der Grundlage der im PTB-Plan gegebenen Informationen nur unzureichend oder nicht nachvollziehbar. Des weiteren müssen die Ergebnisse der Modellberechnungen zum großräumigen Beanspruchungszustand des Gebirges als nicht ausreichend belastbar angesehen werden. Dies gilt insbesondere für eventuelle Auswirkungen auf die Barriere Unterkreide sowie den Bereich des LHD-Feldes und die in dessen Nachbarschaft vorgesehenen Einlagerungsfelder 2, 3 und 5. Bei einer Verletzung der Integrität der geologischen Barriere (v. a. Unterkreide), hervorgerufen durch großräumige Gebirgsbewegungen in Folge der Konvergenz der Grubenhohlräume, sind negative Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers nicht auszuschließen.

Hinsichtlich des Absenkungstroges an der Erdoberfläche sind nach den bisherigen Erfahrungen während und nach der Zeit des Erzabbaus mit größter Wahrscheinlichkeit keine schwerwiegenderen Probleme zu erwarten.

reichs nicht vorliegt, müssen die Ergebnisse der durchgeföhrten Modellrechnungen mit Skepsis betrachtet werden.

Dieses grundsätzliche Problem wird auch durch die Einföhrung sogenannter "konservativer Parameter" nicht gelöst. Untersuchungen zur Verifizierung des Modells sind deshalb in jedem Fall notwendig. Einen Beitrag dazu liefern kann u. U. die geplante Bohrung über dem LHD-Feld (S. 3.1.9.7-12 PTB-Plan); ausreichen kann diese einzige Bohrung jedoch nicht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Ausführungen im PTB-Plan zur Gebirgsmechanik in weiten Bereichen gekennzeichnet sind durch eine wenig transparente und unvollständige Dokumentation der durchgeföhrten Untersuchungen und der entsprechenden Untersuchungsergebnisse. Wesentliche Aussagen des PTB-Plans zum gebirgsmechanischen Verhalten sind deshalb auf der Grundlage der im PTB-Plan gegebenen Informationen nur unzureichend oder nicht nachvollziehbar. Des weiteren müssen die Ergebnisse der Modellberechnungen zum großräumigen Beanspruchungszustand des Gebirges als nicht ausreichend belastbar angesehen werden. Dies gilt insbesondere für eventuelle Auswirkungen auf die Barriere Unterkreide sowie den Bereich des LHD-Feldes und die in dessen Nachbarschaft vorgesehenen Einlagerungsfelder 2, 3 und 5. Bei einer Verletzung der Integrität der geologischen Barriere (v. a. Unterkreide), hervorgerufen durch großräumige Gebirgsbewegungen in Folge der Konvergenz der Grubenhohlräume, sind negative Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers nicht auszuschließen.

Hinsichtlich des Absenkungstropes an der Erdoberfläche sind nach den bisherigen Erfahrungen während und nach der Zeit des Erzabbaus mit größter Wahrscheinlichkeit keine schwerwiegenderen Probleme zu erwarten.

7.4. Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung und zur Radionuklidausbreitung

Die im PTB-Plan enthaltene Beurteilung der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers stützt sich i. w. auf die mathematische Modellierung der Freisetzung von Radionukliden aus dem eingelagerten Abfall, ihrer Abgabe aus dem Endlager in die Geosphäre, ihren Transport mit dem Grundwasser in die Biosphäre, ihre Ausbreitung in der Biosphäre und ihre Aufnahme durch den Menschen. Als Ergebnis dieser Modellrechnungen werden Strahlenexpositionen im menschlichen Körper präsentiert (PTB-Plan Kap. 3.9.7), die für einige Radionuklide in der Größenordnung der Grenzwerte nach § 45 Strahlenschutzverordnung liegen. Die berechneten Belastungen treten je nach betrachtetem Nuklid nach wenigen hunderttausend bzw. Millionen Jahren auf.

Die im Rahmen der Standortbewertung Konrad durchgeführten Modellrechnungen werden im PTB-Plan in zwei Schritten dargestellt:

Zunächst wurde die Grundwasserbewegung zwischen Endlager (bzw. Infiltrationsgebiet für das tiefe Grundwasser) und Biosphäre mit Hilfe eines dreidimensionalen Modells simuliert (PTB-Plan Kap. 3.1.10.3 und 3.1.10.4). Dabei ergaben sich bevorzugte Strömungswege, für die die Grundwassergeschwindigkeit und die Laufzeiten des Grundwassers vom Endlager bis in die Biosphäre berechnet wurden. Anschließend wurden mit eindimensionalen Modellen unter Berücksichtigung der übrigen beteiligten Prozesse die Strahlenexpositionen berechnet, die aus der Radionuklidausbreitung über diese Strömungswege (PTB-Plan Kap. 3.9) resultieren.

Da diese Berechnungen auf Basis der heutigen hydrogeologischen und hydrologischen Situation erfolgten, wurden im Rahmen der Bewertung der Langzeitsicherheit außerdem Betrachtungen

über solche Ereignisse angestellt, durch die die hydraulische Situation verändert oder sonstwie die Funktionstüchtigkeit der Barriere beeinträchtigt werden kann (PTB-Plan Kap. 3.1.10.6, s. 4.).

7.4.1. Eingesetzte Programme und Modelle

Die angemessene mathematische Modellierung der Grundwasserbewegung mit dem Ziel, die Ausbreitung von Radionukliden zu prognostizieren, ist nur bei Erfüllung bestimmter Anforderungen möglich:

- Das verwendete Programm muß geeignet sein.
- Das Modellgebiet muß räumlich und hydraulisch genau definiert sein.
- Der "Motor" der Grundwasserbewegung muß bekannt sein.
- Die hydrogeologische Situation muß mit ausreichender Genauigkeit modellierbar sein.
- Das Ergebnis der Modellrechnungen muß überprüfbar sein.

Die Berechnung der Grundwasserbewegung wurde mit dem Rechenprogramm SWIFT ausgeführt, mit dem die dreidimensionale Modellierung der Radionuklidausbreitung möglich ist. Daß im Rahmen der Standortbewertung Konrad nur die Grundwasserbewegung dreidimensional modelliert wurde, nicht aber die Radionuklidausbreitung, ist auf mangelnde Rechnerkapazität zurückzuführen.

Das Programm SWIFT ist für die Berechnung der Radionuklidausbreitung in porösen Grundwasserleitern entwickelt worden. Seine generelle Einsetzbarkeit für diesen Zweck kann nach Vergleich mit anderen Programmen und analytische Überprüfung von mit SWIFT erzielten Ergebnissen als gesichert angesehen werden.

Der Einsatz von SWIFT setzt die Gültigkeit des Darcy-Gesetzes voraus. Da es sich bei einem Teil der zu betrachtenden Grundwasserleiter, insbesondere dem Korallenoolith, um Kluftgrundwasserleiter handelt, für die das Darcy-Gesetz nicht generell gilt, ist nachzuweisen, daß das Programm trotzdem eingesetzt werden kann. Das wäre bei annähernd homogener Verteilung und geringer Öffnungsweite der Klüfte im gesamten Modellgebiet der Fall.

Das Problem wird im PTB-Plan zwar angesprochen (S.3.1.10.4-1), doch wird nicht mitgeteilt, aufgrund welcher konkreten Kenntnisse oder Überlegungen die Gültigkeit des Darcy-Gesetzes für das gesamte Arbeitsgebiet und alle Grundwasserleiter vorausgesetzt wird. In diesem Zusammenhang ist zu betonen, daß beim oben erwähnten Programmtest und -vergleich das Programm SWIFT auf Kluftaquifere nicht angewendet worden ist.

Offenbar als Grundlage für die Modellierung mit dem Programm SWIFT wurden mit einem zweidimensionalen hydrogeologischen Modell entlang eines Schnittes vom Salzgitterer Höhenzug bis zum Salzstock Calberlah Berechnungen der Abstandsgeschwindigkeit durchgeführt (PTB-Plan Kap. 3.1.10.3). Grundlage dafür waren die heutigen hydraulischen Verhältnisse, soweit sie überhaupt bekannt sind. Die Berechnungen dienten vor allem der Festlegung von charakteristischen Durchlässigkeitsbeiwerten aus einer vorgegebenen Bandbreite von für möglich erachteten Werten, wobei nach dem "Konservativitätskonzept" (PTB-Plan S. 3.1.10.3-3) vorgegangen wurde. Die Ergebnisse sind – abgesehen von den letztlich verwendeten Durchlässigkeitsbeiwerten – nicht im Detail dargestellt. Es kann daher i. E. nicht überprüft werden, wieweit dabei tatsächlich konservativ verfahren wurde.

Als Kriterium für die Genauigkeitsansprüche an die Eingabedaten für dieses Modell wurde "Die Verlässlichkeit der Modellrech-

nungen für lange Zeiten herangezogen" (PTB-Plan S. 3.1.10.3-3). Da die Modellrechnungen Laufzeiten des tiefen Grundwassers von mehr als 100.000 Jahren erbrachten, nach PTB-Plan (Kap. 3.9.2) Langzeitprognosen über Zeiträume größer als etwa 10.000 Jahre aber nicht möglich sind, muß unterstellt werden, daß die Anforderungen an die Genauigkeit, soweit sie aus den Ansprüchen an Datenmenge und -qualität abgelesen werden kann (s. 7.4.3.5.), nicht sehr hoch gewesen sind.

7.4.2. Definition des Modellgebietes

Die mathematische Modellierung der Grundwasserbewegung innerhalb eines Modellgebietes setzt die Bilanzierung derjenigen Grundwassermengen voraus, die die Grenzen des Modellgebietes überschreiten. Das ist dann besonders einfach, wenn die Modellgrenzen in der Natur von "undurchlässigen" Gesteinskörpern, Wasserscheiden oder Vorflutern gebildet werden, über die ein Wasseraustausch mit den Nachbargebieten nicht möglich ist. In diesem Fall kommen lediglich Grundwasserneubildungs- und -austrittsgebiete als Bereich grenzüberschreitender Wasserbewegung infrage. Für die Eignungsbewertung des Standortes Konrad muß zusätzlich die Bedingung erfüllt sein, daß das Endlager und der Ort des Radionuklidübertritts in die Biosphäre innerhalb des Modellgebietes liegen.

Als natürliche "undurchlässige" Grenzen des für die Ausbreitungsrechnungen zugrundegelegten etwa 14 x 49 km großen und etwa N-S-verlaufenden Modellgebietes werden angesehen (PTB-Plan S. 3.1.10.3-1):

oben: die Oberfläche des oberen Grundwasserstockwerks,

unten: das Salzlager des Mittleren Muschelkalk,

Süden: die Grundwasserscheide des Salzgitterer Höhenzuges und der Salzstock Flachstöckheim,

Westen: die Salzstockkette Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel,

Osten: die Oderwaldstruktur (mit dem Salzstock Thiede) und der Salzstock Bechtsbüttel,

Norden: die Allerniederung im Bereich des Salzstocks Calberlah.

Dort, wo die Salzstrukturen unterbrochen sind, sollen tektonische Verstellungen und Transgressionshorizonte natürliche Grenzen darstellen (PTB-Plan S. 3.1.10.3-1). Welche das i. E. sind und woraus sich ihre abdichtende Wirkung im konkreten Einzelfall ergibt, wird nicht mitgeteilt. Die Abgabe von Wasser aus dem Modellgebiet wird lediglich für das obere Grundwasserstockwerk zwischen dem Salzgitterer Höhenzug und dem Salzstock Broistedt durch das Entwässerungssystem der Fuhse unterstellt.

Insbesondere dort, wo Salzstrukturen das Modellgebiet begrenzen, ist diese Abgrenzung zwar prinzipiell nachvollziehbar, doch bleibt im Einzelfall offen, wieweit unkontrollierter Wasseraustausch mit Nachbargebieten tatsächlich ausgeschlossen ist:

So ist die unterstellte flächenhafte Verbreitung des Steinsalzes im Mittleren Muschelkalk durchaus fraglich, zumindest werden im PTB-Plan keine Beweise für die Bestätigung dieser Annahme vorgelegt (s. 7.2.2.).

Im Süden erstreckt sich das zu betrachtende hydraulische System über den Salzstock Flachstöckheim nach Süden bis in den Winkel zwischen Oderwald-Struktur, Harly-Struktur und Salzgitterer Höhenzug. Im Harly treten Triasserenien (einschließlich Oberer Muschelkalk) an die Oberfläche. Über die Konfiguration der tiefen Grundwasserleiter der Zonen zwischen den Strukturen Salzgitterer Höhenzug, Harly und Oderwald-Sattel ist wenig bekannt. Insgesamt ist aber nicht auszuschließen, daß über diese

Zonen Verbindungen zur Nachbarregionen bestehen, die den generellen Grundwasserabstrom nach Norden regional modifizieren. Daraus resultierende interne Modifizierungen des hydraulischen Systems sind ebenfalls nicht auszuschließen.

Auch nach Osten und Westen sind hydraulische Verbindungen unbekannten Ausmaßes nicht auszuschließen. Das gilt insbesondere für den Salzstock Thiede, wo Triasgesteine an der Oberfläche anstehen.

7.4.3. Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung

7.4.3.1. Ursachen der Grundwasserbewegung

Nach den Modellannahmen des PTB-Plans findet die Grundwasserneubildung für den tiefen Grundwasserleiter (ab Korallenoolith) im Salzgitterer Höhenzug statt. Dort stehen die Gesteine der tiefsten betrachteten Grundwasserleiter (Oberer Muschelkalk, Rhät) direkt an der Erdoberfläche bzw. unter geringer Bodenbedeckung an. Das Austrittsgebiet für das tiefe Grundwasser wird in der Allerniederung, und zwar im Bereich des Salzstocks Calberlah, gesehen. Dort stehen wahrscheinlich Gesteine des Oxford mit den Quartärserien des oberflächennahen Grundwasserstockwerks in hydraulischer Verbindung. Der Grundwasserspiegel liegt im Salzgitterer Höhenzug etwa 140 m höher als in der Allerniederung. Das resultierende Druckgefälle ist verantwortlich für die Bewegung des tiefen Grundwassers nach Norden.

Für das zwischen beiden Zonen liegende Gebiet wird die Existenz von weiteren Grundwasserneubildungsgebieten für die tiefen Grundwasserleiter, durch die Modifizierungen dieses Fließsystems verursacht werden könnten, ausgeschlossen. Zum mindest am Salzstock Thiede, wo Gesteine der Trias an der Oberfläche und in Oberflächennähe anstehen, ist aber die Infiltration in

(oder Exfiltration aus) Oberen Muschelkalk und Räht nicht von vornherein auszuschließen.

Insgesamt enthält der PTB-Plan keine Beweise dafür, daß das die Konradregion durchströmende tiefe Grundwasser tatsächlich und, wenn ja, ausschließlich im Bereich Calberlah in das obere Grundwasserstockwerk eingespeist wird. Eine Überprüfung dieser wichtigen Grundannahme wurde offenbar nicht versucht (s. 7.4.3.6.). So enthält der PTB-Plan keine Angaben zur Ausdehnung des Infiltrations- und des Exfiltrationsgebietes oder gar zu den Neubildungs- und Exfiltrationsraten für das tiefe Grundwasser, mit denen - zum Vergleich mit den Modellergebnissen - eine überschlägige Bestimmung des Grundwasserstroms zwischen Salzgitterer Höhenzug und Allerniederung möglich gewesen wäre. Es sind lediglich regionsspezifische Neubildungsraten bestimmt worden (PTB-Plan Kap. 3.1.9.5.3).

7.4.3.2. Modellierung der hydrogeologischen Situation

Für die Nachbildung der natürlichen Lagerungsverhältnisse wird das im Fall Konrad annähernd quaderförmige Modellgebiet in ebenfalls quaderförmige Einzelemente aufgeteilt, deren Größe und damit Zahl sich i. W. nach der Rechnerkapazität richtet. Jedem Element werden hydraulische Kenndaten zugeordnet.

Die Nachbildung der natürlichen Anordnung der Gesteine erfolgt so, daß Elemente bzw. Elementgruppen, deren Raumlage im Modell der natürlichen Anordnung der Gesteine möglichst nahekommt, mit den entsprechenden hydraulischen Kennwerten belegt werden. Wegen der nach Form und Zahl starren Anordnung der Modellelemente ergeben sich Modellierungsschwierigkeiten insbesondere bei stark gebogenen oder durch Verwerfungen versetzten Schichten und bei Schichten, deren Mächtigkeit die maximale Elementmächtigkeit erheblich unterschreitet. Jedenfalls müssen

für jedes Element entsprechende Informationen vorliegen, d.h. Lagerungsverhältnisse und hydraulische Parameter müssen möglichst genau bekannt sein.

Die kleinsten Kantenlängen eines Elementes sind 1 km (Nord-Süd-Richtung), 0,75 km (Ost-West-Richtung) und 0,1 km (Tiefe). Hydraulisch eindeutig charakterisierte Gesteinsbereiche mit Maximalausdehnungen in einer dieser Richtungen deutlich kleiner als diese Dimensionen können daher nicht mehr "direkt" modelliert werden. Das trifft z. B. auf die für die Bewegung des tiefen Grundwassers besonders wichtigen Grundwasserleiter Oberer Muschelkalk, Rhätsandstein, Cornbrash und Oxford zu, die z. T. deutlich geringere Mächtigkeiten aufweisen; zumindest sind bei diesen Gesteinen die Schichtabschnitte mit erhöhter hydraulischer Leitfähigkeit deutlich kleiner als dieser Wert (z. B. Oxford, s. 7.4.3.4.).

Entsprechend sind auch vertikale Bereiche mit charakteristischen Parametern, wie Störungszonen oder verfüllte Bohrlöcher (s. 7.4.3.5.) nicht oder nur ungenau modellierbar.

In diesen Fällen müssen möglicherweise gut durchlässige dünne Einheiten unter Beibehaltung der Transmissivität als mächtigere Einheiten mit geringerer Durchlässigkeit modelliert werden. Dadurch bleibt zwar die pro Zeiteinheit durch einen bestimmten Querschnitt des Grundwasserleiters strömende Wassermenge stabil, doch wird das Geschwindigkeitsfeld möglicherweise in erheblichem Ausmaß verändert.

7.4.3.3. Berücksichtigung der Lagerungsverhältnisse

Eine Voraussetzung für die Modellierung hydraulischer Beziehungen zwischen verschiedenen Gesteinskörpern ist die ausreichende Kenntnis der Lagerungsverhältnisse, insbesondere der

Lage und Sprunghöhe von Verwerfungen, damit die Existenz hydraulischer Verbindungen zwischen verschiedenen Grundwasserstockwerken entweder ausgeschlossen oder Lage und Wirkung dieser Störungen berücksichtigt werden können. Die entsprechenden Darstellungen des PTB-Plans sollen sich auf die Ergebnisse der seismischen Erkundung (s. 2.2) und vor der Standortuntersuchung vorliegende Erkenntnisse (PTB-Plan S. 3.1.10-1) stützen. Worum es sich bei letzteren handelt, wird nicht mitgeteilt.

Die seismische Erkundung im Rahmen der Eignungsuntersuchung hat ein erheblich differenzierteres Bild von den Lagerungsverhältnissen in der engeren Umgebung des Standortes Konrad geliefert, als es vorher bekannt war (s. 7.2.2.).

Das im Rahmen der Eignungsuntersuchung seismisch erkundete Gebiet macht jedoch nur etwa ein Drittel des Modellgebietes aus. Entsprechend sind auch die Kenntnisse im größeren Nordteil des Modellgebietes, zumindest soweit sie dokumentiert sind, eher dürftig. Das wird besonders deutlich an den hydrogeologischen Längsschnitten durch das Modellgebiet (PTB-Plan Abb. 3.9.5/1 und Anl. 3.1.10.3/3), die für den Südabschnitt eine intensive tektonische Zerstückelung i. W. der Schichten des unteren Grundwasserstockwerks, im Nordteil aber lediglich weitgespannte Schichtverbiegungen erkennen lassen.

Es kann kein Zweifel bestehen, daß Störungen auch im Nordabschnitt vorhanden sind. Das zeigt der Tiefenlinienplan für die Basis Oxford (PTB-Plan Anl. 3.1.10.3/2). Dort sind im Nordabschnitt des Modellgebietes Verwerfungen mit Versetzungsbeträgen von mehr als 400 m für die Basis Oxford dargestellt, an denen die hydrogeologischen Schnitte vorbeiführen. Ihre hydraulische Bedeutung kann daher nicht beurteilt werden. Zweifellos sind auch auf diesem Tiefenlinienplan nicht alle vorhandenen Verwerfungen dargestellt.

Nach Angaben des PTB-Plans (S. 3.1.10.3-1) existieren für alle relevanten Schichtglieder entsprechende Pläne. Offenbar liegen also über den Nordabschnitt des Modellgebietes Kenntnisse vor, die in ihrem Detaillierungsgrad über die im PTB-Plan dokumentierten Informationen hinausgehen. Unverständlichlicherweise sind sie in den Planunterlagen nicht enthalten. Ob die Informationsbasis bezüglich der Lagerungsverhältnisse derjenigen für den Südteil des Modellgebiets entspricht und ob sie für eine angemessene Beurteilung überhaupt ausreicht, ist unbekannt.

Für die Modellierung der Grundwasserbewegung geht der PTB-Plan davon aus, daß Verwerfungen die vertikale Durchlässigkeit der Schichtfolge nicht entscheidend erhöhen, allenfalls die horizontale Durchlässigkeit einer Schicht verringern (s. 7.4.3.5.). Auf künstliche "Lagerungsstörungen", nämlich verfüllte Tiefbohrungen (i. W. aus der Zeit der Erzexploration), geht der PTB-Plan überhaupt nicht ein (s. 7.4.3.5.).

7.4.3.4. Durchlässigkeit und effektive Porosität

Für die Berechnung von Abstandsgeschwindigkeiten erfordert das Programm SWIFT, daß jedem Element des Modellgebietes hydraulische Leitfähigkeiten in drei Richtungen und ein Wert für die effektive Porosität zugeordnet werden.

Ob und wenn ja, aufgrund welcher Datenbasis für die Modellierung tatsächlich richtungsdifferenzierte Durchlässigkeitsbeiwerte verwendet wurden, ist dem PTB-Plan nicht entnehmbar. Jedenfalls werden an keiner Stelle des PTB-Plans richtungsdifferenzierte Durchlässigkeitsbeiwerte angegeben. Angesichts des bei den meisten Grundwasserleitern nur spärlichen Kenntnisstandes dürften allenfalls für das Oxford entsprechende Informationen vorliegen, weil in der Grube Konrad hydraulische Tests in Bohrlöchern senkrecht und parallel zur Schichtung durchgeführt

worden sind. Dabei wurden Unterschiede von etwa einer Größenordnung bestimmt (GSF 1982).

Doch bereits die Charakterisierung der Modellelemente durch nur einen für alle Richtungen gültigen k_f -Wert ist wegen des unzureichenden Erkundungsstandes in weiten Bereichen des Modellgebietes nicht möglich. Schließlich liegen nur für den engeren Standortbereich überhaupt Ergebnisse von entsprechenden Untersuchungen vor, während für den größten Teil des Modellgebietes allenfalls Einzelinformationen aus Tiefbohrungen vorliegen können, die allerdings nicht dokumentiert sind.

Dabei ist für die meisten tiefen Grundwasserleiter mit erheblichen Variationsbreiten der Durchlässigkeiten und der effektiven Porositäten zu rechnen. In diesem Sinne kann sich bei den Grundwasserleitern Rhät, Cornbrash und Korallenoolith bereits die innerhalb des Modellgebietes nachgewiesene bzw. anzunehmende Differenzierung in verschiedene Gesteinstypen auswirken. Bei den Grundwasserleitern mit einem deutlichen Anteil an "Kluftporosität" (jedenfalls: Oberer Muschelkalk, Korallenoolith; wahrscheinlich: Cornbrash-Sandstein) ist zusätzlich wegen des unterschiedlichen Ausmaßes tektonischer Beanspruchung innerhalb des Gebietes mit erheblichen Schwankungen zu rechnen.

Aus Datenmangel wurden bei der Modellierung alle stratigraphisch-hydrogeologischen Einheiten, d. h. alle diese Einheiten repräsentierenden Modellelemente, mit für das gesamte Gebiet einheitlichen Werten für Durchlässigkeit und effektive Porosität versehen. Die Festlegung erfolgte aufgrund der Ergebnisse von Parametervariationen innerhalb einer Ausgangsbandbreite mit Hilfe eines zweidimensionalen hydrogeologischen Modells nach dem Konservativitätsprinzip (PTB-Plan Kap. 3.1.10.3). Diese Ausgangsbandbreite ergibt sich entweder aus der Streuung der in der Grube Konrad bzw. der Bohrung Konrad 101 erarbeiteten Meßwerte, aus Beobachtungen der Erdölindustrie oder aus "Ana-

logieschlüssen" (PTB-Plan Kap. 3.1.9.6), die mangels Dokumentation im PTB-Plan nicht nachzuvollziehen sind. Bei den durch Meßwerte repräsentierten Einheiten entspricht die Auswahl des Durchlässigkeitsbeiwertes annähernd einer "konservativ modifizierten" Mittelwertbildung.

Ablauf und Ergebnisse der zweidimensionalen Modellierung und Parameterfestlegung sind in so allgemeiner Form beschrieben (PTB-Plan Kap. 3.1.10.4), daß weder die Angemessenheit noch die Konservativität der ausgewählten Durchlässigkeitsbeiwerte und der effektiven Porositäten beurteilt werden können. Für die Allgemeingültigkeit dieser Werte werden keine nachvollziehbaren Argumente geliefert. Angesichts der Ergebnisse, die die Berechnungen zur Radionuklidausbreitung hinsichtlich der Beurteilung von Konservativität erbracht haben (s. 7.4.3.5.), sind erhebliche Zweifel an der Angemessenheit der Vorgehensweise angebracht.

Abgesehen von der mangelnden flächenhaften Repräsentativität ergeben sich auch Zweifel daran, ob die verwendeten Werte für Durchlässigkeit und Porosität die Gesteinsschichten im engeren Standortbereich angemessen charakterisieren. Dabei soll auf methodische Schwierigkeiten bei der Bestimmung von Durchlässigkeitsbeiwerten in klüftigen Gesteinen nicht eingegangen werden, da die dadurch möglichen Fehler wahrscheinlich kleiner sind als die natürlichen Schwankungen.

Für den Cornbrash-Sandstein liegen derart voneinander abweichende Beobachtungen vor, daß der letztlich verwendete Wert (10^{-6} m/s) zwar möglicherweise hinsichtlich der Radionuklidausbreitung im Cornbrash-Sandstein konservativ ist, jedoch die tatsächliche Bedeutung des Cornbrash-Sandsteins für die Bewegung des tiefen Grundwassers unzutreffend wiedergibt und daher bezogen auf das Gesamtsystem womöglich nicht konservativ ist.

In Bohrung Konrad 101 (ein Meßwert) wurde ein k_f -Wert von 10^{-11} m/s bestimmt. Demgegenüber traten beim Abteufen von Schacht Konrad 2 starke Wasserzutritte auf, die auf erheblich höhere Durchlässigkeit hindeuten. Aus Erdölfeldern im Gifhorner Trog sind k_f -Werte bis etwa 10^{-5} m/s bekannt.

Für den Korallenoolith existieren aus der Grube Konrad und der Bohrung Konrad 101 zahlreiche Durchlässigkeitsmeßwerte. Sie zeigen generell relativ geringe Durchlässigkeiten um 10^{-9} bis 10^{-10} m/s (GSF 1982, KLINGE & NEUMANN-REDLIN 1986). Aus Berechnungen zur Wiederauffüllzeit der Grube nach Betriebsende wurde unter Berücksichtigung der heute zutretenden Wassermengen (PTB-Plan S. 3.9-5: 50 l/min) ebenfalls eine durchschnittliche Durchlässigkeit von kleiner als 10^{-9} m/s (PTB-Plan S. 3.1.10.3-7) für den gesamten Grubenbereich abgeleitet. Soweit dem PTB-Plan entnehmbar, setzt das angewendete Rechenverfahren aber voraus, daß die Austrittsfläche des Wassers in das Grubengebäude bekannt ist. Das ist nicht der Fall, so daß unklar bleibt, welche Bedeutung diese Berechnung hat.

Bei den Messungen in der Bohrung Konrad 101 fiel der Basisbereich des Unteren Korallenoolith mit einem Wert von 10^{-4} m/s aus dem üblichen Rahmen. Da der Untere Korallenoolith im Grubengebäude nur an wenigen Stellen aufgeschlossen ist, liegen hydraulische Meßwerte nicht vor (zumindest sind sie im PTB-Plan nicht dokumentiert). Allerdings traten beim Abteufen von Schacht Konrad 2 starke Wasserzuflüsse (nur) im Unteren Korallenoolith auf. Sie mußten durch Zementinjektionen gestoppt werden (Schichtenverzeichnis Konrad 2, APPEL et al. 1983).

Ob es sich bei der Messung und bei den Wasserzutritten lediglich um zufällig angetroffene Klüfte innerhalb eines sonst gering durchlässigen Gesteins handelt, ist mangels Untersuchungen nicht bekannt. Immerhin ist aber der Untere Korallenoolith in Kalksteinfazies entwickelt, so daß faziesbedingte Unterschie-

de in der hydraulischen Leitfähigkeit gegenüber dem erhaltigen Mittleren Korallenoolith nicht auszuschließen sind. Gegen die Existenz einer Zone mit höheren Durchlässigkeiten im Basisbereich des Unteren Korallenoolith spricht auch nicht die geringe zutretende Wassermenge von 50 l/min, weil unbekannt ist, an welchen Stellen des Grubengebäudes die wesentlichen Wasserzutritte erfolgen. Diese Unterschiede werden sich im übrigen nicht nur auf die Wasserbewegung nach Wiederauffüllung des Grubengebäudes und Wiederherstellung der ursprünglichen Porrenwasserdrücke auswirken, sondern sie führen auch zu einer ungleichmäßigen "Entleerung" des Gebirges infolge der bergbaulichen Tätigkeit.

Über die vertikale und horizontale Ausdehnung des möglichen durchlässigeren Bereiches ist mangels Aufschlüssen nichts bekannt. Immerhin zeigen aber diese Unsicherheiten bereits in einem vergleichsweise gut bekannten engen Gebiet, welche Probleme die Bestimmung von flächenhaft charakteristischen Durchlässigkeiten aufwerfen kann. Sie zeigen auch, wie problematisch die Charakterisierung einer vertikal differenzierten Schichtfolge mit nur einem "konservativen" Wert sein kann, wie z. B. mit der gesamten Gesteinsfolge des Oxford im PTB-Plan geschehen.

7.4.3.5. Ergebnisse

Als Rechenergebnis liefert das Programm SWIFT für jedes Element des Modellgebietes den hydraulischen Druck, die Komponenten der Filter- bzw. Abstandsgeschwindigkeiten in den drei Raumrichtungen sowie die Ein- und Ausstromraten über die offenen Begrenzungsflächen des Modellgebietes (i. W. also die Grundwasseroberfläche, s. 7.4.2.). Daraus lassen sich zwei Varianten von Wegen bevorzugter Wasserbewegung aus dem Endlager in die Biosphäre ableiten. Das Wasser strömt dem Endlagerbereich jedenfalls aus den tiefen Grundwasserleitern Oberer Mu-

schelkalk bzw. Rhät zu. Die Unterschiede ergeben sich je nach dem, ob die Durchlässigkeit der Unterkreidetonsteine mit 10^{-10} m/s (Variante 1) oder 10^{-12} m/s (Variante 2) angesetzt wird. Im zweiten Fall bilden sich erheblich steilere Druckgradienten aus.

Diese Wege können wie folgt kurz charakterisiert werden (PTB-Plan Kap. 3.1.10.4):

Variante 1: Das Wasser bewegt sich im Korallenoolith bis etwa 1 km N des Endlagers im Korallenoolith und steigt dann durch die überlagernden Tonsteinserien des Oberjura und der Unterkreide bis in das obere Grundwasserstockwerk auf, das im Raum Groß Gleidingen - Üfingen erreicht wird:

kürzeste Laufzeit des Grundwassers: 430.000 Jahre,
mittlere Abstandsgeschwindigkeit: 9×10^{-4} m/a,
Durchflußmenge durch den Endlagerbereich: 3200 m³/a.

Variante 2: Das Grundwasser

(a) bewegt sich überwiegend im Korallenoolith bis zum Salzstock Calberlah und tritt dort in der Allerniederung in das obere Grundwasserstockwerk ein:

kürzeste Laufzeit des Grundwassers: 300.000 Jahre,
mittlere Abstandsgeschwindigkeit: 10^{-1} m/a;

(b) tritt zum geringeren Teil aus dem Korallenoolith in den Cornbrash-Sandstein ein und bewegt sich dort ebenfalls bis zum Salzstock Calberlah, wo es das obere Grundwasserstockwerk erreicht:

kürzeste Laufzeit: 1,1 Millionen Jahre,
mittlere Abstandsgeschwindigkeit: 3×10^{-2} m/a.

Die den Endlagerbereich durchströmende Wassermenge liegt für Variante 2 bei $1620 \text{ m}^3/\text{a}$.

Für beide Varianten wurde mit Hilfe eindimensionaler Modelle die Radionuklidausbreitung vom Endlager bis in die Biosphäre und die daraus resultierende Strahlenexposition berechnet (s. 7.4.4.).

Die Aussagekraft dieser Ergebnisse wird erheblich beeinträchtigt durch

- den ungenügenden Kenntnisstand über die geologischen Verhältnisse im Nordteil des Modellgebiets (s. 7.2.2. und 7.4.3.2.),
- die mangelnde Repräsentativität der zur Berechnung der Grundwassergeschwindigkeit verwendeten Durchlässigkeitsbeiwerte und Werte für die effektive Prosistät in der Fläche und im Profil (s. 7.4.3.4.),
- die mangelnde Überprüfbarkeit der Ergebnisse und der hydraulischen Randbedingungen (s. 7.4.3.6.).

Diese Rechenergebnisse unterstreichen auf anschauliche Weise die Forderung nach einer qualitativ und quantitativ angemessenen Datenbasis:

Sie bestätigen die hervorragende Bedeutung der Unterkreide-Tonsteine für die Sicherheit des Endlagers Konrad. Sie belegen aber auch, daß sie bei Annahme sehr geringer Durchlässigkeit ihre Funktion nur dann erfüllen können, wenn sie die hydraulische Einheit Korallenoolith vollständig vom oberen Stockwerk trennen, so daß aufsteigendes tiefes Grundwasser auf jeden Fall die Unterkreide-Tonsteine durchströmen muß. Andernfalls erlangt die Durchlässigkeit des Korallenooliths für die Grundwasserbewegung in die Biosphäre erhebliche Bedeutung.

Deutlich wird auch, wie schwierig bei komplizierten hydraulischen Systemen die Abschätzung "konservativer" Durchlässigkeitssbeiwerte sein kann: Obwohl die Auswirkung der geringeren Durchlässigkeit der Unterkreide-Tonsteine auf das Strömungssystem qualitativ durchaus nachvollziehbar ist, dürfte doch die Erkenntnis zunächst überraschend sein, daß der vermeintlich konservativere Wert für die Unterkreide-Tonsteine zu kürzeren Laufzeiten und höheren Strahlenexpositionen (s. 7.4.4.2.1.) führt.

Aus der Druckverteilung wird deutlich, daß verfüllte alte Bohrungen als Transportweg für Radionuklide aus dem Endlager bzw. dem Korallenoolith nördlich der Schachtanlage nicht von vornherein auszuschließen sind. Im PTB-Plan werden sie als potentiell wegsame Zonen nicht (mehr) erwähnt.

7.4.3.6. Überprüfung der Rechenergebnisse

Durch Vergleich der Rechenergebnisse mit den Bestimmungen geeigneter Parameter mit Hilfe anderer Verfahren kann im Idealfall die Zuverlässigkeit der Berechnungen überprüft werden. Im Fall der Standorterkundung Konrad sind die Möglichkeiten für eine solche Überprüfung unterschiedlich zu bewerten:

- Wegen der geringen Geschwindigkeiten ist die Bewegung des tiefen Grundwassers innerhalb des Modellgebietes weder meßbar noch durch Markierungsversuche bestimmbar.
- Die Überprüfung des Modells mit Hilfe von Ein- und Ausstromdaten setzt die Bestimmung der Grundwasserneubildungs- und -exfiltrationsraten für das untere Grundwasserstockwerk bzw. Teileinheiten davon voraus (s. 7.4.2.). Diese Vorgehensweise scheidet mit den herkömmlichen Verfahren aus, weil das tiefe Grundwasser nur über das obe-

re Grundwasserstockwerk Kontakt zu Exfiltrationsgebieten hat.

- Hydraulische Drücke bzw. Potentiale können in Bohrungen bestimmt werden. Mit Hilfe von Bohrungen entlang des berechneten Strömungsweges wäre zumindest punktuell eine Überprüfung der Modellrechnungen möglich gewesen.
- Auch hydrochemische und -physikalische Untersuchungen an Bohrungen können zur Überprüfung der Modellannahmen und damit der Ergebnisse beitragen.

Abgesehen von den hydraulischen Tests in der Bohrung Konrad 101 sind solche Untersuchungen nicht durchgeführt worden. Da aus der weiteren Umgebung des Grubengebäudes keine Informationen vorliegen (zumindest nicht dokumentiert sind), müßte die Plausibilität der Ergebnisse mit Hilfe von Parametervariationen (Durchlässigkeit Quartär, Oberkreide, Kimmeridge, Oxford, Rhät, Oberer Muschelkalk) überprüft werden. Nach PTB-Plan zeigten "alle Parametervariationen plausible Ergebnisse. Es wird daher davon ausgegangen, daß das Grundwassерmodell in sich konsistent ist" (S. 3.1.10.4-7). Leider werden im PTB-Plan weder die Ergebnisse dieser Parametervariation dargestellt noch etwaige "Plausibilitätsgrenzen" angegeben. Angesichts der vorgegebenen hydraulischen Bedingungen und der komplizierten (i. E. nur wenig bekannten) hydraulischen Verhältnisse darf aber davon ausgegangen werden, daß die Plausibilitätsgrenzen weit gesteckt waren und die Ergebnisse große Schwankungsbreiten hatten. Ohnehin sagt die Konsistenz eines Modells über die Übereinstimmung seiner Ergebnisse mit den tatsächlichen Verhältnissen nicht unbedingt etwas aus.

7.4.4. Modellrechnungen zur Radionuklidausbreitung und zur potentiellen Strahlenbelastung

Bei der Berechnung der Radionuklidausbreitung aus dem potentiellen Endlager in die Biosphäre und der daraus resultierenden Strahlenbelastung wurden folgende Prozesse berücksichtigt (PTB-Plan Kap. 3.9):

- Freisetzung aus dem Abfall und Ausbreitung im Grubengebäude (PTB-Plan Kap. 3.9.4),
- Ausbreitung in der Geosphäre (PTB-Plan Kap. 3.9.5),
- Ausbreitung in der Biosphäre (PTB-Plan Kap. 3.9.6),
- Potentielle Strahlenexposition (PTB-Plan Kap. 3.9.7).

Zu diesen Prozessen wird in den folgenden drei Unterkapiteln (7.4.4.1., 7.4.4.2. und 7.4.4.3.) Stellung bezogen.

7.4.4.1. Freisetzung von Radionukliden aus den Abfällen und Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude

Ziel der entsprechenden Kapitel des PTB-Planes (Kap. 3.9.3 und Kap. 3.9.4) ist die Berechnung der Zeitverläufe der Radionuklidfreisetzung aus dem Grubengebäude in das umgebende Gebirge, in dem die Radionuklide sich dann weiter bis zur Biosphäre ausbreiten (s. dazu das folgende Kapitel 7.4.4.2.).

Zur Erreichung des Ziels werden im PTB-Plan in einem ersten Schritt Abschätzungen über das Vollaufen der Resthohlräume des verfüllten Grubengebäudes und die Wiedereinstellung der vor Auffahrung des Grubengebäudes herrschenden hydraulischen Druckverhältnisse bzw. Porenwasserdrücke vorgenommen. Die Abschätzung dieser Vorgänge ist sehr schwierig, da mehrere Einflüsse auf komplexe Art miteinander verbunden sind. Es sind dies v. a.

- Zuflußrate von Formationswässern,
- Konvergenz (beeinflußt das effektive Resthohlraumvolumen).

Die entsprechenden Ausführungen des PTB-Planes (Kap. 3.9.3 PTB-Plan) sind zum Teil auf der Grundlage der im PTB-Plan gegebenen Informationen nicht nachvollziehbar. Dies gilt insbesondere für:

- (a) Volumenabnahme der Grubenhohlräume bis zum Ende der Betriebsphase,
- (b) Auffüllen der Resthohlräume mit Formationswässern.

Zu (a): Volumenabnahme der Grubenhohlräume

Laut PTB-Plan (S. 3.9-7) werden sich die aufgefahrenen Hohlraumvolumina bis zum Beginn der Nachbetriebsphase je nach Grubenbereich durch Konvergenz um 17%, 20% bzw. 43% verringern. Diese Angaben, die Einfluß haben auf die Zeitdauer des Vollaufens und die Menge des zur Mobilisierung der Radionuklide zur Verfügung stehenden "Lösungsmittels" Wasser, sind nicht überprüfbar, da im PTB-Plan keinerlei Hinweise auf die Art der Ermittlung dieser Zahlen gegeben wird. Zu erwarten wäre zumindest ein Hinweis auf die oder Ableiten der Zahlen aus den Konvergenzuntersuchungen im Kapitel "Gebirgsmechanik" (Kap. 3.1.9.7 und 3.1.10.5 PTB-Plan).

Zu (b): Auffüllen der Resthohlräume

Das Auffüllen der Resthohlräume mit Formationswasser ist laut PTB-Plan (S. 3.9-10) auf der Grundlage analytischer Modelldarstellungen ermittelt worden. In den PTB-Planunterlagen wird die Art dieser Modellbetrachtungen nicht näher erläutert, so daß sie sich einer Beurteilung entziehen. Lediglich auf S. 3.9.-6 des PTB-Plans ist ein Hinweis gegeben, daß das benutz-

te Modell auf der Annahme einer einseitigen Grabenanströmung beruht.

Es kann deshalb vermutet werden, daß die entsprechenden Überlegungen im PTB-Plan auf der Arbeit von PIEFKE (1986) beruhen bzw. Ergebnisse aus dieser Arbeit übernommen worden sind. Sollte dies der Fall sein, dann erstaunt es schon, daß im PTB-Plan die berechtigten Hinweise von PIEFKE bezüglich der Problematik der von ihm durchgeführten Modellierung (v.a. hinsichtlich des Konvergenzansatzes und der Konservativität des Modells - z. B. PIEFKE (1986: S. 9) nicht erwähnt werden, sondern die Ergebnisse nur übernommen werden.

Die Ergebnisse dieser Modellierung sind mit großer Vorsicht zu bewerten, und es kann nicht garantiert werden, daß sie konservativ sind (d. h. "auf der sicheren Seite liegen" und damit eher auf eine höhere als die real zu erwartende Radionuklidfreisetzung hinweisen). Diese Unsicherheit ist durch die Annahme im PTB-Plan (S. 3.9-11), daß die Zeitdauer von ca. 2000 Jahren bis zum Einstellen der ursprünglichen Druckverhältnisse in den Sicherheitsanalysen nicht berücksichtigt wird, zumindest für langlebige Radionuklide nicht zu kompensieren.

In einem zweiten Schritt wird die Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude modelliert (Kap. 3.9.4 PTB-Plan), woraus sich die Zeitverläufe der Radionuklidfreisetzung in die die Grube umgebenden Gesteinschichten ableiten lassen. Die wichtigsten dabei zu betrachtenden Einflußgrößen sind:

- (c) Nuklidinventar
- (d) Mobilisierung der Radionuklide aus den Abfallgebin-
den
- (e) Löslichkeit der Radionuklide
- (f) Sorption der Radionuklide
- (g) Durchströmung des Grubengebäudes und Freisetzung
von Radionukliden aus dem Grubengebäude

Zu den entsprechenden Ausführungen im PTB-Plan (S. 3.9-12 bis 3.9-29) ist anzumerken:

Zu (c): Nuklidinventar

Das zu Beginn der Nachbetriebsphase im Endlager vorhandene Nuklidinventar ist in Tab. 3.9.4/1 des PTB-Planes dargestellt. Für die Modellierung der Radionuklidausbreitung werden 22 Spalt- und Aktivierungsprodukte und 28 Aktiniden (einschließlich ihrer Zerfallsprodukte) berücksichtigt. Die Auswahl dieser insgesamt 50 Nuklide ist laut PTB-Plan (S. 3.9-13) "an den Erfordernissen einer Langzeitsicherheitsanalyse orientiert". Genau diese Erfordernisse sind im PTB-Plan aber nicht dargestellt, so daß die vorgenommene Auswahl der Radionuklide sich nicht nachvollziehen läßt. Darüber hinaus sind in Tab. 3.9.4/1 des PTB-Planes die ausgewählten Radionuklide offensichtlich nicht alle dargestellt (die Tabelle enthält nur 32 aktive Elemente). Die für U238 im PTB-Plan (S. 3.9-13) angegebene Inventarüberschätzung wird nicht begründet und ist deshalb nicht nachvollziehbar. Gerade aber U238 ist hinsichtlich der radiologischen Auswirkungen interessant, da sein Zerfallsprodukt Ra226 zu signifikanten Belastungen führt (s. 7.4.4.3.).

Zu (d): Mobilisierung aus den Abfallgebinden

Hierbei werden laut PTB-Plan die Behälterstandzeiten nicht berücksichtigt, was sicherlich einen realen bis konservativen Ansatz darstellt. Nicht ersichtlich aus dem PTB-Plan wird allerdings die Herleitung der Mobilisierungsdauer für verschiedene Elemente und Mobilisierungsgruppen, wie sie in Tab. 3.9.4/2 des PTB-Planes dargestellt sind. Weder wird auf die entsprechenden Experimente eingegangen, noch werden die Überlegungen dargestellt, die zur Annahme einer konstanten Mobilisierungsrate berechtigen.

Zu (e): Löslichkeit der Radionuklide

Die Mobilisierung der Radionuklide aus den Abfallgebinden soll laut PTB-Plan u. a. auch durch Fällungsreaktionen verzögert werden, sofern Löslichkeitsgrenzen für Elemente bzw. Verbindungen überschritten werden. Um den Effekt der Rückhaltung durch Ausfällung zu beschreiben, hat die PTB auf der Grundlage experimenteller Untersuchungen Löslichkeitsgrenzen für 24 Elemente ermittelt (dargestellt in Tab. 3.9.4/3 PTB-Plan). Dem PTB-Plan ist jedoch nicht zu entnehmen, wie die verschiedenen Einflußgrößen (Zusammensetzung der Verbindungen, pH-Wert, Redoxpotential) in die Ableitung der Löslichkeitsgrenzen eingegangen sind. Eine die Beurteilung des PTB-Planes ermöglichen-de Vervollständigung der Unterlagen müßte mindestens folgende weitere Angaben enthalten:

- Angaben zur Zusammensetzung der vorliegenden Verbindungen (v. a. zu den schwerlöslichen Verbindungen). Weiterhin sind Angaben über die bei der Fällung beteiligten Anionen notwendig, da die Beurteilung von Fällungsreaktionen die Kenntnisse über die beteiligten Anionen voraussetzt. Immerhin sind von den 24 im PTB-Plan dargestellten Elementen 22 Metalle, die in der Regel in Lösung als Kationen vorliegen und als solche mit entsprechenden Anionen leicht- oder schwerlösliche Verbindungen eingehen können.
- Unter dem Stichwort "Sorption" wird von der PTB richtig beschrieben, daß der Einfluß von Komplexbildnern die Mobilität von Radionukliden erhöhen könne. Aus dem PTB-Plan wird allerding nicht ersichtlich, ob und wie dieser Effekt bei der Ableitung der Löslichkeitsgrenzwerte berücksichtigt worden ist, und von welchen Komplexbildnern ausgegangen worden ist.

- Angaben zum pH-Wert sind notwendig. Im PTB-Plan heißt es, daß "die drei-, vier- und fünfwertigen Ionen entsprechend ihrer Neigung zur Hydrolyse im alkalischen Milieu des Grubengebäudes geringe Löslichkeiten aufweisen" (S. 3.9-19 PTB-Plan). Der PTB-Plan läßt allerdings nicht erkennen, von welchem pH-Wert die PTB ausgegangen ist. Nach Untersuchungen der GSF (GSF 1982, Kap. B-3.3) hat das Grubenwasser einen pH-Wert von 6,2 und das Formationswasser, das nach Abschluß des Betriebes bestimmend ist, einen pH-Wert von ca. 6. Dies sind pH-Werte, die sicherlich nicht für ein alkalisches Milieu kennzeichnend sind. Ein Anstieg des pH-Wertes durch Auflösung von Zement wäre denkbar, wird aber im PTB-Plan nicht erwähnt.
- Angaben zum Redoxpotential sind notwendig. Im PTB-Plan wird nicht dargestellt, welche Redox-Systeme bei der Ableitung der Löslichkeitsgrenzwerte berücksichtigt worden sind. Immerhin haben Untersuchungen von Radiolyse-Reaktionen auf das Red-Ox-Verhalten von Actiniden gezeigt, daß die Löslichkeit durch diesen Effekt beeinflußt wird (LIERSE et al. 1986).

Zu (f): Sorption der Radionuklide

Die Sorption von Radionukliden an der Oberfläche von Gesteinspartikeln wird bei den Ausbreitungsrechnungen durch den Retardationsfaktor (R_D -Wert), der das Verhältnis von Radionuklidgeschwindigkeit zur Wassergeschwindigkeit angibt, berücksichtigt. Der R_D -Wert wird seinerseits aus dem Verteilungskoeffizienten (K_D -Wert) berechnet. Die K_D -Werte sind nuklid- und gesteinsspezifisch. Sie können von Art und Konzentration der Lösungsgenossen der Radionuklide, der Konzentration des betrachteten Radionuklids sowie vielfältigen geochemischen Einflüssen im System Wasser-Feststoff abhängen. Sorptionserniedrigend

wirkt sich insbesondere die Anwesenheit von bestimmten im Abfall enthaltenen komplexbildenden Lösungsmitteln (z. B. EDTA) aus.

Die Sorption stellt den wichtigsten der die zeitliche Streckung der Freisetzung verläufe (und damit auch die Radionuklidkonzentration) bestimmenden Mechanismen dar. Es handelt sich also um einen sensiblen Parameter, d. h. kleine Änderungen der in den Modellrechnungen benutzten Sorptionswerte bewirken große Veränderungen in den Ergebnissen dieser Rechnungen. Zur Verdeutlichung dieses Sachverhalts sei auf die Abbildung 7.-1. verwiesen. Aus dieser Darstellung wird deutlich, daß eine Veränderung des Rückhaltefaktors um den Faktor 100 (d. h. zwei Größenordnungen) eine Änderung der Konzentration des betrachteten Radionuklids (im Beispiel Pu^{239}) am Ende seines Ausbreitungswege um mehr als 100 Größenordnungen bewirkt.

Wegen dieses großen Einflusses der Sorption auf das Ergebnis der Ausbreitungsrechnungen ist es zwingend notwendig, die entsprechenden K_D -Werte möglichst exakt für die im Grubengebäude und im "Deckgebirge" herrschenden geochemischen Verhältnisse zu bestimmen.

Die bei der Ausbreitung der Radionuklide im Grubengebäude benutzten K_D -Werte werden im PTB-Plan zwar angegeben (Tab. 3.9.4/3), und es wird kurz erläutert, welche Einflüsse bei den K_D -Wertbestimmungen berücksichtigt worden sind, es fehlen aber jegliche Angaben über

- die Art der angewendeten Verfahren zur Bestimmung der K_D -Werte (die hinsichtlich ihrer Aussagekraft durchaus unterschiedlich zu bewerten sind),
- die Versuchsbedingungen (z. B. Zusammensetzung verwendeter Versuchslösungen, Volumen-Masse-Verhältnis),

Rückhaltefaktor cm ³ /g	Geschwindigkeits- verhältnis Verzögerung	„Konzentration“
1000	Anzahl der <u>Halbwertzeiten</u> 10 000 417	$1,3 \cdot 10^{-13}$
100	1000 41,7	≈ 1
10	100 4,17	$1,9 \cdot 10^{11}$

Abb. 7.-1.: Darstellung des starken Einflusses von Rückhaltefaktoren auf die Konzentration von Radionukliden im Grundwasser (Bsp. für Pu-239 bei 1.000 Jahren Fließzeit des Grundwassers).
Quelle: MEMMERT (1983)

- Zahl der untersuchten Proben, Orte der Probennahme sowie Streubreite der jeweils erzielten Ergebnisse.

Eine Beurteilung der benutzten K_D -Werte, insbesondere hinsichtlich ihrer Repräsentativität, ist auf dieser Grundlage nicht möglich.

Greift man auf Arbeiten von BRÜHL (1986), WARNECKE (1986), BRÜHL et al. (1986), MEIER et al. (1986) sowie TITTEL & HOLL-MANN (1986) zurück, die überwiegend spezielle Aspekte der K_D -Wert-Ermittlung behandeln, dann läßt sich zwar kein beurteilungsfähiges Gesamtbild der für das geplante Endlager Konrad durchgeführten Sorptionsexperimente sowie deren Ergebnisse erschließen bzw. beurteilen, es werden jedoch einige Gesichtspunkte erkennbar, die Zweifel an den im PTB-Plan gegebenen K_D -Werten rechtfertigen.

Die entsprechenden Hinweise beziehen sich vor allem auf die Einhaltung möglichst naturnaher Bedingungen in den durchgeführten Sorptionsexperimenten (z. B. Einfluß der Probennahme auf das Untersuchungsergebnis, bei BRÜHL et al. (1986)).

So liegen nach TITTEL & HOLL-MANN (1986) nicht allen Daten direkt gemessene experimentelle Werte zugrunde. Experimente mit einem Volumen-Masse-Verhältnis von 0,2, wie es den natürlichen geologischen Verhältnissen entspricht, sind danach kaum durchführbar, so daß auf diese Randbedingung extrapoliert wurde. Weiterhin waren in anderen, nicht näher dargestellten Fällen, ebenfalls Interpolationen und Übertragungen von Daten aufgrund chemischer Analogien nötig.

Nach BRÜHL (1986) sind besonders bei der Herkunft von Probenmaterial aus tieferen Bereichen Probleme hinsichtlich der Erhaltung niedriger Redoxpotentiale gegeben (wichtig wegen der bei manchen Radionukliden erfolgenden Phasenübergänge durch Ver-

änderung ihrer Löslichkeit bei Änderungen des Redoxmilieus). WARNECKE (1986) stellt die untersuchten Einflußfaktoren zusammen. Dabei wird offensichtlich, daß der u. U. sorptionserniedrigende Einfluß von Mikroorganismen (BEHRENS 1986, WEST et al. 1982) bei den Sorptionsexperimenten an "Konrad-Material" nicht berücksichtigt worden ist.

Insgesamt zeigen die zitierten Arbeiten, daß die experimentelle Bestimmung naturnaher K_D -Werte aufgrund der Vielzahl zusammenwirkender Einflußgrößen problematisch ist. Bringt man diese Erkenntnis in Zusammenhang mit dem großen Einfluß der K_D -Werte auf die Ergebnisse der Radionuklidausbreitungsrechnungen, dann muß die einfache Auflistung der K_D -Werte im PTB-Plan als nicht akzeptabel bezeichnet werden. Dies gilt insbesondere auch hinsichtlich der Aspekte Konservativität und Repräsentativität der ermittelten K_D -Werte für das gesamte betrachtete Modellgebiet.

Zu (g): Durchströmung des Grubengebäudes und Freisetzung aus dem Grubengebäude

Die Aussagen im PTB-Plan zur Durchströmung des Grubengebäudes beruhen auf den Ergebnissen der (großräumigen) Grundwassermodellierung (s. dazu Kap. 7.4.3.) sowie auf analytischen Abschätzungen und numerischen Berechnungen zur Bestimmung des Anteils der Wässer, die den Strecken- bzw. den Endlagerbereich des Grubengebäudes durchfließen. Die analytischen Abschätzungen und die numerischen Berechnungen sind im PTB-Plan nicht näher dargestellt. Darüber hinaus ist die Auswahl bestimmter Annahmen (z. B. sollen zwei Drittel der Wässer durch die Einlagerungsfelder strömen, jedoch soll sich die Durchströmungsrate durch das Grubengebäude allein auf die Einlagerungsfelder beziehen) nicht näher begründet, so daß die Realitätsnähe bzw. Belastbarkeit dieser Aussagen nicht beurteilt werden kann.

Die Radionuklidfreisetzung aus dem Grubenbereich ins Gebirge hinein wird auf der Grundlage eines Modells (s. PTB-Plan Abb. 3.9.4/2) mit dem Programm EMOS 2 berechnet. Ergebnis dieser Berechnung ist die Radionuklidfreisetzung aus dem Grubenbereich in Abhängigkeit von der Zeit. Die Ergebnisse dieser Freisetzungsberechnungen sind im PTB-Plan nur auszugsweise dokumentiert (Abb. 3.9.4/3 u. 3.9.4/4 PTB-Plan) für den Fall einer Durchströmungsrate von $1620 \text{ m}^3/\text{a}$.

Diese Berechnungen zeigen auch, daß die zeitliche Freisetzung der Radionuklide hauptsächlich von der Sorption abhängt. Die starke Abhängigkeit der Ergebnisse von der Sorption lassen in Zusammenhang mit der im PTB-Plan nicht nachgewiesen Belastbarkeit der benutzten Sorptionsdaten Zweifel an der Realitätsnähe der berechneten Ergebnisse zu. Dies gilt umso mehr, als auch andere Einflußgrößen (Löslichkeit, Ablauf der Konvergenz, Durchströmung des Grubengebäudes u. a.) in Frage gestellt werden müssen oder zumindest nicht nachvollziehbar sind.

Insgesamt läßt der PTB-Plan offen, ob die errechneten Radionuklidfreisetzungen aus dem Grubengebäude heraus realitätsnah oder gar konservativ sind. Auf der Grundlage der im PTB-Plan gemachten Angaben ist dies letztendlich nicht zu beurteilen. Verschärft wird diese Problematik durch entsprechende offene Fragen hinsichtlich der weiteren Ausbreitung der Radionuklide im Gebirge (s. dazu Kap. 7.4.4.2.) und in der Biosphäre (s. Kap. 7.4.4.3.).

7.4.4.2. Radionuklidausbreitung in der Geosphäre

Die Radionuklidausbreitung in der Geopshäre konnte aufgrund begrenzter Rechnerkapazität nur eindimensional modelliert werden. Dazu wurden die mit dem dreidimensionalen Modell für die Grundwasserbewegung identifizierten bevorzugten "Bewegungs-

bahnen" der Varianten 1 und 2 (PTB-Plan Kap. 3.1.10.4 und 3.1.10.4) zugrundegelegt. Für Variante 2 wird im folgenden nur der Weg über den Korallenoolith betrachtet, weil die Ausbreitung über den Cornbrash-Sandstein nachvollziehbar zu deutlich längeren Ausbreitungszeiten und entsprechend geringerer Konzentration und Strahlenexposition führen muß.

7.4.4.2.1. Eingabeparameter

Die Ausbreitung von im Grundwasser gelösten Stoffen erfolgt i. W. durch Konvektion. Das Rechenprogramm SWIFT erlaubt zusätzlich die Berücksichtigung nuklid- und gesteinsspezifischer Daten zur Beschreibung solcher Prozesse, durch die die konvektive Radionuklidausbreitung modifiziert wird. Das sind insbesondere die Prozesse Dispersion, Diffusion und Sorption, durch die eine Verdünnung während des Transports erfolgen kann.

Im Rahmen des eindimensionalen Ausbreitungsmodells werden außerdem die Verdünnung beim Übertritt des Wassers von einem Gesteinskörper in einen anderen bzw. durch Zumischung von unkontaminiertem Wasser quantitativ berücksichtigt.

Dispersion

Für die bei eindimensionaler Modellierung allein ausschlaggebende longitudinale Dispersion wurden für die beiden Varianten zwei verschiedene Dispersionslängen zugrundegelegt, und zwar für Variante 1 (Ausbreitung i. W. durch die Unterkreide-Tonsteine) 30 m und für Variante 2 (Ausbreitung über Oxford bzw. Cornbrash) 200 m. Aus Feldversuchen und Experimenten ist bekannt, daß die Dispersionslänge mit der Länge des Ausbreitungswege zunimmt. Aus welchen Erkenntnissen gerade die genannten Werte abgeleitet wurden und welche Auswirkungen die Verwendung durchaus möglicher anderer Dispersionslängen,

insbesondere für die längeren Ausbreitungswege der Variante 2, auf das Ergebnis hätten, wird nicht mitgeteilt.

Diffusion

Diffusion leistet insbesondere in Gesteinen sehr geringer Durchlässigkeit einen merklichen Beitrag zur Radionuklidausbreitung. Für die möglichen Wege von Radionukliden aus dem Endlager in die Biosphäre gilt das insbesondere für die Passage durch die Unterkreide-Tonsteine in das obere Grundwasserstockwerk bzw. durch die Dogger-Tonsteine in den Cornbrash-Sandstein.

Bestimmungen des Diffusionskoeffizienten wurden an Festgesteinssproben aus der Grube Konrad bestimmt, wobei sich im Mittel $10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ ergaben (PTB-Plan S. 3.9-34). Alter und Art der untersuchten Gesteine werden nicht mitgeteilt. Da es sich bei Diffusionskoeffizienten um gesteins- und nuklidspezifische Parameter handelt, ist der angegebene Wert zweifellos nicht direkt auf andere als die untersuchten Gesteine (wahrscheinlich Oxford), insbesondere Dogger- und Unterkreide-Tonsteine, zu übertragen.

Sorption

Die Sorption von Radionukliden an der Oberfläche von Gesteinspartikeln wird bei der Ausbreitungsrechnung mit SWIFT durch den Retardationsfaktor (R_D -Wert) berücksichtigt.

Die grundsätzlichen Mängel der Darstellung der Sorption im PTB-Plan sind bereits in Kap. 7.4.4.1., Punkt (f), aufgezeigt worden; darauf sei verwiesen.

Für die Beurteilung des potentiellen Endlagers Konrad sind wegen der langen Ausbreitungszeiträume in der Geosphäre vor allem die langlebigen Radionuklide von Interesse. Die entspre-

chenden K_D -Werte wurden mit Hilfe von Experimenten für verschiedene Gesteinstypen der Ausbreitungswege bestimmt (s. PTB-Plan Tab. 3.9.5/1). Es fehlen jedoch auch hier Angaben über die Art der angewendeten Verfahren, die Versuchsbedingungen, die Zahl der untersuchten Proben, Orte der Probennahme sowie Streubreite der erzielten Ergebnisse. Deshalb kann nicht beurteilt werden, ob die benutzten K_D -Werte das geochemische Migrationsverhalten der Radionuklide tatsächlich wirklichkeitsnah erfassen und ob die Werte repräsentativ sind für den gesamten Bereich des großen Modellgebietes.

Die von WARNECKE (1986) und MEIER et al. (1986) gegebenen Hinweise auf die Gesteins- und Wasserprobennahme für Versuche zur Ermittlung standortspezifischer K_D -Werte für den Bereich des Modellgebietes lassen es zweifelhaft erscheinen, ob realitätsnahe K_D -Werte für die nicht im Grubengebäude aufgeschlossenen Gesteine (und Wässer) ermittelt worden sind (so sind z.B. Festgesteinproben aus Tagesaufschlüssen entnommen worden und Wässer aus Brunnen). Die wichtigen Anforderungen bei der Ermittlung von K_D -Werten, nämlich Gebrauch von unverwitterten Proben sowie von aus den entsprechenden Gesteinshorizonten gewonnenen Originalwässern, scheinen bei den entsprechenden Untersuchungen zu Konrad zumindest für die nicht in der Grube aufgeschlossenen Gebirgsbereiche deshalb u.U. nicht erfüllt zu sein.

Verdünnung

Im Rahmen der eindimensionalen Modellierung der Radionuklidausbreitung können Verdünnungseffekte, die sich durch den Übergang des Grundwassers von einem Gestein in das andere bzw. durch Zumischung von unkontaminiertem Wasser in einen Grundwasserleiter ergeben, nicht dargestellt werden. Daher wurden die das obere Grundwasser erreichenden maximalen Nuklidkonzentrationen, die Grundlage der Berechnung der Strahlenexposition sind, je nach betrachtetem Ausbreitungsweg (s.

7.4.3.5.) um bestimmte Verdünnungsfaktoren verringert. Diese verringerten Konzentrationen wurden zur Berechnung der Strahlenexposition benutzt. Die Ausgangskonzentration ist eine Funktion der Freisetzungsraten der einzelnen Nuklide und der je nach Ausbreitungsvariante unterschiedlichen Durchströmungsrate des Endlagerbereichs.

Während der Ausbreitung entsprechend Variante 1 (Passage durch den Unterkreide-Tonstein) findet nach den Ergebnissen der dreidimensionalen Modellrechnungen eine solche Verdünnung der Ausgangskonzentration beim Eintritt des tiefen Grundwassers in das obere Grundwasserstockwerk bei Groß Gleidingen - Üfingen statt. Nach den Ergebnissen der Modellierung der Grundwasserbewegung beträgt der Grundwasserstrom in diesem Bereich $30.000 \text{ m}^3/\text{a}$ (PTB-Plan S. 3.9-35). In welchem Verhältnis er zu der offensichtlich nicht überprüften tatsächlichen Abstrommenge steht, ist unbekannt.

Die Durchströmungsrate für Variante 1 liegt bei etwa $3200 \text{ m}^3/\text{a}$. Der Verdünnungsfaktor ist 10.

Entsprechendes gilt für Variante 2 (Weg Korallenoolith), für die ein Grundwasserzstrom aus dem Dogger in den Korallenoolith von $12.000 \text{ m}^3/\text{a}$ berechnet wurde. Weitere Verdünnung erfolgt bei Übergang des Grundwassers in das obere Grundwasserstockwerk bei Calberlah. Dort liegt der berechnete Grundwasserstrom bei $16.000 \text{ m}^3/\text{a}$. Insgesamt ergibt sich bei einer Durchflußrate von $1600 \text{ m}^3/\text{a}$ durch den Endlagerbereich für diese Variante ein Verdünnungsfaktor 70.

7.4.4.2.2. Wertung der Ergebnisse

Die im Rahmen der Berechnung der Radionuklidausbreitung durchgeführten Untersuchungen zur Bestimmung wichtiger, die Konzentration beeinflussender Parameter und deren Ergebnisse sind womöglich noch unzureichend dokumentiert als bei den entsprechenden Untersuchungen zur Grundwasserbewegung. Eine Auseinandersetzung mit den Methoden und deren Grundlagen, die zur Festlegung bestimmter Parameter geführt haben, ist daher nicht möglich.

Hinsichtlich der Qualität verschiedener Einzelparameter lässt sich jedoch feststellen, daß sie dieselben grundsätzlichen Mängel aufweisen dürften wie die hydraulischen Parameter:

Soweit dem PTB-Plan entnehmbar, sind alle experimentell bestimmten nuklid- und gesteinsspezifischen Parameter für an der Erdoberfläche nicht direkt zugänglichen Gesteine an Probenmaterial aus der Grube Konrad bzw. der Bohrung Konrad 101 bestimmt worden.

Das gilt insbesondere für diejenigen Parameter, die die Prozesse Diffusion und Sorption (Diffusionskoeffizient und K_D -Wert) charakterisieren, und für die Grundwasserleiter Korallenoolith und Cornbrash-Sandstein sowie die Unterkreide- und Dogger-Tonsteine, die für die Radionuklidausbreitung besonders wichtig sind (s. 7.4.3.5.). Sie können daher keinesfalls für das gesamte Modellgebiet als repräsentativ angesehen werden. Ob sie die genannten hydraulischen Einheiten im Standortbereich angemessen charakterisieren, ist unbekannt.

Die Berechnung der Faktoren, mit denen die Verdünnung der Radionuklidkonzentration durch Zumischung von unkontaminiertem Wasser in das kontaminierte Grundwasser und bei Eintritt des tiefen Grundwassers in das obere Grundwasserstockwerk be-

stimmt werden soll, wird durch die Unzulänglichkeiten bei der Berechnung der Grundwasserbewegung (s. 7.4.3.5.) erheblich beeinträchtigt.

Insgesamt können daher die Ergebnisse der Berechnungen zur Radionuklidausbreitung zwar einen Beitrag zur Identifizierung charakteristischer oder problematischer Radionuklide leisten, eine verlässliche Aussage zur Eignung des Standortes Konrad für die Eignung als Endlager lassen sie jedoch nicht zu.

7.4.4.3. Ausbreitung der Radionuklide in der Biosphäre und potentielle Strahlenbelastung

Im Rahmen der Sicherheitsanalyse für die Nachbetriebsphase des geplanten Endlagers Konrad wird die potentielle Strahlenexposition durch die Nutzung von kontaminiertem Grundwasser in oberflächennahen Schichten unter Zugrundelegung der heutigen Standortverhältnisse und der derzeitigen Ernährungsgewohnheiten abgeschätzt. Dies geschieht i. w. auf Grundlage der Modelle und Daten der Allgemeinen Berechnungsgrundlage (ABG) (BMI 1979); für Prozesse, die aufgrund der spezifischen Endlagerproblematik damit nicht beschrieben werden können, werden Modifikationen vorgenommen.

Es ist auffällig, daß einerseits die Aufführung vieler zur Berechnung verwendeter Parameterwerte auf den Seiten 3.9-46 bis 3.9-51 des PTB-Plans eigentlich überflüssig ist, weil sie direkt der ABG entnommen sind. Eine Ausnahme bilden die Verzehrmengen. (Nebenbei bemerkt, spiegeln die Literaturangaben zum Kapitel 3.9 des PTB-Plans nicht eben den aktuellen Stand wieder: die letzte Änderung und Berichtigung der ABG geschah 1985 und nicht 1982.)

Andererseits wird der PTB-Plan an den Stellen, wo von der ABG abweichende Annahmen getroffen worden sind, ausgesprochen vage und verzichtet auf die Angabe von Daten. Dies gilt für (1) die Transferfaktoren Boden-Pflanze, (2) die Dosisfaktoren nach ICRP 30 und (3) das Berechnungsmodell. Wegen des Fehlens dieser Angaben, die teilweise sehr sensitiv in die Berechnungen eingehen, ist eine Überprüfung der abgeschätzten Individualdosen nicht möglich.

Zu (1): Aus der Aussage, die Transferfaktoren Boden-Pflanze würden "weitgehend" der ABG entnommen (PTB-Plan S. 3.9-49), geht nicht hervor, welche Transferfaktoren bei den Rechnungen benutzt und aufgrund welcher Arbeiten sie abgeleitet wurden.

Zu (2): Zur Berechnung der Folgeäquivalentdosen werden im PTB-Plan wegen der anstehenden Novellierung der zur Zeit gültigen Strahlenschutzverordnung "auch die zu erwartenden zukünftigen Ingestionsdosisfaktoren verwendet. Diese basieren auf den Modellen und Daten von ICRP 30 /6/." (PTB-Plan S. 3.9-51; Literaturangabe /6/ = ICRP 30). Welche Dosisfaktoren tatsächlich verwendet worden sind, läßt sich nur vermuten, da jeglicher Quellenhinweis darauf fehlt. Aufgrund der Rechnungen für Kleinkinder könnte man schließen, daß es sich um die vom Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes 1985 berechneten Dosisfaktoren handelt (ISH 1985 a, 1985 b); andererseits wird jedoch nach (ISH 1985 a, 1985 b) durch Ingestion von Calcium 41 die Knochenoberfläche am stärksten belastet, während nach Tab. 3.9.7/2 des PTB-Plans das rote Knochenmark die höchste Dosis erhält.

Grundsätzlich ist zu bedenken, daß die auf den Modellen der ICRP basierenden Dosisfaktoren für gesunde, beruflich strahlenexponierte Personen (Referenzmensch) bestimmt worden sind. Diese Dosisfaktoren sind wenig geeignet zur Abschätzung der Strahlenexposition von unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen,

da sie deren individuelle und biologische Variabilitäten nicht angemessen berücksichtigen. Bei Kleinkindern kommt erschwerend hinzu, daß ihr Stoffwechsel sich von demjenigen Erwachsener stark unterscheiden kann. Die verfügbaren Informationen sind jedoch sehr spärlich: in (ISH 1985 b) werden nur für 4 (!) von 101 chemischen Elementen altersspezifische biokinetische Daten verwendet.

Weiterhin ist zu beachten, daß die Dosisfaktoren im allgemeinen für diejenigen Verbindungen eines Radionuklids gelten, die am ehesten an einem Arbeitsplatz vorkommen können. Liegen Verbindungen desselben Nuklids z. B. im Grundwasser gelöst vor, kann das ein verändertes Stoffwechselverhalten zur Folge haben, beispielsweise erhöhte Resorptionsraten und damit erhöhte Strahlenbelastung.

Zu (3): Mit dem Berechnungsmodell der ABG kann die Problematik einer durch jahrtausendelange Freisetzung von Radionukliden aus dem Endlager verursachten Grundwasserkontamination nicht behandelt werden, da in der ABG von einer Wasserkontamination über nur 50 Jahre ausgegangen wird. Die Auswaschung von Radionukliden aus der Wurzelzone in tiefere Bodenschichten ist laut PTB-Plan berücksichtigt worden. Da jedoch jegliche Quellenangaben fehlen und weder das verwendete Modell noch die darin benutzten Daten angegeben werden, entzieht es sich der Beurteilung, ob dieses einigermaßen komplexe Problem in angemessener und realitätsbezogener Weise behandelt worden ist.

Potentielle Strahlenexposition

Zur Bewertung der Langzeitsicherheit wurden die potentiellen Individualdosen zum Zeitpunkt des Konzentrationsmaximums jedes Nuklids berechnet (PTB-Plan Tab. 3.9.7/1 und Tab. 3.9.7/2). Bei der Radionuklidausbreitung über das Oxford ergibt sich

dabei unter Verwendung des zur Zeit gültigen Dosisfaktors eine Überschreitung des Knochendosisgrenzwertes ($2,5 \times 10^{-3}$ Sv/a vs. Grenzwert von $1,8 \times 10^{-3}$ Sv/a) für Ra226. Dieser Wert wird in Tab. 3.9.7/2 des PTB-Planes durch die Annahme eines über-schätzten Inventars an U238 relativiert. Diese Annahme wird allerdings nicht begründet (s. dazu 7.4.4.1., Punkt (c)). Die Strahlenexposition der Schilddrüse durch Jod 129 liegt in allen betrachteten Fällen in der Größenordnung des Grenzwertes des § 45 StrlSchV (Faktor 2,4 bis 4 darunter).

Insgesamt läßt die Darstellung des PTB-Planes zur Ausbreitung der Radionuklide in der Biosphäre und zur potentiellen Strahlenbelastung wegen der unbefriedigenden Datenbasis eine detaillierte Überprüfung bzw. die Entwicklung belastbarer Aussagen nicht zu. Bemerkenswert ist die Überschreitung des Knochendosisgrenzwertes für Ra226 sowie die Strahlenexposition der Schilddrüse durch Jod 129 in der Größenordnung des gültigen Grenzwertes.

Berücksichtigt man in diesem Zusammenhang die nicht belastbaren bzw. zum Teil nicht nachprüfbares Aussagen des PTB-Planes zur Freisetzung von Radionukliden aus dem Grubengebäude (s. 7.4.4.1.) und zur Ausbreitung der Radionuklide in der Geosphäre (s. 7.4.4.2.), dann wird offensichtlich, daß eine besondere Eignung des Standortes Konrad nicht erkennbar bzw. nicht nachgewiesen ist.

7.5. Abschluß des Betriebes

Zum "Abschluß des Betriebes" lassen sich drei sachlich verschiedene Kapitel des PTB-Plans zusammenfassen:

- (a) Restverfüllung und Verschließen des Grubengebäudes (Kap. 4.10 PTB-Plan) einschließlich Aufbau und Funktion der Kammerabschlußbauwerke (Kap. 3.2.5.6 PTB-Plan),
- (b) Verfüllung der Schächte (Kap. 4.2 PTB-Plan),
- (c) Überwachung in der Phase des Abschlusses des Betriebes bzw. der Nachbetriebsphase (Kap. 4.4 PTB-Plan).

Ausführlich behandelt werden im folgenden nur die Punkte (a) und (b), da sie hinsichtlich der Langzeitsicherheit relevant sind. Die Überwachung hingegen hat für die Langzeitsicherheit der vorgesehenen Maßnahmen keine Bedeutung. Außerdem kann sie sich nur auf einen kurzen Zeitraum beziehen, wohingegen mögliche Freisetzungsradiaktivier Stoffe in die Biosphäre erst in der weiteren Zukunft zu erwarten sind (Ausnahme: gasförmige Stoffe, s. dazu Kap. 4.).

Hinsichtlich (langzeit-)sicherheitsrelevanter Aspekte kommt dem Verschließen der Schächte wesentlich höhere Bedeutung zu als der Restverfüllung des Grubengebäudes, da die Schächte eine direkte Verbindung zwischen Grubengebäude und Biosphäre darstellen, und zwar durch die als wesentliche geologische Barriere angesehenen Unterkreideschichten hindurch. Eine unsachgemäße und nicht langzeitwirksame Schachtverfüllung muß deshalb bei Vorliegen eines Antriebsmechanismus als bevorzugte Wasserwegsamkeit für mit Radionukliden beladene Wässer angesehen werden (und auf dem Vorhandensein eines solchen Antriebsme-

chanismus in Form einer hydraulischen Potentialdifferenz basieren die Berechnungen zur Grundwasserbewegung im PTB-Plan).

Der Verfüllung der Restgrubenhohlräume hingegen kommt nur eine untergeordnete sicherheitsmäßige Bedeutung zu, die v. a. in der Verringerung der Konvergenz, der Erhöhung der Grubensandsicherheit, Erhöhung der Sorptionsmasse für Radionuklide und der Verringerung der Durchlässigkeit der Hohlräume für Flüssigkeiten und Gase dient. Im folgenden mitbetrachtet werden sollen die Kammerabschlußbauwerke, da sie letztendlich einen integralen Bestandteil der Grubenverfüllung darstellen. Die Bedeutung der Kammerabschlußbauwerke liegt vor allem in der Rückhaltung gasförmiger Radionuklide (d. h. also auch Schutz der Belegschaft während der Betriebsphase).

7.5.1. Restverfüllung der Grubenhohlräume sowie Kammerabschlußbauwerke

Die rein technischen Aspekte des Verfüllens der Resthohlräume des Grubengebäudes dürfen als gelöst angesehen werden. Offene Fragen ergeben sich allerdings hinsichtlich des Versatzmaterials und der Gasdichtigkeit der Kammerabschlußbauwerke. Laut PTB-Plan (S. 4.1-1) sind als Versatzgut aufgehaldetes Haufwerk aus dem Tagebau Haverlahwiese und/oder Fremdversatzmaterialien vorgesehen, sofern sie bestimmte Anforderungen erfüllen. Abgesehen davon, daß die Herkunft des Fremdmaterials nicht benannt wird, werden insbesondere die an das Versatzmaterial gestellten Anforderungen nicht spezifiziert (z. B. petrographische Beschaffenheit, Verhalten bei Wasserzutritt).

Als Anforderung an das Versatzmaterial verstanden werden kann lediglich die in Kap. 3.2.5.6.1 (S. 3.2.5.6-2) des PTB-Plans gemachte Angabe, daß zur Verfüllung vorgesehenes Haufwerk so aufbereitet werden soll, daß eine dichteste Packung der Kör-

ner erreicht werden kann. Über die Korngrößenverteilung des Versatzmaterials hinausgehende Anforderungen sind im PTB-Plan nicht enthalten, so daß eine umfassende Beurteilung des Versatzmaterials hinsichtlich der ihm zugeschriebenen Funktionen nicht möglich ist.

In Zusammenhang mit der Restverfüllung des Grubengebäudes sind auch die Kammerabschlußbauwerke zu betrachten. Diese Abschlußbauwerke sollen während der Betriebsphase die Freisetzung gasförmiger Radionuklide minimieren.

Die Ausbreitung gasförmiger Radionuklide aus abgeschlossenen Kammern kann laut PTB-Plan (S. 3.2.5.6-4) durch folgende Mechanismen bzw. Phänomene bewirkt werden:

- Luftdruckschwankungen im Streckensystem,
- Gebirgskonvergenz,
- Erwärmung des Kammerinhalts,
- Diffusion.

Laut PTB-Plan soll die durch Luftdruckschwankungen hervorgerufene Freisetzung gasförmiger Radionuklide durch die Auslegung der Kammerabschlußbauwerke verhindert werden (S. 3.2.5.6-4 PTB-Plan). Diese Behauptung ist im PTB-Plan nicht belegt und entzieht sich insofern der genaueren Nachprüfung.

Die verbleibenden drei Effekte sind laut PTB-Plan (S. 3.2.5.6-4) in ihren radiologischen Auswirkungen in Kap. 3.4.2.2 des PTB-Plans beschrieben worden. In dem entsprechenden Kapitel 3.4.2.2 des PTB-Plans wird der Mechanismus "Erwärmung des Kammerinhalts" nicht betrachtet, sondern nur noch die beiden Effekte "Gebirgskonvergenz" und "Diffusion". Ob die Erwärmung des Kammerinhalts infolge der natürlichen Gebirgstemperatur oder infolge der Wärmeentwicklung eingelagerter Abfälle als Antriebsmechanismus (nicht) relevant ist, kann wegen des Feh-

lens entsprechender Angaben im PTB-Plan nicht beurteilt werden.

Die Mechanismen "Konvergenz" und "Diffusion" werden im PTB-Plan näher betrachtet (S. 3.4.2-7 bis 3.4.2-8). Danach soll die Diffusion gasförmiger Radionuklide durch die Auflockerungszone des Streckenmantels (d. h. um das Abschlußbauwerk herum) vernachlässigbar sein, da der Diffusionsquerschnitt der Auflockerungszone des Gebirges gegenüber dem Diffusionsquerschnitt des Kammerabschlußbauwerks klein sein soll (S. 3.4.2-8 PTB-Plan).

Diese Auffassung entspricht nicht den tatsächlichen Gegebenheiten am Standort. Die Auflockerungszone um untertägige Strecken erstreckt sich bei Konrad bis einige Meter ins Gebirge hinein (GSF 1982); selbst im PTB-Plan wird eine Auflockerungszone von ca. 5 m angegeben (S. 3.1.10.5-11). Dies bedeutet, daß der Diffusionsquerschnitt der Auflockerungszone des Gebirges den Diffusionsquerschnitt des Kammerabschlußbauwerks (ca. 25 m²) übertrifft.

Selbst wenn der Bau absolut gasdichter Abschlußdämme gelänge (was technisch nicht möglich ist), würde die Auflockerungszone des jeweiligen Streckenmantels zur Ausbreitung gasförmiger Radionuklide aus den verfüllten Endlagerkammern zur Verfügung stehen. Dieser Gesichtspunkt wird im PTB-Plan nicht ausreichend berücksichtigt, insbesondere auch in Verbindung mit dem Antriebsmechanismus Konvergenz. Folglich müssen die Aussagen im PTB-Plan zur Ausbreitung gasförmiger Radionuklide aus abgeschlossenen Endlagerkammern als nicht belastbar bzw. als nicht belegt angesehen werden. Entsprechend relativiert sich auch die Aussagekraft der daraus abgeleiteten Aussagen zur radioökologischen Bedeutung austretender gasförmiger Radionuklide.

7.5.2. Verfüllung der Schächte

7.5.2.1. Anforderungen

Die Verfüllung der Schächte muß zwei Anforderungen genügen:

- Verhinderung des Zuflusses von Tages- oder Grundwasser in das stillgelegte Grubengebäude hinein,
- Verhinderung der Ausbreitung (kontaminierter) Wässer aus dem Bereich des Endlagers über die Schächte in höhergelegene Grundwasserstockwerke bzw. die Biosphäre.

Beide Anforderungen müssen von der Schachtverfüllung langfristig und wartungsfrei erfüllt werden.

Das von der PTB vorgeschlagene Konzept der Schachtverfüllung (Kap. 4.2 PTB-Plan) besteht aus folgenden Elementen:

- (i) kohäsiver Verfüllsäulenabschnitt im unteren Bereich des Schachts (bzw. der Schächte),
- (ii) aktiv dichtender Schachtverschluß im mittleren und oberen Bereich der Schachtröhre. Dieser aktiv dichtende Schachtverschluß besteht wiederum aus drei Elementen: statisch tragendes Widerlager (Schachtpfropfen), hydrostatische Dichtung (oberhalb des Schachtpfropfens) und hydraulische Dichtung (unterhalb des Schachtpfropfens bis zum kohäsiven Verfüllsäulenabschnitt reichend). Dieser aktiv dichtende Schachtverschluß soll die genannten Anforderungen erfüllen.

Die Überprüfung des im PTB-Plan gegebenen Konzepts führt zu einer Vielzahl offener Fragen, die im folgenden dargestellt werden.

7.5.2.2. Die Verfüllelemente

7.5.2.2.1. Der kohäsive Füllsäulenabschnitt

Die im PTB-Plan zu diesem Füllsäulenabschnitt gemachten Angaben sind völlig unzureichend. Es fehlen sowohl Angaben über das für diesen Füllsäulenabschnitt vorgesehene Verfüllmaterial als auch Angaben über die von diesem Material zu erfüllenden Bedingungen bzw. Eigenschaften und die spezielle Funktion dieses Verfüllabschnitts. Der einzige Hinweis im PTB-Plan zu dem vorgesehenen Verfüllmaterial besagt, daß es sich um "hydraulisch erhärtendes Material" handeln soll (S. 4.2-5, PTB-Plan), das nach den Richtlinien eingebaut werden soll.

Es fehlen insbesondere Angaben über die (Mindest-)Durchlässigkeit des Verfüllmaterials, Angaben über die Standsicherheit des entsprechenden Füllsäulenabschnitts, Angaben über das Langzeitverhalten des Füllsäulenabschnitts (z. B. Auswirkungen von Schwund, physikalisch-chemische Änderungen bei Wasserzutritt), Angaben über den Anschluß an die Schachtwandung sowie Angaben über den Anschluß des Füllsäulenabschnitts an die verfüllten Grubenhohlräume bzw. Strecken im Übergangsbereich Schachtröhre/Grubenhohlräume.

7.5.2.2.2. Der aktiv dichtende Schachtverschluß

Die drei Elemente dieses Teils der Schachtverfüllung sind im PTB-Plan detaillierter dargestellt worden als der kohäsive Füllsäulenabschnitt. Dennoch bleiben für jedes einzelne der drei Elemente dieses Teils der Schachtverfüllung Fragen offen.

Statisch tragendes Widerlager (Schachtpfropfen):

Die langfristige Wirksamkeit des Schachtpfropfens beruht einerseits auf Vorgaben, die hinsichtlich seiner Positionierung in

der Schachtröhre zu erfüllen sind, und andererseits in der Be-messung des Widerlagers selbst sowie seiner Materialeigenschaf-ten.

Laut PTB-Plan (S. 4.2-3) sollen die Widerlager beider Schacht-verschlüsse in Gesteinen der Unterkreide (Hauterive) eingebaut werden, wobei die entsprechenden Gebirgsbereiche folgende Eigenschaften aufweisen sollen:

- minimale Klüftigkeit und geringe Permeabilität,
- geringe Abbauwirkung,
- großes Elastizitäts- bzw. Verformungsmodul.

Diese qualitativ benannten Anforderungen werden im PTB-Plan nicht quantifiziert, so daß ein zahlenmäßiger Vergleich mit realen Daten des entsprechenden Gebirgsbereichs nicht möglich ist. Ein deshalb notgedrungenerweise durchgeföhrter qualitati-ver Vergleich der Anforderungen mit den Gegebenheiten in den entsprechenden Gebirgsbereichen zeigt, daß die Permeabilität im Bereich des Hauterive laut PTB-Plan kleiner als 10^{-11} m/s sein soll und somit der Permeabilität der sonstigen Unterkreide-gesteine entsprechen soll. Ob diese geringe Permeabilität den realen Verhältnissen im Bereich des transgredierenden Hauterive entspricht, muß offen bleiben, da im Bereich des Transgres-sionshorizontes keine kf-Werte ermittelt werden konnten (PTB-Plan, S. 3.1.9.6-17). Angaben über eine eventuell vorhandene Klüftigkeit im Bereich des Hauterive liegen ebenfalls nicht vor.

Die im vorgesehenen Teufenbergbereich der Schachtpfropfen vorhan-den-en bzw. zukünftig zu erwartenden Abbaueinwirkungen sind für Schacht Konrad 1 als gering einzustufen. Die Abbauwirkun-gen auf Schacht Konrad 2 im Bereich des geplanten Widerlagers sind stärker (Setzung > 30 mm laut Abb. 3.1.9.7-10 PTB-Plan für 1970 - 1981, zu Schachtstauchung und Scherung siehe Abb. 3.1.10.5/16 PTB-Plan). Wie sich die Abbauwirkungen bei Schacht

Konrad 2 zukünftig im Bereich des Widerlagers entwickeln werden (v. a. nach Auffahrung der in Nachbarschaft des Schachts gelegenen Einlagerungsfelder 5 und 5a) ist von der PTB abgeschätzt worden; unklar ist jedoch, ob diese noch zu erwartenden Abbaueinwirkungen die oben genannte und im PTB-Plan nicht näher definierte Anforderung "geringe Abbauwirkung" erfüllen oder nicht. Es fehlt der Nachweis der im PTB-Plan behaupteten Erfüllung dieser als notwendig erachteten und selbstgestellten Anforderung.

Hinsichtlich des geforderten großen Elastizitäts- bzw. Verformungsmoduls im Bereich der Widerlager lassen sich aus dem PTB-Plan keine genauen Angaben entnehmen. Zwar sind im Widerlagerbereich von Schacht Konrad 2 gebirgsmechanische Untersuchungen vorgenommen worden (s. Tab. 3.1.10.5/1 PTB-Plan), die Ergebnisse sind jedoch nicht dokumentiert. Im entsprechenden Bereich von Schacht Konrad 1 sind ebenfalls Untersuchungen vorgenommen worden (s. Tab. 3.1.10.5/1 PTB-Plan), jedoch sind die entsprechenden Ergebnisse nur auszugsweise dokumentiert worden (Tab. 3.1.10.5/2 PTB-Plan), so daß auch hier eine Zuordnung und Bewertung der Ergebnisse nicht möglich ist.

Lediglich in Abb. 3.1.10.5/8 des PTB-Plans sind Stoffparameter angegeben, die ein im Verhältnis zu anderen untersuchten Schichtgliedern relativ geringes Elastizitätsmodul von 2000 MPa für das Hauerive anzeigen. Ob dieses Elastizitätsmodul den im PTB-Plan nicht quantifizierten Anforderungen genügt, ist auf der Grundlage der im PTB-Plan gegebenen Informationen nicht nachvollziehbar.

Neben diesen Schwierigkeiten, die Erfüllung der Vorgaben hinsichtlich der Positionierung der Widerlager zu bewerten, sind noch weitere Aussagen zum statisch tragenden Widerlager im PTB-Bericht nicht belegt bzw. nicht nachvollziehbar. So ist die Bemessung des Widerlagers (z. B. Beanspruchungszustand des

Widerlagers, angreifende Zug- und Druckspannungen) nicht belegt und deshalb nicht nachvollziehbar. Darüber hinaus werden im PTB-Plan keinerlei Angaben über die Art des vorgesehenen Stahlbetons und die Spezifikation des für die Gleitschicht vorgesehenen Gußasphalts gemacht. Folglich sind aus den Materialeigenschaften eventuelle resultierende (Langzeit-)Probleme (z.B. Widerstand des Betons gegenüber u. U. angreifenden aggressiven Gebirgswässern, Schrumpfen der Gußasphaltenschicht nach ihrem Einbau) nicht bewertbar.

Hydrostatische Dichtung

Die aus Bitumen B 25 und einem Kalksteinmehlfüller bestehende hydrostatische Dichtung reicht von der Oberkante des Widerlagers bis zur Schachtkopfsicherung. Sie soll aufgrund ihres mittels Füllerzugabe eingestellten höheren hydrostatischen Drucks (bzgl. der umgebenden Formationswässer) diese aus Rissen, Klüften usw. des die Schachtröhre umgebenden Gebirges verdrängen und somit einen Zulauf dieser Wässer in den Schacht bzw. die Grube verhindern.

Die wesentlichen diesbezüglichen Aussagen sind im PTB-Plan nicht belegt (insbesondere auch hinsichtlich des Verschließens sämtlicher vorhandener bzw. zukünftig sich bildender Risse oder Klüfte sowie hinsichtlich der Funktion der Sandasphaltenschicht direkt oberhalb des Widerlagers). Die Angaben zur Spezifikation der eingesetzten Materialien sind spärlich; lediglich die Bitumensorte (B 25), die Asphaltidichte und die Korngrößenverteilung des Sands im Sandasphalt sind angegeben. Es fehlen hingegen nähere Angaben über den vorgesehenen Kalksteinmehlfüller (z. B. mittlerer Durchmesser der Teilchen) und dessen langfristiges Sedimentationsverhalten im Bitumen. Dies ist bedeutsam, da die Sedimentation des Füllers großen Einfluß auf den hydrostatischen Druck und damit die Abdichtwirkung der Bitumenverfüllung hat.

Weiterhin ist fraglich, ob die hydrostatische Dichtung über die gesamte Länge beider Schächte einen höheren hydrostatischen Druck als die Formationswässer aufweist. Dies gilt zumindest für den Bereich des in Konrad 2 in ca. 760 m Tiefe anstehenden Hilssandstein und dessen Wässer. Bei einer Dichte der Hilssandsteinwässer von 1,12 g/cm³ (KLINGE & NEUMANN-REDLIN 1986) ergibt sich nach $P = d \times g \times h$ (P : hydrostatischer Druck, d : Dichte des Wasser, g : Erdbeschleunigung, h : Höhe der Wasser- bzw. Asphaltäule) ein hydrostatischer Druck der Hilswässer von ca. 51,6 bar. Der hydrostatische Druck der Asphaltäule an der entsprechenden Stelle des Schachts beträgt ca. 52 bar (jeweils bezogen auf die Erdoberfläche). Berücksichtigt man die Hochlage des Hilssandsteins im Bereich des Salzgitterer Sattels im Vergleich zur Bezugsebene "Erdoberfläche", dann ist nicht auszuschließen, daß der hydrostatische Druck des Hilssandsteinwassers in Schacht Konrad 2 höher ist als der hydrostatische Druck der Bitumensäule an der entsprechenden Stelle in Schacht Konrad 2. Der natürliche hydrostatische Druck der Formationswässer im Bereich der gering durchlässigen Unterkreidegesteine ist im übrigen nicht gemessen worden (KLINGE & NEUMANN-REDLIN 1986), so daß über dessen Höhe keine sicheren Angaben vorliegen.

Ebenfalls nicht belegt ist die im PTB-Plan aufgestellte Behauptung, der Sandasphalt der Dichtepackung direkt oberhalb des Widerlagers könne das "Ablaufen" der Bitumendichtung in die Fuge zwischen Widerlager und Gebirge bzw. Widerlager und Stützring verhindern.

Hydraulische Dichtung

Die Dichtwirkung der hydraulischen Dichtung unterhalb des Widerlagers beruht darauf, daß die Dichte des gering gefüllerten Asphalt s sicher unter der der Grubenwässer liegt, und die Dichtung deshalb auf aufsteigende Grubenwässer "aufschwimmt"

und so das Widerlager bzw. den Schacht von unten abdichtet.

Die diesbezüglichen Äußerungen im PTB-Plan können aufgrund der dort gegebenen Darstellung nicht nachvollzogen werden. Auch hier fehlen die notwendigen Angaben über Stoffspezifikationen, Stoffeigenschaften und entsprechende Berechnungen (s. Darstellung zur Hydrostatischen Dichtung). Darüber hinaus wird kein Hinweis darauf gegeben, wie die unvermeidbare Volumenabnahme des Asphalt's der hydraulischen Dichtung nach seiner Einbringung in die Schachtröhre kompensiert werden kann (bei der hydrostatischen Dichtung ist dies durch nachträgliche Zugabe von Bitumen möglich - bei der hydraulischen Dichtung wäre dies u. U. nur durch ein mehrjähriges Offenhalten des Schachts möglich). Aus dieser Volumenabnahme eventuell resultierende Probleme (Umläufigkeit der Asphaltverfüllung für Wässer) werden folgerichtig im PTB-Plan auch nicht erörtert.

7.5.2.3. Zusammenfassende Bewertung der Darstellung zur Schachtverfüllung im PTB-Plan

Die Ausführungen im PTB-Plan zur langfristig sicheren Schachtverfüllung erlauben es nicht, die im PTB-Plan selbst enthaltenen Anforderungen an die langfristige Wirksamkeit der Schachtverfüllung nachzuvollziehen. Es muß an dieser Stelle nochmals dringend darauf hingewiesen werden, daß die beiden Schächte potentielle Wegsamkeiten aus dem Grubengebäude in die Biosphäre darstellen. Im Falle einer nicht langfristig wirksamen dichten Verfüllung der Schächte müssen diese bei den am Standort herrschenden hydraulischen Verhältnissen als Wegsamkeiten für die Ausbreitung radioaktiv kontaminierte Wässer angesehen werden. In diesem Fall nützt auch eine noch so hervorragende Barriere "Unterkreidegesteine" wenig.

Dieser Sachverhalt und die daraus zwingend zufordernde Not-

wendigkeit des Nachweises der langfristigen Wirksamkeit der Schachtverfüllung können auch nicht durch die im PTB-Plan gemachte und von OELLERS (1983: S. 567) übernommene Aussage, die Wirksamkeit aktiv dichtender Schachtverschlüsse beruhe auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten und hänge nicht von speziellen Verhältnissen im Einsatzbereich ab, ersetzt werden.

7.6. Zeitrahmen der Sicherheitsanalyse und Langzeitbewertung

Die wegen der unbefriedigenden Datenbasis für die Grundwasserbewegung und die Radionuklidausbreitung mit erheblichen Unsicherheiten behafteten Ergebnisse der Langzeitsicherheitsanalyse lassen die besondere Eignung des Standortes Konrad nicht erkennen (s. 7.4.3.5., 7.4.4.1. bis 7.4.4.3.). Die Ergebnisse der Sicherheitsanalyse werden offenbar aus diesem Grunde in Kap. 3.9.2 des PTB-Plans durch Überlegungen zum Zeitrahmen von Sicherheitsanalysen relativiert.

In Anlehnung an Überlegungen von EHRLICH et al. (1986) wird in den Planunterlagen dargestellt, daß die Sicherheitsanalyse, also die rechnerische Bestimmung der zukünftigen potentiellen Strahlenexposition, über Zeiträume größer als ca. 10.000 Jahre kein angemessenes Verfahren für die Langzeitbewertung eines Standortes dargestellt. Begründet wird diese Einschätzung mit zwei Überlegungen, auf die wegen ihrer grundsätzlichen Bedeutung im folgenden eingegangen werden muß:

- (a) das Gefährdungspotential radioaktiver Abfälle soll nach ca. 10.000 Jahren mit dem anderer Stoffe aus der Umwelt des Menschen vergleichbar sein (S. 3.9-3 PTB-Plan);
- (b) die heute gültigen hydrogeologischen und klimatischen Bedingungen, die Grundlage für die Berechnungen zur Radionuklidausbreitung sind, dürfen nur für ca.

10.000 Jahre als gültig angesehen werden (S. 3.9-2 f. PTB-Plan). Für spätere Zeiträume nicht auszuschließende gravierende Veränderungen des hydraulischen status quo könnten nicht mit der erforderlichen Genauigkeit prognostiziert werden.

7.6.1. Zur Ableitung des Betrachtungszeitraums aus dem Vergleich von Gefährdungspotentialen

Auf den in diesem thematischen Zusammenhang von EHRLICH et al. (1986) vorgenommenen Vergleich der Toxizitätspotentiale radioaktiver Abfälle mit Uranerzlagerstätten soll hier nicht eingegangen werden, da die Problematik entsprechender Vergleiche schon länger kritisch diskutiert wird (z. B. STEFFEN 1981, KIRCHNER 1983).

Dafür soll ein Teil der Arbeit von EHRLICH et al. (1986) betrachtet werden, der auf dem Vergleich zwischen Schadstoffen in Reststoffen aus der Kohleverbrennung (Aschen, Flugstäube u. ä.) und radioaktiven Abfällen (sowohl Abfälle aus der Wiederaufarbeitung als auch bei Direkter Endlagerung) beruht. Bezugssystem ist in beiden Fällen die erzeugte Energie von 1 GWa.

Es werden nun zwei unterschiedliche Toxizitätsindizes gebildet, um Radio- und Chemotoxizität der verschiedenen Schadstoffe vergleichen zu können. In dem einen Fall werden die Schadstoffmengen der Abfälle ins Verhältnis gesetzt zu Letaldosen (LD_{50}), im anderen Fall zu Jahresaktivitätszufuhrmengen über natürliche Radioaktivität im Trinkwasser bzw. jährliche Mengen an Schwermetallaufnahme durch natürliches Vorkommen von Schwermetallen im Fluß- und oberflächennahem Grundwasser.

$$\text{Toxizitätsindex: } \text{TI} = \frac{\text{Schadstoffmenge im Abfall}}{\text{Zufuhrmenge}} \quad 1/\text{GWa}$$

Die vorgenommene Bildung eines Toxizitätsindex, der sich auf Letaldosen (LD_{50}) bezieht, läßt allerdings keinen Sinn erkennen, da Letaldosen für die Realität überhaupt keine Rolle spielen. Die Gefährdung der Umwelt durch Schwermetalle bzw. durch radioaktive Stoffe bedeutet ja gerade nicht die Aufnahme von Mengen, die innerhalb kurzer Zeit zum Tode führen, sondern die Aufnahme geringer Dosen, die durch ihre Langzeitwirkung zu Krankheit (Krebs) und schließlich zum Tode führen können. Dabei ist gerade die Wirkung sehr kleiner Dosen von radioaktiven Stoffen noch sehr umstritten und noch nicht genauestens erforscht.

Um Zeiträume für die Toxizitätspotentiale der Schadstoffe aus der Kohleverbrennung im Vergleich zu den Abfällen aus dem Kernbrennstoffkreislauf ermitteln zu können, werden die beiden Toxizitätsindizes als Funktion der Zeit dargestellt. Aus dem Schnittpunkt der jeweiligen Kurven wird gefolgert, nach welchem Zeitraum die potentiellen Individualrisiken bei derendlagerung radioaktiver Abfälle bzw. von Reststoffen aus der Kohleverbrennung gleich sind. Diese Schlußfolgerung ist zwar logisch, eine andere Frage ist allerdings, ob damit zu sinnvollen Aussagen für die Langzeitsicherheit gelangt werden kann:

- Das gleiche potentielle Individualrisiko bzgl. radioaktiver Abfälle und Reststoffe der Kohleverbrennung bedeutet nicht, daß beide Abfälle ungefährlich sind. Im Gegenteil: Bei dem Ansatz über die Letaldosen hat der Toxizitätsindex im Schnittpunkt den Wert $\text{TI} = 10^8(1/\text{GWa})$, d. h. die Schadstoffmenge bezogen auf 1 GWa ist zwar gleich, liegt aber weit über der Zufuhrmenge einer Letaldosis (LD_{50}).

- Bei dem Bezug auf Schadstoffmengen im Trinkwasser werden die Kurvenverläufe richtig beschrieben "als Faktoren der Überschreitung natürlich vorkommender Konzentrationen bzw. Radiotoxizitäten im Trinkwasser" (EHRLICH et al. 1986). Der Schnittpunkt und damit die dazugehörige Zeit besagt allerdings gar nichts für die Langzeitsicherheit. Interessant ist höchstens der Zeitraum, nach dem der Toxizitätsindex für radioaktive Abfälle den Wert eins erreicht, denn nach diesem Zeitraum entspricht die Radiotoxizität der des Trinkwassers.

Ohne an dieser Stelle noch detaillierter an die von der PTB übernommene Argumentation von EHRLICH et al. (1986) eingehen zu wollen, bleibt festzuhalten, daß ein wie auch immer ermittelter zukünftiger Zeitpunkt gleicher Toxizitätspotentiale verschiedener Schadstoffe nicht die Notwendigkeit der sicheren Isolation dieser Schadstoffe von der Biosphäre berührt. Entsprechend ist auch für Zeiträume, die über den Zeitpunkt der Gleichheit von Toxizitätspotentialen hinausgehen, der Nachweis der langfristig sicheren Endlagerung dieser Schadstoffe notwendig.

7.6.2. Folgerungen und Langzeitbewertung

Entsprechend der in Punkt (b) gegebenen Begründung (s. o.) soll für Zeiträume größer als 10.000 Jahre die Sicherheitsanalyse lediglich dazu dienen, die generelle Funktionstüchtigkeit der geologischen Barriere zu überprüfen.

Konsequenterweise werden daher die durchgeföhrten Berechnungen im PTB-Plan nicht mehr als Sicherheitsanalyse, sondern als "nuklidspezifische Bewertung der vorhandenen Barrieren" bezeichnet (Kap. 3.9.7), durch die bestätigt wird, "daß das mit geologischen Systemen erreichbare Isolationsvermögen am Stand-

ort des Endlagers Konrad gegeben ist" (PTB-Plan S. 3.9-55).

Dieser allgemein skeptischen Einschätzung der Leistungsfähigkeit der Sicherheitsanalyse als Verfahren zur Bewertung von Endlagerstandorten ist grundsätzlich zuzustimmen. Allerdings darf sich diese Skepsis nicht nur auf den Zeitrahmen beziehen, über den Sicherheitsanalysen nach Meinung der PTB mit ausreichender Sicherheit geführt werden können, sondern auch auf die exakte mathematische Modellierbarkeit komplexer natürlicher Vorgänge überhaupt. Diese Aussage gilt insbesondere dann, wenn das zugrundegelegte Modell, wie im Fall Konrad, weder geeicht noch verifiziert werden kann und wenn von vornherein nur begrenzte Ansprüche an die Qualität der Basisdaten gestellt werden.

Nicht nachvollziehbar sind allerdings die im PTB-Plan aus diesen Überlegungen abgeleiteten Konsequenzen für die Interpretation des erzielten Ergebnisses:

Nach Aussagen des PTB-Plans (Plan Kap. 3.1.10.3, insbes. S. 3.1.10.3-3) dient "die Verlässlichkeit der Modellrechnungen für lange Zeiten" ... "als Kriterium für die erforderliche Genauigkeit der Beschreibung der hydrogeologischen Situation" (Plan S. 3.1.10.3-3): Die klimatologischen und geologischen Bedingungen, die direkt oder indirekt den Modellrechnungen zugrundeliegen, können sich schon nach einigen 1000 bis 10.000 Jahren ändern. Damit wird eine Aussage bezüglich des hydraulischen Geschehens für darüber hinausgehende Zeiträume zunehmend schwächer zu bewerten sein."

Als Folge dieser Einschätzung sind auch die Anforderungen an die Berechnungen zur Grundwasserbewegung und zur Radionuklidausbreitung unter Berücksichtigung der aktuellen hydrologischen und hydrogeologischen Situation erheblich reduziert worden: Nicht der aus der Verwendung des Rechenprogramms

SWIFT ergebende Bedarf an repräsentativen und qualitativ angemessenen Daten bestimmt den erforderlichen Umfang der Standortuntersuchung, sondern die einfache Verfügbarkeit von Daten bestimmt die Qualität der Berechnung.

Diese Vorgehensweise steht in krassem Widerspruch zu den Anforderungen, die an die Sicherheitsanalyse für Endlager radioaktiver Stoffe zu stellen sind. Da die Sicherheitsanalyse durch die RSK (RSK 1983) als einziges Verfahren zur Eignungsbewertung von Endlagerstandorten vorgeschrieben ist, kann sie nicht einfach durch Entscheidung der PTB ihrer Rolle als Bewertungsgrundlage enthoben werden. Eine zeitliche Begrenzung für die Gewährleistung des entsprechend § 45 Strahlenschutzverordnung zu sichernden Schutzes vor unzulässiger Strahlenexposition enthalten die RSK-Kriterien (RSK 1982) im übrigen nicht.

Läßt man die Einwände gegen die Aussagekraft der Sicherheitsanalyse über sehr lange Zeiträume (s. o.) daher zunächst außer acht und akzeptiert die Sicherheitsanalyse als Nachweisverfahren, so liefern die Rechenergebnisse keineswegs den Eignungsbeweis für den Standort Konrad. Vielmehr liegen die berechneten Expositionen durch Jod 129 und Radium 226 in derselben Größenordnung wie die heranzuziehenden Grenzwerte, die durch Radium 226 unter bestimmten Annahmen sogar darüber (s. 7.4.4.3.). Angesichts der im PTB-Plan offenbar akzeptierten Unzulänglichkeit der bei den Modellrechnungen verwendeten Daten (s. 7.4.3.5. und 7.4.4.2.2.) schließen diese nur geringfügigen Abweichungen von den relevanten Grenzwerten sogar die Eignung des Standorts Konrad aus.

Die Einschätzung, das mit geologischen Barrieren (überhaupt) erreichbare Isolationsvermögen sei für den Standort Konrad durch den rechnerischen Nachweis einer Radionuklidfreisetzung erst in Millionen von Jahren nachgewiesen (PTB-Plan Kap. 3.9.7), stützt sich auf die zutreffende Aussage, daß Stofftrans-

portvorgänge in der Lithosphäre gegenüber solchen an oder in Nähe der Erdoberfläche langsamer ablaufen. Der Schadstofftransport aus größeren Tiefen, z. B. durch Grundwasser aus einem Endlager in 1000 m Tiefe, soll daher Zeiträume von Größenordnungsmäßig Millionen Jahren in Anspruch nehmen (Kap. 3.9.2; S. 3.9-3 PTB-Plan).

Diese Aussage ist generell richtig. Allerdings sind die Voraussetzungen dazu keineswegs von vornherein an jedem Standort erfüllt. Unterstellt man, daß die im Rahmen der Sicherheitsanalyse für den Standort Konrad ermittelten Zeiträume für die Schadstofffreisetzung in der Größenordnung zutreffen, so ist die Transportzeit für das im Gestein wenig zurückgehaltene Jod 129 mit gut 300.000 Jahren ohnehin um eine Größenordnung geringer als erwartet und spricht zumindest für Jod 129 eher gegen als für die Gültigkeit der Aussage.

Die Frage, ob am Standort Konrad die durch geologische Barrieren überhaupt erreichbare "maximale" Isolationszeit tatsächlich erreicht werden wird, kann aber durch die generelle Aussage zur Dauer von Stofftransporten in der Erdkruste ohnehin nicht beantwortet werden. Auch die Ergebnisse der Sicherheitsanalyse stellen angesichts der methodischen Einwände keine direkte Hilfe dar. Allerdings liefern sie Hinweise darauf, wie denn der Standort Konrad beschaffen sein müßte, damit Strahlenbelastungen in der Höhe der Grenzwerte oder darüber auf jeden Fall ausgeschlossen werden können.

7.7. Quellenverzeichnis zu Kapitel 7

- APPEL, D., BERNING, J., DETTMER, U., FISCHER, B., HIRSCH, H. & KREUSCH, J. (1983): Gutachten zum Abschlußbericht der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH über die Untersuchung der Eignung von Schacht Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle; Gruppe Ökologie, Hannover.
- BEHRENS, H. (1986): Zur Übertragbarkeit von Labor-Sorptionsdaten des Radioiods auf In-Situ-Verhältnisse. - In: Bericht PTB-SE-14, S. 184-195.
- BMI (1979): Der Bundesminister des Innern: Allgemeine Berechnungsgrundlage für die Strahlenexposition bei radioaktiven Ableitungen mit der Abluft oder in Oberflächengewässer (Richtlinie zu § 45 StrlSchV). GMBI 21 (1979), S. 371-435; Berichtigung GMBI 30 (1980), S. 576-577; Berichtigung und Änderung GMBI 33 (1982), S. 735-737; Berichtigung und Änderung GMBI 19 (1985), S. 380-383.
- BRÜHL, H. (1986): Experimente zur Migration von Radionukliden (Spaltprodukten) aus Gorleben und aus der Schachtanlage Konrad. - Z. dt. geol. Ges., 137, S. 121-136, Hannover.
- BRÜHL, H. et al. (1986): Probennahme und Probenbehandlung von Locker- und Festgesteinen für Migrationsuntersuchungen mit Radionukliden. - In: Bericht PTB-SE-14, S. 150-161.
- EHRLICH, D., RÖTHEMEYER, H., STIER-FRIEDLAND, G. & THOMAUSKE, B. (1986): Langzeitsicherheit von Endlagern, Zeitrahmen für Sicherheitsbetrachtungen, Bewertung der Subrosion des Salzstockes Gorleben. - Atomwirtschaft - Atomtechnik, 31, 5 (1986): 231-235.
- ERNST, G. & WACHENDORF, H. (1968): Feinstratigraphisch-faziale Analyse der "Schaumkalk-Serie" des Unteren Muschelkalks im Elm (Ost-Niedersachsen). - Beitr. Ber. Naturhist. Ges., 5, Keller-Festschrift: 165-205; Hannover.
- GSF - Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (1982): Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. - Abschlußber. GSF-T 136, Band 1; Braunschweig.
- GSF - Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (1983): Aktuelle Ergebnisse der laufenden F+E-Arbeiten in der Schachtanlage Konrad zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, 192 S., GSF München.

ICRP 30 (1979 - 1981): International Commission on Radiological Protection: Limits for Intakes of Radionuclides by Workers. ICRP Publications 30, Part 1. Annals of the ICRP, Vol. 2, No. 3/4, 1979; ICRP Publication 30, Supplement to Part 1. Annals of the ICRP, Vol. 3, No. 1-4, 1979; ICRP Publication 30, Part 2, Annals of the ICRP, Vol. 4, No. 4/4, 1980; ICRP Publication 30, Supplement to Part 2. Annals of the ICRP, Vol. 5, No. 1-6, 1981.

ISH (1985 a): Noßke, D., B. Gerich und S. Langner: Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionukliden (Erwachsene). ISH-Heft 63, Neuherberg.

ISH (1985 b): Henrichs, K. et al: Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionukliden (Altersklasse 1 Jahr). ISH-Heft 78, Neuherberg.

JARITZ, W. (1986): Zur Tektonik der Umgebung der Schachtanlage Konrad (Salzgitter) auf Grund reflexionsseismischer Untersuchungen. - Z. dt. geol. Ges., 137: 137-155; Hannover.

KIRCHNER, G. (1983): Vorgehensweise bei Sicherheitsanalysen des Endlagers für radioaktive Abfälle. - In: BMFT (Hrsg.): Entsorgung, Bd. 2, Bericht von einer Informationsveranstaltung am 23.10.1982 in Hitzacker im Rahmen des Energiedialogs der Bundesregierung: "Zwischenergebnisse zum Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE)", S. 113-125, Bonn.

KLINGE, H. & NEUMANN-REDLIN, CHR. (1986): Hydraulische Tests in den Sedimentgesteinen der Kreide und des Jura der Schachtanlage Konrad (Salzgitter). - Z. dt. geol. Ges., 137, 157-166, Hannover.

LIERSE, Ch., et al. (1986): Radiolyse-Einfluß auf das Redoxverhalten von Np, Pu und Am in konzentrierten Salzlösungen. - In: Bericht PTB-SE-14, S. 64-76.

MEIER, H., et al. (1986): Zur Ableitung von Kd-Werten aus Diffusionsversuchen. - In: Bericht PTB-SE-14, S. 218-227.

MEMMERT, G. (1983): Ergebnisse der bisherigen Berechnungen zum Transport von Radionukliden. - In: BMFT (Hrsg.): Entsorgung, Bd. 2, Bericht von einer Informationsveranstaltung am 23.10.1982 in Hitzacker im Rahmen des Energiedialogs der Bundesregierung: "Zwischenergebnisse zum Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung (PSE)", S. 165-181, Bonn.

OELLERS, T. (1983): Asphalt als aktives Dichtungsmittel für den Schachtausbau. - Glückauf, 119, S. 567-570.

- PHILIPP, W. (1960): Zechstein und Buntsandstein in Tiefbohrungen zwischen Harz und Lüneburger Heide. - Geol. Jb., 77: 711-740; Hannover.
- PIEFKE, F. (1986): Analytische Abschätzungen zur Auffüllung der Schachtanlage Konrad mit Wasser und zum Druckaufbau unter Berücksichtigung von Konvergenz anhand eines einfachen eindimensionalen Modells. - Bericht PTB-SE-11, 29 S.
- RSK - Reaktorsicherheitskommission (1983): Sicherheitskriterien für dieendlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk. - Bundesanzeiger, 2 (1983): 45-46.
- ROLL, A. (1971): Der Salzstock Mölme und seine Umgebung. - Beih. geol. Jb., 117: 109 S.; Hannover.
- Schichtenverzeichnis Konrad II (bearbeitet von SEITZ, SCHMID, GRAUL, THIERMANN, BARTENSTEIN, BETTENSTEDT, HILTERMANN, KOLBER, KUNKEL, WEINHOLZ, aufgestellt von H. KOLBE). - Erzbergbau Salzgitter AG. - (Unveröffentlicht).
- STEFFEN, G. (1981): Wie lange müssen die radioaktiven Abfälle des Kernbrennstoffkreislaufs von der Biosphäre ausgeschlossen bleiben?. - In: Schriftenreihe Universität Bremen, Information zu Energie und Umwelt, Teil A Nr. 16.
- STEIN, V. (1968): Stratigraphische Untersuchungen im Unteren Muschelkalk Südniedersachsens. - Z. dt. geol. Ges., 117: 819-829; Hannover.
- TITTEL, G. & HOLLMANN, A. (1986): Ableitung von Sorptionsdaten für standortspezifische Sicherheitsanalysen. - In: Bericht PTB-SE-14, S. 315-325.
- WARNECKE, E. (1986): Standortspezifische Arbeiten zur Rückhaltung von Radionukliden in der Geosphäre. - In: Bericht PTB-SE-14, S. 1-13.
- WEST, J. M. et al. (1982): The effect of microbial activity on the containment of radioactive waste in a deep geological repository. - In: Scientific Basis for Nuclear Waste Management V (Ed.: LUTZE, W.); S. 831-838, Elsevier, New York.