

**Ergänzendes Gutachten
im Planfeststellungsverfahren
(Februar 2002)**

zum

**Geowissenschaftlichen Gutachten
zu den Antragsunterlagen für ein
„Endlager für radioaktive Abfälle in der
Schachtanlage Konrad/Salzgitter“
(Mai 1995)**

Auftraggeber: Niedersächsisches Umweltministerium (NMU)
Datum: 15.02.2002
Tgb.-Nr.: 1662/00
Archiv-Nr.: 111 134
TK 25: 3528 – 30, 3627 – 29, 3728 – 29, 3827 - 29

Inhaltsverzeichnis		Seite
1.	Einführung	03
1.1	Veranlassung	03
1.2	Vorgehensweise bei der Prüfung und Aktualisierung	03
1.3.	Datenbasis	04
2.	Geologie	05
2.1	Standortbeschreibung Geologie	05
2.1.1	Regionaler Überblick	05
2.1.2	Stratigraphie	06
2.1.2.1.	Liegenschichten (Zechstein bis Oxfordbasis)	07
2.1.2.2.	Einlagerungsschichten (Oxford)	08
2.1.2.3.	Hangenschichten (Kimmeridge bis Quartär)	08
2.1.2.4	Bewertung zur Stratigraphie	10
2.1.3	Petrographie, Mineralogie, Geochemie	10
2.1.4	Tektonik	11
2.1.4.1	Fernerkundung	11
2.1.4.2	Strukturgeologie	12
2.1.4.3	Kleintektonik	13
2.1.4.4	Bewertung zur Tektonik	13
2.1.5	Rohstoffvorkommen	13
2.1.5.1	Erze	14
2.1.5.2	Kohlenwasserstoffe	14
2.1.5.3	Salze	16
2.1.5.4	Steine und Erden	16
2.1.5.5	Bewertung zu Rohstoffvorkommen	17
2.2	Standortbeschreibung Seismologie	17
2.3	Geologische Langzeitprognose	18
2.3.1	Klimaveränderungen	21
2.3.2	Abtragung und epirogene Bewegungen	22
2.3.3	Einflüsse benachbarter Salzstrukturen	23
2.3.4	Magmatismus	23
2.3.5	Bewertung zur geologischen Langzeitprognose	24
2.4	Geologische Bewertung	24
2.4.1	Geologische Barriere	24
2.4.2	Langzeitsicherheit	25

3.	Hydrologie und Hydrogeologie	26
3.1	Standortbeschreibung Hydrologie [REDACTED]	26
3.1.1	Regionaler Überblick [REDACTED]	26
3.1.2	Wasserhaushalt [REDACTED]	26
3.1.3	Wasserbeschaffenheit [REDACTED]	27
3.1.4	Wasserbewirtschaftung [REDACTED]	27
3.1.5	Bewertung zur Standortbeschreibung Hydrologie [REDACTED]	28
3.2	Standortbeschreibung Hydrogeologie [REDACTED]	28
3.2.1	Regionaler Überblick [REDACTED]	28
3.2.2	Hydrogeologischer Bau [REDACTED]	29
3.2.3	Hydraulische Kerndaten [REDACTED]	29
3.2.4	Grundwasserbeschaffenheit [REDACTED]	31
3.2.4.1	Oberflächennahe Grundwässer	31
3.2.4.2	Tiefe Grundwässer	32
3.2.5	Sorption [REDACTED]	32
3.2.6	Grundwasserbewegung [REDACTED]	33
3.2.7	Grundwassernutzung [REDACTED]	34
3.3	Hydrogeologische Langzeitprognose [REDACTED]	35
3.4	Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung [REDACTED]	37
3.5	Hydrogeologische Bewertung [REDACTED]	38
3.5.1.	Wirtsgestein und Gebirgsbarrieren	38
3.5.2	Langzeitsicherheit	38
4.	Geowissenschaftliche Gesamtbewertung	39
5.	Schriften und Unterlagen	42
5.1	Literatur	42
5.2	Berichte	49
5.3	Weitere verfahrensrelevante Unterlagen (nach 1995 beim NLfB eingegangen) sowie Stellungnahmen des NLfB	50
6.	Anhang Seismologie:	52
	„Gutachterliche Stellungnahme Standort Konrad für das NLfB, Nov. 2000“ und Aktualisierung, Nov. 2001 [REDACTED]	

1. Einführung

1.1 Veranlassung

Das Niedersächsische Umweltministerium (NMU) hat das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLfB) mit Erlass vom 26.06.2000 (401 – 40326/3/2/1) beauftragt, sein 1995 vorgelegtes Geowissenschaftliches Gutachten zu den Antragsunterlagen für ein „Endlager für radioaktive Abfälle in der Schachanlage Konrad / Salzgitter“ (NLfB Archiv-Nr. 111134, Tgb.-Nr. N3 – 1207/95) anhand gegebenenfalls zwischenzeitlich gewonnener zusätzlicher Daten unter Berücksichtigung des gegenwärtigen Standes von Wissenschaft und Technik zu überprüfen und soweit erforderlich zu überarbeiten und zu aktualisieren. Im Hinblick auf eine Aktualisierung seines Gutachtens von 1995 hat das NLfB die ihm zwischenzeitlich bekannt gewordenen Daten, Unterlagen und Aussagen zur Standortregion und zu relevanten geowissenschaftlichen Fragestellungen herangezogen.

Das NLfB ist durch Erlass der Planfeststellungsbehörde vom 12.01.1983 (Az 45-40326/03-04/1) als Sachverständigenorganisation gemäß § 20 des Atomgesetzes (AtG) mit der Begutachtung der im Planfeststellungsverfahren nach § 9 b AtG zur geplanten Errichtung und zum Betrieb der Schachanlage Konrad als Anlage des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle vorgelegten Antragsunterlagen und der Bewertung der sicherheitstechnischen Realisierbarkeit der Anlage aus geowissenschaftlicher Sicht beauftragt.

Auf der Grundlage des vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) vorgelegten Planfeststellungsantrages „Plan Endlager für radioaktive Abfälle – Schachanlage Konrad/Salzgitter“ 9/86 in der Fassung vom April 1990, Plan 4/90 (im folgenden kurz als Plan 4/90 bezeichnet), diesem zugeordneter Erläuternder Unterlagen (EU) und NLfB-eigener Auswertungen umfangreicher Literatur- und Datenbestände, stichprobenartiger Laboruntersuchungen sowie ergänzender Betrachtungen konzeptioneller Modelle geologischer Strukturen hatte das NLfB im Mai 1995 ein geowissenschaftliches Gutachten zu den Antragsunterlagen für ein „Endlager für radioaktive Abfälle in der Schachanlage Konrad / Salzgitter (im weiteren Text kurz als NLfB-Gutachten 1995 bezeichnet) erstellt .

Das NLfB sah im Ergebnis seiner Prüfung der Antragsunterlagen im Jahre 1995 den Nachweis der Eignung und Langzeitsicherheit der Schachanlage Konrad als Endlager für schwach radioaktive, gering wärmeentwickelnde Abfälle nach dem Stand von Wissenschaft und Technik aus geowissenschaftlicher Sicht als erbracht an.

Das Gutachten des NLfB wurde vom Technischen Überwachungs-Verein Hannover/Sachsen-Anhalt e.V. (TÜV) in Verbindung mit der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) im atomrechtlichen Verfahren als Grundlage für Modellrechnungen und der daraus resultierenden Beurteilung der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers herangezogen.

1.2 Vorgehensweise bei der Prüfung und Aktualisierung

Die Fachgutachter des NLfB haben alle bis zum Februar 2002 im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens Konrad mit geowissenschaftlichem Bezug vorgelegten Antragstellerunterlagen und die dazu erfolgten eigenen bewertenden Stellungnahmen auf der Basis des derzeitigen Standes von Wissenschaft und Technik unter Beachtung der Rahmenrichtlinien über die Gestaltung von Sachverständigengutachten in atomrechtlichen Verwaltungsverfahren (Bek. d. BMI v.15.12.1983 – RS I 6 – 513 820/4 -) erneut geprüft und gewertet. Das Ergebnis dieser Prüfung wird in Form eines ergänzenden Gutachtens zum NLfB-Gutachten 1995 vorgelegt.

Grundlage dieser Aktualisierung des Gutachtens ist die textliche Darstellung der fachlichen Auseinandersetzung des NLFb mit den einzelnen Kapiteln im Plan 4/90 und der damit verbundenen Erläuternden Unterlagen im NLFb-Gutachten 1995, die in Teilbereichen, bedingt durch eigene Untersuchungen und Auswertungen von Unterlagen sowie durch die Darlegung abweichender konzeptioneller Auffassungen zur Absicherung der eigenen Aussagen, über eine reine Prüfung des fachlichen Planinhaltes hinausgeht.

Die äußere Form des ergänzenden Gutachtens orientiert sich an der Gliederung des NLFb Gutachtens von 1995, das seinerseits formal eng an den Plan 4/90 angelehnt ist. Im NLFb-Gutachten 1995 erfolgen jedoch zunächst zu jedem Plankapitel Zusammenfassungen der Planaussagen des Antragstellers durch das NLFb, auf die hier verzichtet wird.

Die Gutachtensabschnitte, die unverändert Gültigkeit besitzen, werden mit entsprechenden Hinweisen gewürdigt, aus denen die nochmalige inhaltliche Auseinandersetzung erkennbar wird. Notwendige Aktualisierungen werden, unter Bezug auf die bisherige Darstellung in den entsprechenden Gutachtenskapiteln, erläutert und die Veränderungen in ihrer Bedeutung für das Gesamtergebnis der neuerlichen Prüfung des Planvorhabens kommentiert.

Da das Fachgebiet Seismologie im NLFb nicht mehr vertreten ist, wurde [REDACTED] Leiter der Abteilung Erdbebengeologie des Geologischen Instituts der Universität Köln und des seismologischen Observatoriums Bensberg, durch das NLFb mit der eigenverantwortlichen Prüfung der Antragstellerunterlagen und der Aktualisierung der entsprechenden Gutachtenteile des NLFb-Gutachtens von 1995 auf der Grundlage der für Fachgutachter in atomrechtlichen Verfahren gültigen Rahmenrichtlinien beauftragt.

1.3. Datenbasis

Das NLFb als niedersächsische Fachoberbehörde hatte im Mai 1995 die eigenen, aufgrund gesetzlich geregelter Zuständigkeiten vorhandenen umfangreichen Daten und geowissenschaftlichen Fachberichte, ferner die aus eigenen Stichprobenuntersuchungen von Gesteinen und Auswertungsarbeiten geophysikalischer Messungen (Bohrlochmessungen, Reflexionsseismik aus dem Modellgebiet Konrad) und der Auswertung der Fachliteratur vorliegenden Erkenntnisse, als ausreichend für eine Prüfung und Bewertung der im Plan Konrad 4/90 und in den Erläuternden Unterlagen vom Antragsteller vorgelegten Angaben eingestuft.

Das BfS als Antragsteller im Planfeststellungsverfahren Konrad hat nach Angaben des NMU (Erlass vom 26.06.2000; 401 – 40326/3/2/1) keine zusätzlichen Unterlagen vorgelegt. Daher war bei der Revision des NLFb-Gutachtens zunächst von den im Wesentlichen bereits 1995 vorliegenden, durch einzelne Berichte bis Ende 1999 in Teilaspekten aktualisierten Antrags- und Genehmigungsunterlagen auszugehen.

Nach Abschluss des Gutachtens im Mai 1995 gingen beim NLFb mehrere Unterlagen ein, zu denen im Einzelfall im Auftrage des NMU Stellung genommen wurde (s. Kapitel 6).

Im Oktober 2000 hat das BfS dem NLFb ein 1996 angefertigtes, jedoch nicht in das Planfeststellungsverfahren eingebrachtes Gutachten zur seismologischen Gefährdung der Standortregion zugänglich gemacht. Dessen in einigen Punkten gegenüber dem entsprechenden Plankapitel der Antragsunterlagen abweichende modernere Aussagen zur Seismologie waren vom Gutachter des NLFb auf ihre Verfahrensrelevanz zu überprüfen.

Eine Anfrage beim Bergamt Goslar ergab, dass im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung seit 1995 die folgenden meldepflichtigen bergbaulichen Aktivitäten (Schreiben des BA W 3528 AT – Bh. I – 5/00 vom 31.08.2000, Eingangsstempel NLFb: 25.10.2000) zu verzeichnen waren:

-Im ersten Quartal 1995 führte die BEB Erdgas und Erdöl GmbH im Erlaubnisfeld Braunschweig eine 3D-Seismik durch.

-Im Erlaubnisfeld Braunschweig – B 20 386 – (BEB Erdölbetrieb Rühme) wurde in der Zeit vom 09.12.1996 bis zum 30.12.1996 die Hilfsbohrung „Rühme H 3“ bis 917,00 m Endteufe abgeteuft.

-Im Erlaubnisfeld Braunschweig – B 20 386 – (BEB Erdölbetrieb Rühme) wurden vom 12.01.1997 bis 25.01.1997 die Produktionsbohrung „Rühme 73“ (Endteufe 917,00 m) und vom 06.10. bis 22.10.1997 die Produktionsbohrung „Rühme 72“ (Endteufe 810,00 m) geteuft.

-Im Erlaubnisfeld Hildesheim – B20 425 – (PEEG Betriebe Osthannover, Berkhöpen) wurde vom 12.05.1996 bis 15.06.1996 die Teilfeldsuchbohrung „Edesse-Nord 96“ (1. Loch, 2. Loch, 3. Loch Endteufe 870,00 m) geteuft.

Anlässlich der Aktualisierung der gutachtlichen Stellungnahme wurde auf Betreiben des NLFb am 09.10.2000 mit einer Befahrung des Grubengebäudes Konrad und beider Schächte an das bis 1995 übliche Vorgehen angeknüpft, bei dem in größeren zeitlichen Abständen Befahrungen durch das NLFb routinemäßig (letztmalig am 20.11.1995) durchgeführt wurden. Im Zuge der jetzigen Befahrung wurde der Zustand stichprobenartig ausgewählter untertägiger Aufschlüsse mit den beim NLFb aus den früheren Befahrungen vorliegenden Aufzeichnungen und erhobenen Daten verglichen.

Im Rahmen der Überprüfung der in den geowissenschaftlichen Antragsunterlagen zum Planfeststellungsverfahren und im NLFb-Gutachten 1995 enthaltenen Daten, inhaltlichen Aussagen und methodischen Ansätzen kamen für die vorliegende Stellungnahme zur möglichst umfassenden Berücksichtigung des gegenwärtigen internationalen Wissenstandes auf den unterschiedlichen geowissenschaftlichen Teilgebieten der Endlagerforschung EDV-gestützte Literaturrecherche-Systeme zum Einsatz. Während ihr Beitrag standortspezifische geowissenschaftliche Entwicklungen betreffend erwartungsgemäß eher gering ist, trägt die rationelle Beschaffung von Übersichten über endlagerrelevante Unterlagen insbesondere im Bereich der Grundlagen der Endlagerplanung und -entwicklung (z.B. Grundlagen der Szenarienanalyse Klimaentwicklung, Meteoriteneinschläge, Neotektonik) entscheidend zur Sicherung der Gutachtensqualität nach dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik bei.

2. Geologie

2.1 Standortbeschreibung Geologie

2.1.1 Regionaler Überblick

- Gutachten des NLFb 1995

Der Plan 4/90 enthält in den Kapiteln 3.1.1 Zusammenfassung und 3.1.2 Geographische Lage orientierende Angaben des Antragstellers über die räumliche Lage der Schachtanlage Konrad, die Topographie des für hydrogeologische Modellrechnungen betrachteten Modellgebietes und die Koordinaten der Schachtansatzpunkte der Schächte Konrad 1 und Konrad 2.

Das NLFb ergänzt unter Hinweis auf die o.g. Kapitel des Plans 4/90 in seinem Gutachten zwar einzelne topographische Angaben des Antragstellers in der Umgebung des Standortes und stellt seine eigene, umfassendere Aufstellung wesentlicher geographischer Koordinaten und topographischer Angaben des Modellgebietes vor, kommt insgesamt jedoch zu dem Schluss, den Angaben des Antragstellers zur räumlichen Lage der Schachanlage Konrad und des Modellgebietes Konrad nichts hinzufügen zu müssen.

- Stellungnahme des NLFb

Die Beschreibung der Lage des Grubengebäudes Konrad und die Abgrenzung des hydrogeologischen Modellgebietes Konrad haben unverändert Bestand.

2.1.2 Stratigraphie

- Gutachten des NLFb 1995

Im Kapitel Stratigraphie wird die räumliche Verteilung und die zeitliche Aufeinanderfolge der geologischen Schichten und Formationen sowie deren Gesteinsverband, ihr Fossilinhalt und ihre altersmäßige Zuordnung behandelt. Die Untergliederung der Schichtenfolgen ist im wesentlichen an im Modellgebiet Konrad seismisch kartierbaren Reflektoren orientiert. Nach Überzeugung des NLFb bildet die Stratigraphie die Grundlage für die geowissenschaftliche Untersuchung des Endlagervorhabens in der Grube Konrad. Auf ihrer Basis gelangt man zu einem Verständnis der strukturellen Verhältnisse (s. Kapitel 2.1.4 Tektonik), das für die Beurteilung der natürlichen Abschirmung des geplanten Endlagers gegen die Biosphäre, d.h. insbesondere gegenüber oberflächennahen Grundwasserleitern, sowie ausreichend genaue Vorgaben zum hydrogeologischen Bau und damit zur Berechnung von Grundwassermodellen und zur Langzeitsicherheit unverzichtbar ist.

Das NLFb hat in seinem Gutachten vom Mai 1995 zu den Antragstelleraussagen ausführlich Stellung genommen. Anders als im Plan 4/90 werden im NLFb-Gutachten die Stratigraphie und die Sedimentpetrographie (s. Kapitel 2.1.3 Petrographie, Mineralogie und Geochemie) getrennt betrachtet. Des weiteren werden die Schichten vom Zechstein bis zur Oxford-Basis der besseren Übersichtlichkeit halber abweichend vom Plan 4/90 als Liegendschichten (2.1.2.1) und die Schichten vom Kimmeridge bis zum Quartär als Hangendschichten (Deckgebirge) (2.1.2.3) des für die Einlagerung vorgesehenen Oxford (2.1.2.2) zusammengefasst. Stratigraphische Einheiten werden auf der Grundlage der beim NLFb vorhandenen Kenntnisse in ihrer Verbreitung, Mächtigkeitsentwicklung und faziellen Ausbildung in einem z.T. über das Modellgebiet Konrad hinausgehenden Bereich dargestellt. Unter Berücksichtigung der Literaturangaben des Antragstellers wurde zusätzliche Literatur ausgewertet.

Die daraus resultierende Standortbeschreibung aus Sicht des NLFb enthält gegenüber den Antragstellerunterlagen zu verschiedenen stratigraphischen Einheiten Ergänzungen im Detail sowie Aktualisierungen vor allem für den Mittleren Buntsandstein, für den Muschelkalk, für das Tithon, für die Oberkreide und das Tertiär.

Für die anschließende Bewertung der Antragstellerunterlagen durch das NLFb ergaben sich daraus jedoch keine Veranlassungen zu Nachforderungen an den Antragsteller. Die Prüfung hat 1995 vielmehr ergeben, dass der Antragsteller zur Stratigraphie des Modellgebietes Konrad bezüglich Ausbildung, Mächtigkeiten und Verbreitung der relevanten Formationen und ihrer Schichtenfolgen dem Stand der Wissenschaft entsprechende Unterlagen vorgelegt hat.

-Stellungnahme des NLfB

In den Jahren 1995-2000 wurden im Modellgebiet Konrad weder neue endlagerrelevante reflexionsseismische Messungen durchgeführt noch Aufschlüsse neu bearbeitet. Bohrungen wurden im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung nur in den bereits gut bekannten Erdölfeldern Hohne (Tk 3428 Mueden), Eddesse (Tk 3527 Uetze), Leiferde (Tk 3528 Meinersen), Oelheim (Tk 3627 Peine) und Rühme (Tk 3629 Braunschweig-Nord) niedergebracht. Neue Standortdaten zum Modellgebiet Konrad liegen nicht vor.

Das Modellgebiet Konrad im engeren Sinne betreffende neuere Veröffentlichungen zur Stratigraphie fanden sich für den Zeitraum 1995 – 2000 nicht. Die durchgeführte Literaturrecherche erbrachte dagegen zahlreiche Hinweise auf den übergeordneten norddeutschen Raum betreffende neue Veröffentlichungen zur Stratigraphie der endlagerrelevanten geologischen Formationen, deren Inhalte für die Darstellungen und Bewertungen in dem ergänzenden Gutachten zu prüfen waren.

Die wesentlichen Inhalte und Ergebnisse dieser Arbeiten werden in der vom Gutachten 1995 des NLfB vorgegebenen Reihenfolge für die Liegendschichten, die Einlagerungsschichten und die Hangendschichten nachfolgend kurz referiert und anschließend in ihrer Bedeutung für die aktuelle geowissenschaftliche Bewertung des Endlagerprojektes Konrad eingeordnet.

2.1.2.1 Liegendschichten (Zechstein bis Oxfordbasis)

In den neueren Veröffentlichungen zum Zechstein, Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper werden vorrangig verfeinerte stratigraphische Untergliederungen vorgestellt, die im wesentlichen auf Auswertungen und Korrelationen von Bohrlochmessungen und Reflexionsseismik und der Anwendung sequenzstratigraphischer Methoden basieren. Sie führen zu einer detaillierteren zeitlichen Erfassung der altkimmerischen Bewegungen und liefern somit einen Beitrag zur Interpretation der komplexen Strukturgeschichte NW-Deutschlands in der Trias, die in engem Zusammenhang mit einer frühen Rift-Phase des protoatlantischen Ozeans gesehen wird (BEUTLER 1988 a; BRÜCKNER-RÖHLING & RÖHLING 1998; FRISCH & KOCKEL 1999; GELUCK, BRÜCKNER-RÖHLING & RÖHLING 2000; GELUCK & RÖHLING 1997, 1999; KOCKEL 1999; STRUNK, GAUP & STEFFAN 1998, 1999).

Im Rahmen dieser Untersuchungen konnte im Mittleren Buntsandstein ein nur im zentralen Teil des norddeutschen Beckens unter der Volpriehausen-Formation, diskordant den Unteren Buntsandstein (Bernburg Formation) überlagernder Sandsteinhorizont (Quickborn Sandstein) beobachtet werden, dessen Verbreitungsgebiet jedoch außerhalb des Modellgebietes Konrad liegt (RÖHLING 1999).

Der Muschelkalk wurde auf Beschluss der PERM-TRIAS-SUBKOMMISSION der DUGW (Protokoll der Sitzung vom 19.07.1997 in Gotha) unter Erhaltung der Untergruppengrenzen neu gegliedert: Der Untere Muschelkalk wird als Jena-Formation bezeichnet, der Mittlere Muschelkalk wird in die Karlstadt-Formation, die Heilbronn-Formation und die Diemel-Formation und der Obere Muschelkalk in die Trochitenkalk-Formation, die Meißner-Formation und die Warburg-Formation untergliedert.

Durch Auswertung der vollständig gekernter Bohrung Remlingen 1 und Korrelation mit Bohrlochdiagrammen weiterer Bohrungen aus dem norddeutsche Becken konnte außerdem eine Untergliederung des Mittleren Muschelkalk in 9 Chemozyklen herausgearbeitet werden, wobei in der Bohrung Remlingen 1 in der weiteren Umgebung des Modellgebietes Konrad in den Zyklen 3 und 4 Salinarhorizonte ausgebildet sind. Weitere Salinarhorizonte sind bisher

nur lokal in Grabenposition im Westdorf-Graben im 6. und 7. Zyklus beobachtet worden (BRÜCKNER-RÖHLING 1998, 1999).

BEUTLER (1998 b) stellt die Resultate der Keuper-Arbeitsgruppe der DEUTSCHEN SUBKOMMISSION FÜR DIE PERM/TRIAS STRATIGRAPHIE vor, die zu einer Neugliederung der Beckenfazies des Keuper in Nord- und Zentral-Deutschland sowie seiner Randfazies in Süd-Deutschland führt. In der Beckenfazies Norddeutschlands entspricht der Untere Keuper demnach der Erfurt-Formation (syn. Lettenkeuper, Lettenkohlenkeuper), der Mittlere Keuper wird in die Grabfeld-Formation (syn. Unterer Gipskeuper, Gipskeuper sensu stricto), die Stuttgart-Formation (syn. Schilfsandstein sensu lato), die Weser-Formation (syn. Oberer Gipskeuper, Rote Wand sensu lato) und die Arnstadt-Formation (syn. Steinmergelkeuper) untergliedert während der Obere Keuper von der Extern-Formation (syn. Rät, Rhät) gebildet wird.

In einem neuen Aufschluss bei Sehnde wurden Schichten des Lias mikropaläontologisch und palynologisch bearbeitet und biostratigraphisch untergliedert (HEUNISCH & LUPPOLD 1995).

Neben einer rein paläontologischen Arbeit (BARTENSTEIN 1998) beschäftigen sich die weiteren Arbeiten zum Dogger vorwiegend mit Faziesuntersuchungen, die zu detaillierteren Vorstellungen über Sedimentationsbedingungen und Ablagerungsmillieu sowie zur Lithostratigraphie führen (MÖNNIG 1993, 1998; KLÖCKNER 1994).

2.1.2.2 Einlagerungsschichten (Oxford)

GRAMANN et al. (1997) stellen in einer umfassenden Arbeit neue Ergebnisse einer interdisziplinären Arbeitsgruppe zur Geologie und Biostratigraphie des Niedersächsischen Oberjura-Beckens vor, die wesentliche Beiträge zum besseren Verständnis der Sedimentationsgeschichte, Paläogeographie und Fazies des Malm leistet. WEISS (1997) vermutet die Grenze Oxfordium/Kimmeridgium anhand von Ostracoden in den Humeralis-Schichten des Oberen Korallenoolith. In weiteren Arbeiten über den Malm wird die Fauna fossiler Riffbereiche aus dem Korallenoolith beschrieben (HELM 1998, HELM & SCHÜLKE 1998, 1999; KÖNIG & BERTLING 1998).

2.1.2.3 Hangendschichten (Kimmeridge bis Quartär)

Mit Hilfe von Charophyten konnte SCHUDACK (1996) den Bereich oberes Oxfordium (Korallenoolith), Kimmeridgium, Tithonium und Berriasium im Niedersächsischen Becken in 9 Zonen untergliedern. SCHWEIGERT (1999) gliedert mit Hilfe stratigraphisch aussagekräftiger Ammoniten die lithologische Abfolge der höheren Malm (Ober-Kimmeridgium, Tithonium) in Nordwestdeutschland und parallelisiert sie mit der westfranzösischen Gliederung. Anhand von Profilen in der Hilsmulde beschreiben HERRMANN & KUNZ (1999) die Fazies der Salinar-Folge, die mikropaläontologisch in den Mittleren Münder Mergel (Tithonium) eingestuft wird.

Die SUBKOMMISSION FÜR DIE KREIDE-STRATIGRAPHIE hat auf ihrer Tagung in Brüssel 1996 Vorschläge zur Grenzziehung zwischen den Kreide-Stufen unterbreitet (Eds.: RAWSON et al. 1996). Die Typlokalitäten liegen dabei sehr häufig außerhalb Deutschlands und basieren auf Fossilfunden, die hier fehlen. In nationalen und internationalen Kreide-Programmen wurden durch die Zusammenarbeit unterschiedlicher geowissenschaftlicher Disziplinen mit Hilfe der Faziesanalyse, Sequenzstratigraphie, Eventstratigraphie und der Mikro-

paläontologie neue Ergebnisse zur Paläogeographie, Paläoökologie, Paläoozeanographie und Biostratigraphie erarbeitet, die in zahlreiche Veröffentlichungen dokumentiert wurden. Detaillierte sedimentologische Untersuchungen führten zu neuen Erkenntnissen über Sedimentationsbedingungen und Ablagerungsmilieus (RUFFELL & BATTEN 1995; Valangin: MUTTERLOSE et al. 1997; Barreme-Apt: BELOW & KIRSCH 1997; Apt und Alb: BENESCH et al. 1996; RULLKÖTTER et al. 1995; GNEWUCH et al. 1996). In feingeschichteten Sedimentabfolgen ist dadurch die Zuordnung zu Milankovitch-Zyklen möglich geworden (Barreme-Apt: KEMPER 1995 a, b; PROKOPH et al. 1995; Hauterive - Alb: NEBE & MUTTERLOSE 1997; Alb: PROKOPH 1994; MUTTERLOSE et al. 1996; Oberkreide: PROKOPH 1996; NIEBUHR 1999). Mit Hilfe parastratigraphischer Methoden (Mikro- und Nannofossilien, Palynofazies) konnten außerdem Vorschläge zur biostratigraphischen Einstufung leitfossilsfreier Kreide-Folgen erarbeitet werden (Berrias („Wealden“): STRAUSS 1993; SCHUDACK 1996; PELZER 1998; Barreme-Apt: KEMPER 1995 a, b; LISTER & BATTEN 1995; HEILMANN-CLAUSEN & LISTER 1995; HEILMANN-CLAUSEN & THOMSEN 1995; Hauterive-Apt: MUTTERLOSE & WIEDENROTH 1995; Hauterive: MUTTERLOSE & WIEDENROTH 1996; Apt: HABERMANN & MUTTERLOSE 1999; Alb: Boreal CRETACEOUS CYCLES PROJECT GROUP (BCCP) 1994; FENNER 1996; Turon-Santon: NIEBUHR et al. (1999); Campan: VOLKMANN 1998). Auch die rein paläontologischen Untersuchungen führten zu erweiterten Kenntnissen besonders der Paläoökologie (Apt: CEPEK 1995; KEUPP 1995; WEISS 1995). Neue Ergebnisse zur Lithostratigraphie erbrachten auch die Anwendungen der Sequenz- und Eventstratigraphie sowie der Kohlenstoffisotopen-Stratigraphie (Cenoman: ERNST & REHFELD 1997; Cenoman-Turon: TRÖGER 1998; Turon: HORNA & WIESE 1997; VOIGT 1997)

In den letzten Jahren brachten vor allem mikropaläontologische Untersuchungen über Foraminiferen und Ostracoden und besonders über kalkiges Nannoplankton und Dinoflagellaten sowie Bolboformen (kalkige Mikrofossilien unbekannter Zuordnung) Fortschritte bei der Untergliederung tertiärer Schichten (Tertiär: KUSTER 1999; SPIEGLER 1998; Oligozän: DILL 1997; Miozän: LUND & HEILMANN-CLAUSEN 1999; UFFENORDE 1999). Ihre Zuordnung zu den derzeit gültigen internationalen Stufen ist jedoch nicht immer möglich (GRAMMANN 1996). Schwerpunkte bei den bio- und lithostratigraphischen sowie sedimentologischen Untersuchungen des Tertiär ergaben sich aus dem Endlagerprojekt Gorleben (KÖTHE & WEISS 1999) und der detaillierten Erkundung des Braunkohlenreviers Helmstedt (AHRENDT 1995; BARTHOLOMÄUS & LOOK 1996; LIETZOW & RITZKOWSKI 1994; RIEGEL et al. 1993).

In enger Nachbarschaft zum Modellgebiet Konrad wurden auf den TK 25: 3628 Wendeburg und 3629 Braunschweig Nord (NEUMANN 1993); 3729 Braunschweig (MÜLLER 1993); 3431 Parsau (GERKEN 1999) und 3431 Parsau (HEYNEBERG 1994) quartärgeologische Diplom-Kartierungen der Universität Braunschweig durchgeführt. GERKEN (1999) traf in seinem Kartiergebiet in vom ihm ausgewerteten, hydrogeologischen Bohrungen schwarzen „Faulschlamm“, Feinsande mit Torf und Pflanzenreste an, die unter einem von saalezeitlichem Geschiebemergel überlagerten Feinsand liegen. Ob es sich dabei um bisher in dieser Region noch nicht nachgewiesene holsteinzeitliche Ablagerungen handelt lässt sich aus den Lagerungsverhältnissen allein nicht klären. Biostratigraphische Untersuchungen wurden nicht durchgeführt.

2.1.2.4 Bewertung zur Stratigraphie

Nach Prüfung der umfangreichen Literatur ergab sich, dass die neuen Ergebnisse zu den im Modellgebiet Konrad anstehenden Schichtenfolgen vorrangig aus verfeinerten, in der Regel parastratigraphischen Untergliederungen bestehen. Dies gilt besonders für die Kreide und das Tertiär. Neue Untergliederungen wurden unter Beibehaltung der Grenzen für den Mittleren Muschelkalk und den Keuper vorgestellt. Aufgrund mikropaläontologischer Untersuchungen wird die Grenze Oxfordium/Kimmeridgium derzeit in den Humeralis-Schichten des Oberen Korallenoolith vermutet.

Die überprüften Arbeiten lassen erkennen, dass der erhebliche Zugewinn an Detailkenntnissen, die auch verstärkt Korrelationen ermöglichten, zu einem vertieften Verständnis der Sedimentationsbedingungen und Ablagerungsmilieus und somit der Paläogeographie und Paläoökologie des norddeutschen Raumes führten. Die neuen Erkenntnisse stellen jedoch nur Ergänzungen im Detail dar und bewirken daher keine verfahrensrelevanten Verschiebungen stratigraphischer Grenzen, die Änderungen in den Darstellungen zu Mächtigkeiten, Ausbildungen und Verbreitungen der im Gutachten beschriebenen stratigraphischen Einheiten erforderlich machen.

2.1.3 Petrographie, Mineralogie, Geochemie

- Gutachten des NLfB 1995

Im Kapitel Petrographie, Mineralogie und Geochemie werden die sedimentpetrographischen Untersuchungsergebnisse der Barrieregesteine am Standort Konrad zusammenfassend beschrieben.

Die Abgrenzung der jeweiligen Gesteinseinheiten und ihre räumlichen Lagebeziehungen beruhen auf den Darstellungen in den Kapiteln 2.1.2 Stratigraphie und 2.1.4 Tektonik.

Die Barrierewirkung bzw. die Rückhalteeigenschaften von Sedimentgesteinen werden wesentlich von der Korngrößenverteilung, der mineralischen Zusammensetzung, dem Gefüge und den diagenetischen Veränderungen seit ihrer Ablagerung bestimmt.

Im Gutachten des NLfB vom Mai 1995 wurden die Angaben des Antragstellers aus dem Plan 04/90 und den Erläuternden Unterlagen zusammenfassend dargestellt und ausführlich erläutert. Abweichend vom Plan 04/90 wurden im Gutachten des NLfB Stratigraphie und Petrographie getrennt bewertet. Die Prüfung der Antragstellerunterlagen zur Petrographie, Mineralogie und Geochemie zeigte, dass die analytischen Befunde vom NLfB zu bestätigen waren und die Beurteilung der Gesteinseinheiten im Modellgebiet auf dem Stand von Wissenschaft und Technik vorgenommen worden waren.

- Stellungnahme des NLfB

Dem NLfB wurden für die Zeit von 1995 bis 2000 kaum neue sedimentpetrographische Untersuchungsergebnisse aus Aufschlüssen oder Bohrproben im Modellgebiet Konrad bekannt (z.B. FALKE 1995). Der standortspezifische Kenntnisstand wird daher als unverändert angesehen.

Die zwischenzeitlich durchgeführten Literaturlauswertungen zu nomenklatorischen Änderungen, analytisch-technologischen Fortschritten oder Veränderungen in der Interpretation und

Bewertung sedimentpetrographischer Befunde erbrachten keine Erkenntnisse über Entwicklungen zum Stand von Wissenschaft und Technik, die als so erheblich anzusehen sind, dass sich daraus Abweichungen von den Aussagen im Gutachten des NLfB 1995 ergeben.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass aus den geowissenschaftlichen Fachdisziplinen, die sedimentpetrographische Basisdaten nutzen (Hydrogeologie, Modellierung), keine Forderungen nach einer Revision, Ergänzung oder Ausweitung des Datenbestandes erhoben wurden.

2.1.4 Tektonik

- Gutachten des NLfB 1995

Im Kapitel Tektonik werden der geologische Bau und der zeitliche Ablauf der Bewegungsvorgänge, die zur Bildung der verschiedenen Strukturformen im Untersuchungsgebiet geführt haben, behandelt. Die Analysen der Lagerungsverhältnisse der Gesteinsschichten und der strukturgeschichtlichen Entwicklung der Standortregion gehören neben der Stratigraphie (s. Kapitel 2.1.2) zur Grundlage für die geowissenschaftliche Untersuchung und Bewertung (s. Kapitel 2.4) des Endlagervorhabens in der Grube Konrad. Stratigraphie und Tektonik bilden u. a. die Basis für die hydrogeologischen Betrachtungen und Modellrechnungen nach dem Schicht- und Störzonenmodell (s. Kapitel 3.2.2, 3.2.3 und 3.4.2).

Das NLfB hat in seinem Gutachten vom Mai 1995 zu den Antragstelleraussagen ausführlich Stellung genommen. Der besseren Übersichtlichkeit halber wurde dabei von der Reihenfolge der Unterkapitel im Plan 4/90 abgewichen, um in der Darstellung von den großräumigen regionalen über kleinräumige lokale Strukturen zur den eng begrenzten Störungs- und Kluftsystemen (Kleintektonik) überzuleiten. Zunächst wurde daher die „Fernerkundung“, danach die „Strukturgeologie“ (die Strukturen und ihre Entwicklung) und schließlich die „Kleintektonik“ behandelt, wobei die Beschreibung von Tiefenlinienplänen bei der „Strukturgeologie“ berücksichtigt wurde. Grundlagen der Prüfung durch das NLfB waren neben dem Plan 4/90 und den vom Antragsteller in das Verfahren eingebrachten Erläuternden Unterlagen und Literaturangaben die hier vorhandenen Kenntnisse zur Tektonik. Darüber hinausgehend lagen dem NLfB weitere Literaturangaben und geowissenschaftliche Fachberichte sowie die Ergebnisse eigener Auswertungen von geophysikalischen Bohrlochmessungen und von reflexionsseismischen Messungen aus dem Modellgebiet Konrad vor. Im Rahmen der Prüfarbeiten hatte das NLfB u. a. auch eigene Tiefenlinienpläne und geologische Schnitte erstellt und mit den Angaben und Interpretationen des Antragstellers verglichen.

Bei der Bewertung zum Kapitel Tektonik wurden die Teilbereiche Fernerkundung, Strukturgeologie und Kleintektonik gesondert behandelt.

2.1.4.1 Fernerkundung

- Gutachten des NLfB 1995

Zur Fernerkundung hat der Antragsteller geeignete Satellitenbilder ausgewertet und der Einschätzung des NLfB im Gutachten 1995 zufolge nach Stand von Wissenschaft und Technik bearbeitet. Neue Strukturen oder Strukturelemente waren dabei nicht aufgefunden worden.

- Stellungnahme des NLFb

Die vom Antragsteller in seinen Aussagen zur Fernerkundung zugrunde gelegten Luft- und Satellitenbilder entsprechen auch heute noch dem Stand der Technik und werden unverändert für derartige Auswertungen verwendet. Neue Untersuchungen zur Fernerkundung liegen aus dem Projektgebiet nicht vor. Der Bewertung durch das NLFb aus dem Jahre 1995 ist daher nichts hinzuzufügen.

2.1.4.2 Strukturgeologie

- Gutachten des NLFb 1995

Die Prüfarbeiten zur Strukturgeologie (geologische Tiefenlinienpläne und Schnitte, tektonische Strukturen) ergaben, dass der Antragsteller Alter und Entwicklung der Strukturen und die Lagerungsverhältnisse der einzelnen Schichten im Bereich der verschiedenen strukturgeologischen Einheiten im Modellgebiet Konrad nach dem Stand der Wissenschaft erfasst und dargestellt hat. Begünstigt wurde die Beschreibung der Gebirgsstrukturen im Projektgebiet Konrad dadurch, dass dieses Gebiet im Rahmen der bereits vor 1995 durchgeführten Explorationen auf Salze, Eisenerze und Kohlenwasserstoffe vergleichsweise geologisch besonders gut und umfassend untersucht und bekannt ist. Geringe Unterschiede im Detail zwischen den Tiefenlinienplänen des Antragstellers und des NLFb erwiesen sich nach Prüfung als unwesentlich für das Vorhaben und gaben keine Veranlassung zu Nachforderungen an den Antragsteller.

- Stellungnahme des NLFb

In den Jahren 1995 – 2000 wurden, wie bereits in der Stellungnahme des NLFb 2000 zum Kapitel Stratigraphie dargestellt, im Modellgebiet Konrad weder neue endlagerrelevante reflexionsseismische Messungen durchgeführt noch Aufschlüsse neu bearbeitet. Tiefbohrungen wurden im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung nur in den bereits gut untersuchten Erdölfeldern Hohne (TK 3428 Mueden), Eddesse (TK 3527 Uetze), Leiferde (TK 3528 Meinersen), Oelheim (TK 3627) und Rühme (TK 3629 Braunschweig-Nord) ausschließlich im Rahmen des Produktionsbetriebes niedergebracht, da das Gebiet hinsichtlich Erdöl- und Erdgasvorkommen als ausexploriert gilt. Durch die intensive Exploration mittels Tiefbohrungen (ca. 470 Bohrungen mit ca. 770 Löchern) und reflexionsseismischen Messungen auf Salze, Eisenerze und Kohlenwasserstoffe in der Vergangenheit galt das Gebiet bereits 1995 als geologisch besonders gut bekannt. Die hohe Bohrungsdichte erlaubte in Verbindung mit den bereits vorliegenden und den im Rahmen der Standorterkundung des Modellgebietes Konrad durchgeführten reflexionsseismischen Messungen auch aus heutiger Sicht eine sehr zuverlässige geologische Modellierung des tieferen Untergrundes und eine schlüssige Interpretation der Struktur-Entwicklungsgeschichte dieses Raumes.

Das Modellgebiet Konrad betreffende neuere Veröffentlichungen zur Tektonik fanden sich für den Zeitraum 1995 – 2000 nicht. Auch die generellen tektonischen Modellvorstellungen zu den im Modellgebiet auftretenden Strukturen haben sich in den letzten Jahren nicht grundsätzlich verändert. Eine Neuinterpretation war damit nicht erforderlich. Da zudem auch die Literaturrecherche zum Kapitel Stratigraphie keine Ergebnisse erbracht hat, die eine Änderung in den Darstellungen zu relevanten stratigraphischen Einstufungen, Mächtigkeiten, Ausbildungen und Verbreitungen der im Gutachten beschriebenen stratigraphischen Einheiten erforderlich gemacht hätten, entsprechen die vorliegenden Darstellungen zur Strukturgeologie sowie die Tiefenlinienpläne und Schnitte auch fünf Jahre nach ihrer Erarbeitung noch dem Stand von Wissenschaft und Technik.

2.1.4.3 Kleintektonik

- Gutachten des NLFb 1995

Die Kleintektonik war nach Auffassung des NLFb durch den Antragsteller in ihren wesentlichen Punkten erfasst und zutreffend dargestellt worden, wobei einzelne tektogenetische Deutungen und Interpretationen, wie besonders die ungeklärte Altersabfolge unterschiedlich gerichteter Störungs- und Kluftsysteme, noch Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen waren. Ihre Klärung hielt das NLFb jedoch für die Prognose der zukünftigen tektogenetischen Entwicklung am Standort für nicht erforderlich.

- Stellungnahme des NLFb

Zur Kleintektonik liegen weder neue Daten noch weiterführende Untersuchungen aus dem Modellgebiet Konrad vor. Die Ergebnisse entsprechen auch heute noch dem Stand von Wissenschaft und Technik, so dass der Bewertung des NLFb in seinem Gutachten von 1995 nichts hinzuzufügen ist.

2.1.4.4 Bewertung zur Tektonik

Die Analysen der Lagerungsverhältnisse der Gesteinsschichten und der strukturgeschichtlichen Entwicklung der Standortregion haben auf der Grundlage des unveränderten Sachstandes weiterhin Gültigkeit und können uneingeschränkt für die hydrogeologischen Betrachtungen und Modellrechnungen nach dem Schicht- und Störzonenmodell verwandt werden.

2.1.5 Rohstoffvorkommen XXXXXXXXXX

- Gutachten des NLFb 1995

Bei der Prüfung der Eignung des Standortes Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk hat sich das NLFb im Zusammenhang mit der Sicherung von Rohstoffvorkommen für eine zukünftige Nutzung von allgemeinen Auffassungen leiten lassen, die sich auch in den Sicherheitskriterien des BMI (1983) niedergeschlagen haben. Diese sehen die Berücksichtigung und Erhaltung wirtschaftlich bedeutender mineralischer Rohstoffvorkommen als Kriterium zur Auswahl von Endlagerstandorten vor. Im Modellgebiet Konrad sind Vorkommen von Eisenerzen, Kohlenwasserstoffen, Salzen sowie von Steine- und Erden-Rohstoffen nachgewiesen, die teilweise bereits genutzt wurden bzw. werden oder potentielle Bedeutung für eine zukünftig nicht auszuschließende Gewinnung besitzen.

Während der Antragsteller im Plan Konrad 4/90 sich im wesentlichen auf die Beschreibung des Eisenerzvorkommens im Bereich der Schachanlage Konrad und im nördlich anschließenden Modellgebiet beschränkt, auf die Kohlenwasserstoffvorkommen nur kurz eingeht und Salze sowie Steine- und Erdenlagerstätten im Modellgebiet nicht behandelt, widmet das NLFb auch diesen Vorkommen eine ausführliche Beschreibung. In einer umfangreichen Bestandsaufnahme wird die wirtschaftliche Bedeutung der bekannten Rohstoffvorkommen eingeordnet.

2.1.5.1 Erze

- Gutachten des NLfB 1995

Dem Umstand, dass die durch die Schachanlage Konrad partiell aufgeschlossenen, ausgedehnten, auf absehbare Zeit wirtschaftlich nicht gewinnbaren Erzvorräte des Gifhorner Troges als nicht unbedeutende Zukunftsreserve anzusehen sind, wird in den Betrachtungen des Antragstellers dadurch Rechnung getragen, dass mittels Ausbreitungsrechnungen (EU 378) entlang des zu unterstellenden nordwärtigen Ausbreitungspfades im Oxford die unter ungünstigen Randbedingungen zu erwartenden Radionuklidkonzentrationen in Abhängigkeit von Ort und Zeit abgeschätzt wurden. Die Ausbreitungsrechnungen wurden vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt (1994) überprüft und im Ergebnis bestätigt, das besagt, dass der natürliche Radionuklidgehalt der Oxford-Erze und Nebengesteine nördlich der Schachanlage Konrad durch die berechnete zusätzliche Kontamination nicht wesentlich verändert wird. Ein genereller Verzicht auf diese Erze infolge nicht akzeptabler Kontamination aus dem geplanten Endlager war damit auch aus Sicht des NLfB, das die geowissenschaftlichen Eingangsparameter der Kontrollrechnungen (s. dazu auch Kapitel 3.2.3 „Hydraulische Kenndaten“, 3.2.4 „Grundwasserbeschaffenheit“, 3.2.5 „Sorption“ und 3.4 „Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung“ dieser Stellungnahme) bereitzustellen hatte, nicht erforderlich. Abbauverluste mussten für den Fall der Einlagerung des im Plan 4/90 angegebenen Abfallspektrums nur im Nahfeld der Grube Konrad unterstellt werden. Diese wurden angesichts der Gesamtgröße des Eisenerzvorkommens als vernachlässigbar eingestuft.

- Stellungnahme des NLfB

Die Betrachtungen im NLfB-Gutachten 1995 haben uneingeschränkt Gültigkeit. So haben sich die aktuellen Rahmenbedingungen zur Beurteilung der wirtschaftlichen Bedeutung des Oxford-Eisenerzvorkommens im Gifhorner Trog nicht geändert. Die für Berechnungen des TÜV vom NLfB zur Verfügung gestellten geologischen Parameterwerte mussten nicht geändert werden (s. dazu auch Kapitel 3.2.3 2 Hydraulische Kenndaten, 3.2.4 Grundwasserbeschaffenheit, 3.2.5 Sorption und 3.4 Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung der vorliegenden Stellungnahme). Damit hat die Einschätzung der radiologischen Konsequenzen der Einlagerung auf die außerhalb des eigentlichen geplanten Endlagers vorkommenden, zukünftig noch gewinnbaren Erzreserven auch nach jetzt geltender Auffassung des NLfB nach wie vor Bestand. Es liegen keine neuen Erkenntnisse vor, die einen kausalen Zusammenhang zwischen der Einrichtung des geplanten Endlagers und einem notwendigen Verzicht auf diese Zukunftsreserven herstellen könnten.

2.1.5.2 Kohlenwasserstoffe

- Gutachten des NLfB 1995

Zur weiteren Bewertung des Endlagervorhabens aus lagerstättenkundlicher Sicht wurden zunächst die im Plan 4/90 des Antragstellers dargestellten Kohlenwasserstoffvorkommen Broistedt und Vechelde auf mögliche Beeinflussungen untersucht.

Das noch produktive Feld Broistedt wurde durch seine räumliche Lage als vom Salzstock Broistedt-Vechelde gegen Auswirkungen des geplanten Endlagers abgeschirmt angesehen.

Das an der östlichen Flanke dieses Salzstocks in ca. 6 km Entfernung von der Grube Konrad liegende, erschöpfte Vorkommen Vechelde, das kumulativ 2000 t Erdöl erbracht hatte, war

zwar als im möglichen Einflussbereich des geplanten Endlagers liegend anzusehen. Wegen des geringen Umfanges der Produktion war hier aber kein Ansatz für Wiedererschließungsarbeiten durch die Erdölindustrie erkennbar.

Die weiter nördlich liegenden Felder Rühme und Leiferde-Hillerse-Nord wurden bei gewinnbaren Vorräten von etwa 500 000 t (Angabe von 1993) auf der Grundlage der 1995 erzielten Förderraten als in wenigen Jahren erschöpft eingestuft. In Analogie zu den Berechnungen der Radionuklidenausbreitung für die im Projektgebiet vorkommenden Eisenerze konnte für die in 18 km bzw. 28 km Entfernung vom geplanten Endlager liegenden Erdölfelder sicher festgestellt werden, dass die zukünftige Nutzung dieser bekannten Erdöllagerstätten im Modellgebiet bis zu deren Erschöpfung in keiner Weise eingeschränkt ist.

Für den Fall einer zukünftig nicht völlig auszuschließenden Aufsuchung und Gewinnung von Kohlenwasserstoffen im Gebiet zwischen der Grube Konrad und dem Salzstock Gifhorn wurden die zu erwartenden Auswirkungen eines möglichen Endlagers auf derartige Aktivitäten im NLfB-Gutachten 1995 auf der Basis der Kenntnis der bekannten räumlichen Verbreitung potentieller Speichergesteine und der bisher durchgeführten Explorationsarbeiten geprüft. Hinweise auf potentiell kohlenwasserstoffhöffige Strukturen fanden sich nur im stromaufwärts liegenden Teil des hydrogeologischen Modellgebietes südlich der Grube Konrad. Die räumliche Distanz dieser Gebiete zum geplanten Endlager wurde als ausreichend bewertet, um eine Beeinträchtigung künftiger Aktivitäten ausschließen zu können.

- Stellungnahme des NLfB

Im Modellgebiet sind seit Erstellung des Gutachtens 1995 keine Arbeiten zur Aufsuchung neuer Erdöl- oder Erdgaslagerstätten durchgeführt worden. Nur die Erdölfelder Leiferde und Rühme stehen im Jahre 2000 noch in Produktion (Förderung 1999 aus beiden Feldern zusammen 47 000 t), alle anderen Felder wurden aufgegeben. Kleinere Projekte dienen der Verbesserung der Ausbeute in den bekannten Erdölfeldern, die weit vom geplanten Endlager entfernt sind. Diese Arbeiten erbrachten keine neuen Erkenntnisse für die strukturelle Situation im Modellgebiet.

Aufgrund der derzeitigen Entwicklung der deutschen Kohlenwasserstoffindustrie ist nicht damit zu rechnen, dass das Modellgebiet für eine Wiederaufnahme der Exploration innerhalb der nächsten Zeit interessant wird. Nach heutigem Kenntnisstand ist hier nicht mit größeren Lagerstätten zu rechnen, auf die sich das Interesse richten könnte. Nur im äußersten Norden reicht die Aufsuchungserlaubnis 367 Gifhorn der RWE-DEA bis in das Modellgebiet. Auch hier bestehen keine Pläne zur Intensivierung der Aufsuchung.

Die im Hinblick auf die Beurteilung möglicher Beeinträchtigungen bei der Gewinnung von Kohlenwasserstoffen im Gutachten des NLfB 1995 herangezogenen Ergebnisse der Berechnungen des TÜV zur Schadstoffausbreitung in Raum und Zeit (TÜV 1997) besitzen weiterhin unverändert Gültigkeit, wie die Prüfung (TÜV 2000) ergeben hat (die geowissenschaftlichen Grundlagen der Berechnungen wurden in den Kapiteln 3.2.3 Hydraulische Kenndaten, 3.2.4 Grundwasserbeschaffenheit, 3.2.5 Sorption und 3.4 Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung geprüft).

Den Ausführungen zum Kapitel „Kohlenwasserstoffe“ des NLfB-Gutachtens von 1995 ist nichts hinzuzufügen.

2.1.5.3 Salze

- Gutachten des NLfB 1995

Im Kapitel „Lagerstätten“ des Planes 4/90 wurden Lagerstätten und Vorkommen von Salzen im Modellgebiet nicht behandelt. Aus dem Modellgebiet sind jedoch Zechstein-Salzstöcke mit steiler Lagerung der Schichten und triassische Salzvorkommen mit annähernd flacher Lagerung der Schichten bekannt. Diese wurden der Vollständigkeit halber im Gutachten des NLfB 1995 behandelt. Ihre augenblickliche bergwirtschaftliche Bedeutung war nach Feststellung des NLfB 1995 vernachlässigbar, eine Nutzung findet nicht statt. Auch wenn 3 der 9 im Modellgebiet gelegenen Zechstein-Salzstöcke bergbaulich erschlossen worden waren und in zwei Fällen bis 1925/1926 der Nutzung durch die Gewinnung von Kalisalzen unterlagen, ferner im Falle des Salzstocks Thiede das dabei entstandene Grubengebäude später für Deponiezwecke genutzt wurde, konnte eine gegenseitige Beeinflussung von Altbergbau und geplantem Endlager nicht zuletzt aufgrund der großen räumlichen Entfernung sicher ausgeschlossen werden. Für die zukünftig potentiell mögliche Nutzung der unterschiedlichen Salzlagerstätten der flachen und der steilen Lagerung war eine Nutzungseinschränkung durch das geplante Endlager aus Sicht des NLfB im Jahre 1995 ebenfalls nicht erkennbar.

- Stellungnahme des NLfB

Das NLfB sieht keinen Anlass zur Änderung seiner Stellungnahme von 1995, derzufolge eine von der vorgesehenen Einrichtung des Endlagers ausgehende Beeinträchtigung zukünftig nicht völlig auszuschließender Kali- und Steinsalzgewinnung im Modellgebiet nicht erkennbar war.

2.1.5.4 Steine und Erden

- Gutachten des NLfB 1995

Im Gutachten 1995 des NLfB wurden im Modellgebiet Konrad oberflächennah lokal verbreitete, im Tagebau gewonnene und z. T. intensiv im Abbau stehende Rohstoffe der Steine und Erden (kieshaltige Sande, Bausande, Kalk- und Kalkmergelsteine sowie Tonsteine) ausführlich beschrieben.

Nachteilige Wirkungen des geplanten Endlagers auf die oberflächennahen Rohstoffe sowie auf deren Exploration und Nutzung waren nach fachlicher Überzeugung des NLfB auszuschließen, da sie vom Einlagerungsvorhaben nicht direkt in Anspruch genommen werden und nach dem Ergebnis von Langzeitsicherheitsberechnungen auch langfristig keine inakzeptablen Kontaminationen zu erwarten waren.

- Stellungnahme des NLfB

Das NLfB konnte, bedingt durch seine fachlichen Zuständigkeiten für die Rohstoffsicherung des Landes Niedersachsen, im Rahmen der Prüfung des Gutachtens von 1995 auf detaillierte Kenntnisse zur räumlichen Lage der Steine- und Erdenrohstoffe zurückgreifen. Das NLfB hält nach Prüfung des aktuellen Kenntnisstandes an seiner im Gutachten von 1995 erfolgten Beschreibung der Verbreitung dieser Rohstoffe in der Standortregion fest. Gestützt insbesondere auf die Langzeitsicherheitsberechnungen, deren geowissenschaftliche Grundlagen in Analogie zu den Vorkommen für Erze und Kohlenwasserstoffe im Zusammenhang mit der Aktualisierung der entsprechenden Gutachtensteile bestätigt und auf die Lagerstätten der Steine- und

Erdenrohstoffe übertragen werden konnten, gelangt das NLfB erneut zu der Einschätzung, dass nachteilige Wirkungen des geplanten Endlagers auf die Verfügbarkeit der im Modellgebiet vorkommenden Steine- und Erdenrohstoffe nicht zu erwarten sind.

2.1.5.5 Bewertung zu Rohstoffvorkommen [REDACTED]

Die Prüfung des Gutachtens NLfB 1995 auf der Grundlage des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik hat ergeben, dass für den Fall der Einrichtung eines Endlagers in der Schachanlage Konrad im geplanten Umfang keine nachteiligen Auswirkungen auf die Gewinnbarkeit von Kohlenwasserstoffvorkommen, Salzen sowie Steine- und Erdenrohstoffen zu besorgen sind. Auch eine zukünftige Erzgewinnung in nördlich der Schachanlage gelegenen Oxford-Erzvorkommen bleibt trotz des Einlagerungsvorhabens grundsätzlich weiter möglich. Damit sind die wesentlichen Forderungen nach Berücksichtigung und Erhaltung bedeutender Rohstoffvorkommen erfüllt. In der Konsequenz ergibt sich aus der Überprüfung des Gutachtensabschnitts 2.15 Rohstoffvorkommen keine Notwendigkeit zur Veränderung der im Gutachten des NLfB 1995 enthaltenen Aussagen und Bewertungen.

2.2 Standortbeschreibung Seismologie [REDACTED]

- Gutachten des NLfB 1995

Die Ermittlung der seismologischen Lastannahmen für den Standort über Tage erfolgte in Anlehnung an die KTA 2201.1 (6/1990) und folgte der Praxis bei der Ermittlung der seismologischen Standortdaten von kerntechnischen Anlagen in Norddeutschland. Die vom Antragsteller ermittelten Lastannahmen einschließlich der dargestellten Frequenzantwortspektren waren entsprechend dem derzeitigen Stand der Wissenschaft konservativ.

Ähnlich anerkannte technische Regeln, wie sie für über Tage existieren, gibt es für die Ermittlung der seismologischen Standortdaten unter Tage nicht. Man ist daher darauf angewiesen, die für über Tage ermittelten Standortdaten auf die Verhältnisse unter Tage zu übertragen. Hier bieten sich zwei Vorgehensweisen an:

1. Berücksichtigung der Erfahrungen und Beobachtungen, die bei schweren Erdbeben in Bergbaugebieten gemacht worden sind.
2. Analytische Berechnungen der Abhängigkeit der Amplitude seismischer Wellen von der Tiefe sowie Hohlraumschwingungen, die durch Erdbebenwellen angeregt werden könnten.

Unter Berücksichtigung beider Vorgehensweisen war nach dem Stand der Wissenschaft davon auszugehen, dass in dem Bergwerk Konrad bei Erdbebeneinwirkungen keine größeren Bodenbeschleunigungen auftreten als an der Erdoberfläche und dass deshalb die ermittelten Lastannahmen konservativ waren.

-Stellungnahme [REDACTED]

Seit Gutachtenserstellung 1995 haben sich auf dem Fachgebiet Seismologie keine Entwicklungen ergeben, die Anlass zur Änderung der Gutachtensaussagen geben könnten. Auch nach heutigem Sachstand entsprechen die Gutachtensaussagen dem Stand von Wissenschaft und Technik (siehe Anhang 7.1: K.-G. HINZEN (2000): „Gutachterliche Stellungnahme Standort Konrad“ für das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung und Anhang 7.2: K.-G. HINZEN (2001): Aktualisierung NLfB-Gutachtensteil „Seismologie Konrad“).

2.3 Geologische Langzeitprognose

- Gutachten des NLFb 1995

Die Beurteilung der Langzeitprognose des Antragstellers zur Entwicklung der Endlagerregion im Gutachten des NLFb 1995 geht von den Darstellungen im Plan 4/90 aus. Der Antragsteller hatte keine weiteren Unterlagen vorgelegt.

Auf der Grundlage der Kenntnis über die bisherige geologischen Entwicklung der Standortregion hat der Antragsteller im Plan 4/90 innerhalb eines Zeitrahmens von einigen 10^5 Jahren mögliche Auswirkungen globaler Klimaveränderungen, Abtragung in Verbindung mit epirogenen Bewegungen, Einflüsse der dem geplanten Endlager benachbarten Salzstrukturen sowie Magmatismus als sicherheitsrelevante geologische Prozesse und Ereignisse identifiziert und zum Teil quantitativ betrachtet. Zukünftige anthropogene Einwirkungen auf die natürlichen Barrieren des geplanten Endlagers sind von der Betrachtung ausdrücklich ausgenommen.

In seiner Prüfung und Bewertung der geologischen Langzeitprognose des Antragstellers stützt sich das Gutachten des NLFb 1995 auf das aus den vorliegenden geowissenschaftlichen Daten zur Standortregion abgeleitete eigene Verständnis der geologischen Vorgeschichte des Projektgebietes und berücksichtigt aus standortbezogener Perspektive den Stand der Wissenschaft. Es folgt dem Antragsteller bezüglich des für die Langzeitprognose gewählten Zeitrahmens von einigen 10^5 Jahren. Der gewählte Zeitrahmen trägt dem Verlauf wesentlicher geologischer Veränderungen der Umwelt Nordwesteuropas im Pleistozän und Holozän Rechnung und weist unter dem Aspekt zukünftig als möglich erachteter geologischer Entwicklungen Bezüge zu den Ergebnissen der Modellrechnungen (s. Kapitel 3.4) zur Langzeitsicherheitsanalyse auf.

Orientiert an einer zukünftig innerhalb von einigen 10^5 Jahren wahrscheinlichen, möglichen oder nicht völlig auszuschließenden ungünstigen Beeinflussung der bestehenden Endlagereigenschaften durch die Schwächung der geologischen Barriere wurden nach Überzeugung des NLFb aus der großen Anzahl der in der physikalischen Geologie bekannten Erscheinungen der exogenen und endogenen Dynamik die für das Projekt Konrad relevanten Ereignisse und Prozesse für die Langzeitprognose ausgewählt.

Langsam ablaufende geologische Prozesse im Gefolge globaler Klimaveränderungen, eine von Abtragung geprägte epirogene Hebung der Endlagerregion sowie Aspekte der zukünftigen Entwicklung der Salzstrukturen in der Endlagerregion wurden vom Antragsteller als potentiell sicherheitsrelevant erkannt und ausführlich gewürdigt. Auch die Auftretenswahrscheinlichkeit intrusiv-magmatischer Prozesse und vulkanischer Ereignisse und ihrer möglichen Effekte auf die Endlagersicherheit wurde diskutiert.

Das NLFb kommt unter 2.3.5 „Bewertung zur geologischen Langzeitprognose“ seines Gutachtens 1995 zu dem Ergebnis, dass in der Langzeitsicherheitsprognose des Antragstellers im Plan 4/90 alle natürlichen geologischen Prozesse und Ereignisse von allgemeiner oder regionalspezifischer Bedeutung erfasst und betrachtet wurden, die im Rahmen von einigen 10^5 Jahren Einfluss auf das geplante Endlager und seine natürliche Umgebung haben könnten. Unter Berücksichtigung der Entwicklung der Standortregion in der geologischen Vergangenheit waren in Übereinstimmung mit dem Antragsteller für das NLFb keine Entwicklungen erkennbar, die im betrachteten Zeitrahmen zukünftig zu einer entscheidenden Schädigung der Endlagersicherheit führen könnten.

- Stellungnahme des NLFb

Das positive Ergebnis einer geologischen Langzeitprognose ist nach herrschender fachübergreifender internationaler Auffassung eine unverzichtbare Voraussetzung für den Nachweis der Eignung eines Standortes zur Errichtung eines Endlagers für radioaktive Abfallstoffe in der Geosphäre. Übereinstimmend wird die Beurteilung der Robustheit eines Endlagers gegen eine innerhalb des für notwendig erachteten Zeitraumes in der Zukunft mögliche Gefährdung von Schutzziele durch anzunehmende und nicht auszuschließende, ungünstige Entwicklungen gefordert. Die Vergleiche mit der internationalen Literatur zeigen, dass der Übertragbarkeit von konkreten Prozessen und Ereignissen, die innerhalb der vorgesehenen Zeiträume zu einer Schwächung der Schutzwirkungen führen könnten und daher zwingend betrachtet werden müssen, standortspezifische Grenzen gesetzt sind. Die Langzeitprognose ist generell stark von der Wahl des zu betrachtenden Standortes beeinflusst und entzieht sich somit einer Standardisierung. Auch die Vollständigkeit entsprechender wissenschaftlicher Untersuchungen zur zukünftig möglichen Gefährdung eines konkreten Standortes kann mittels Hinzuziehens der vor dem Hintergrund von Endlagerplanungen international erörterten geologischen Prozesse und Ereignisse und vergleichender Betrachtungen strenggenommen nicht belegt werden.

Dennoch überwiegen bei den im Rahmen der internationalen Endlagerforschung in geographisch und geologisch zum Teil sehr unterschiedlichen Endlagerumgebungen (Salzgestein, Granit, Tonstein, humides/arides Klima) durchgeführten Untersuchungen zur Langzeitprognose, insbesondere bezüglich der Methodik bei der Ermittlung der als zukünftig potentiell sicherheitsrelevant zu erachtenden geologischen Entwicklungen, die Gemeinsamkeiten.

Aufbauend auf der geowissenschaftlichen Standortbeschreibung und dem Verständnis der Entwicklung der Standortregion Konrad in der geologischen Vergangenheit erlaubt die Berücksichtigung der in sehr unterschiedlichen Ansätzen vorhandenen, seit 1995 noch verbreiteten umfangreichen internationalen Datenbasis daher eine zuverlässige Prüfung und Einordnung der in diesem Zusammenhang vom Antragsteller im Plan 4/90 als bedeutend unterstellten und vom NLFb in seinem Gutachten 1995 als abdeckend angesehenen zukünftigen Prozesse und Ereignisse hinsichtlich Vollständigkeit und Tiefgang der Betrachtungen.

(Orientiert am internationalen Vorgehen, werden für die vorliegende ergänzende Stellungnahme zum Gutachten des NLFb von 1995 der nicht zuletzt durch die Standortuntersuchung ermittelte Ausgangszustand der Standortregion Konrad sowie zukünftig nicht auszuschließende oder zu erwartende kurzfristig wirksame Ereignisse und langanhaltende Prozesse zusammen als FEPs: Features, Events, Processes bezeichnet.)

In den vorliegenden Betrachtungen zur Aktualisierung des Gutachtens des NLFb 1995 wurden erneut grundlegende Arbeiten zur methodischen Vorgehensweise berücksichtigt, die sich der Frage einer systematischen Auswahl von relevanten Szenarien in einer Kombination von deterministischen und probabilistischen Ansätzen auf der Grundlage von FEP-Listen nähern (PRIJ (Ed.) 1993; CHAPMAN, HODGINSON & MAUL in SAVAGE (Ed.) (1995); MARIVOET et al. (1997); ESCALIER DES ORRES (1997)).

Zur Aktualisierung der Langzeitprognose im Gutachten des NLFb 1995 konnte als Grundlage ein Report der NEA (NEA FEP Database 1999) herangezogen werden, in dem Expertengruppen aus 7 OECD-Ländern mehr als 1400 seit 1989 im Rahmen von 8 Endlagerprojekten in unterschiedlichen Wirtgesteinen abgeleitete FEPs zusammengestellt und klassifiziert haben. Die Gesamtzahl der aus englischen, kanadischen, US-amerikanischen, schwedischen und

schweizer Endlagerprojekten beschriebenen FEPs liegt standortbezogen zwischen 80 und 280. Davon entfällt nur ein geringerer Anteil auf die Geosphäre, während die Masse der FEPs mit dem jeweiligen Einlagerungssystem (z.B. den Abfall und die Behälterlagerung betreffende FEPs), der Nahfeldentwicklung im Grubengebäude sowie der Rückverfüllung oder auch der Biosphäre verknüpft ist.

Aus der Vielzahl der allgemein denkbaren geologischen, hydrogeologischen, bergbaulichen und klimatischen FEPs kann durch deren willkürliche Kombination eine große, nur schwer überschaubare Zahl von Gefährdungsbildern zusammengestellt werden, die in einer Vielzahl der Fälle nur graduelle Unterschiede aufweisen und/oder bei näherer Betrachtung offensichtlich unerheblich sind. Da jedoch die wesentlichen zukünftigen Zustände des Endlagersystems identifiziert (GALSON & SWIFT 1994) werden müssen und auf signifikante Gefährdungen des Endlagers hingewiesen werden soll, entspricht es dem Stand von Wissenschaft und Technik, durch Auswahlprozesse (Screening) abdeckende Szenarien zu identifizieren und zu konstruieren, die die hypothetischen Abfolgen von FEPs zur Fokussierung der Aufmerksamkeit im Zusammenhang mit Schutzziele auf kausale Ereignisse und Prozesse reduzieren (KAHN & WIENER 1967). Die Szenarienanalyse muss, über die Sichtbarmachung möglicher Gefährdungen des Endlagers hinaus, im Sinne eines konzeptionellen Modells die Grundlage für quantitativ orientierende Sicherheitsanalysen mittels geologischer und hydrogeologischer Modellierungen schaffen, die, aufbauend auf der Langzeitprognose, die am ehesten anzunehmenden Fälle der Freisetzung von Schadstoffen aus dem Endlager zu betrachten haben (s. dazu auch Kapitel 3.3 und 3.4). Um im konkreten Fall zu abdeckenden Szenarien zu gelangen, sind demnach im weiteren solche FEPs zu betrachten, die in Kombination oder einzeln zu einer nachweisbaren Schwächung der natürlichen Barrieren des geplanten Endlagers Konrad führen können.

Die international in ihrem Gefährdungspotential hoch bewerteten Human-Intrusion-Szenarios und die damit verbunden denkbaren FEPs sind von der geologischen Langzeitprognose des NLFB ausdrücklich ausgenommen und werden vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt, im Rahmen der Aktualisierung seines eigenen Gutachtens zum Planfeststellungsverfahren, für den NMU betrachtet.

Bergbau-induzierte Prozesse und Ereignisse mit Auswirkungen auf die Geosphäre müssen in der geologischen Langzeitprognose für das geplante Endlager Konrad nicht berücksichtigt werden, da an der gebirgsmechanischen Stabilität des Grubengebäudes, während der Betriebsphase und im Anschluss an die Verfüllung in der Nachbetriebsphase, nach übereinstimmender Auffassung von NLFB und Fachbehörden (Bergämter) vernünftige Zweifel auch bei Annahme seismologischer Lastfälle (s. Kapitel 2.2) nicht bestehen.

(Nur durch die für Langzeitsicherheitsrechnungen im Anschluss an die Betriebsphase in Ansatz zu bringende initiale Verzögerung der Schadstoffausbreitung von größenordnungsmäßig 10^3 Jahren, die aus dem chemischen Milieu im Endlager und der physikalischen Notwendigkeit zur Einstellung der ursprünglichen hydraulischen Druckverhältnisse im Grubengebäude vor Beginn advektiver Schadstofftransporte herzuleiten ist, leisten die bergbaulichen Gegebenheiten einen aus Sicht der Langzeitprognose allerdings vernachlässigbaren Beitrag zur zukünftigen Entwicklung.)

Abgesehen von standortspezifischen FEPs, die aus den internationalen Listen offensichtlich nicht übertragbar sind, musste auf eine Anzahl von in der Literatur diskutierten FEPs aus Sicht des NLFB nicht näher eingegangen werden, bei denen eine Bedeutung zumindest für das geplante Endlager Konrad auch ansatzweise nicht erkennbar ist. Exemplarisch ist hier das in

einer der vorliegenden FEP-Listen angeführte Magnetfeld der Erde mit seinen Variationen (PRIJ (Ed.) 1993) zu nennen, bei dem aber auch die Verfasser der entsprechenden Liste letztlich keinerlei Bedeutung für irgendein Endlagerprojekt zu erkennen vermögen.

Es zeigt sich bei allen in der NEA FEP Database 1999 berücksichtigten Projekten, dass klimatischen Prozessen und Ereignissen als den das geologische Fernfeld eines Endlagers betreffenden natürlichen Phänomenen aus Sicht der geologischen Langzeitprognose eine besondere Bedeutung beizumessen ist. In ähnlich guter Übereinstimmung kommen alle Szenarienanalysen zu dem mit unterschiedlichem Tiefgang untermauerten Ergebnis, endlagerrelevante Meteoriteneinschläge seien aufgrund ihrer außerordentlich geringen Wahrscheinlichkeit, verbunden mit den durch das Primäreignis hervorgerufenen katastrophalen Auswirkungen im Eintretensfall, für die Langzeitprognose zu vernachlässigen.

Dagegen sind nach weiterhin geltender fachlicher Überzeugung und im Ergebnis der neuerlichen Prüfung die im NLfB-Gutachten 1995 in Übereinstimmung mit dem aktuellen Stand der Wissenschaft bereits betrachteten geologischen Prozesse im Gefolge globaler Klimaveränderungen, eine von Abtragung geprägte epirogene Hebung der Endlagerregion sowie Aspekte der zukünftigen Entwicklung der Salzstrukturen in der Endlagerregion Konrad innerhalb des zu betrachtenden Zeitraumes von einigen 10^5 Jahren unverändert als am ehesten sicherheitsrelevant anzusehen.

Die bereits 1995 in ihrer Bedeutung deutlich abgesetzten FEPs einer nicht völlig auszuschließende Reaktivierung nachgewiesener Störungen, des Auftretens von neuangelegten Bruchstörungen sowie intrusiv-magmatischer Prozesse und vulkanischer Ereignisse und ihrer möglichen Begleiteffekte auf die Endlagersicherheit werden standortspezifisch erneut erörtert. Die zukünftig gegebenenfalls damit verbundenen seismischen Lastfälle werden im Kapitel 2.2 Seismologie gewürdigt.

Defizite bezüglich der auf dem Hintergrund des aktuellen Standes der internationalen Endlagerforschung betrachteten FEPs fanden sich aus Sicht des NLfB bei der erneuten Evaluierung nicht. Die Fortschreibung des Gutachtens des NLfB 1995 bietet im Folgenden jedoch Gelegenheit für ergänzende Bemerkungen zu Teilaspekten der betrachteten einzelnen FEPs.

2.3.1 Klimaveränderungen

Die im Zusammenhang mit zukünftigen Klimaveränderungen für einige 10^5 Jahre im Gutachten des NLfB 1995 betrachteten natürlichen FEPs stellen die standortspezifisch erhebliche, abdeckende Auswahl dar. Hinweise auf Defizite konnten aus der nach 1995 erschienenen internationalen Fachliteratur (z.B. TALBOT (1999); BOULTON et al (1997)) nicht abgeleitet werden.

Die für die Langzeitprognose im Gutachten des NLfB 1995 postulierte zukünftige Klimaentwicklung mit weitreichenden Vereisungen der nördlichen Hemisphäre ist durch modernere Untersuchungen bestätigt und weiter erhärtet worden. Indem neben der Kalkulation des Einflusses der Milankovitch-Orbitalparameter der Erde Möglichkeiten der Kalibrierung durch natürliche Klimaaufzeichnungen in der jüngeren erdgeschichtlichen Vergangenheit (Sauerstoffisotopen in Tiefseesedimenten, radiometrische Bestimmungen) und der Korrelation dieser Beobachtungen genutzt wurden, hatten bereits vor 1995 die meisten bekannten Modelle eine glaziale Phase mit einer Magnitude entsprechend dem letzten Glazial frühestens in 60000 Jahren und mit einer Dauer von 20 000 Jahren vorhergesagt. Die Möglichkeit des Einsetzens

kleinerer, auf Skandinavien beschränkter Eisvorstöße nach 5000 und 20 000 Jahren deutete sich an. Nunmehr ist von zwei Alternativmodellen auszugehen (FORSSTRÖM 1999):

Im ersten Modell sinken die Temperaturen und es kommt nach 5000 Jahren zur Gletscherbildung in Gebirgsregionen Skandinaviens. Nach einem kurzen Interstadial weitet sich die Eisbedeckung aus und erreicht nach 60 000 Jahren Südschweden. Durch Erwärmung des Klimas vorübergehend abnehmend, wächst die Eisdecke von 70 000 bis 100 000 Jahre und füllt das gesamte Baltische Becken, um anschließend nach 120 000 Jahren vollständig wieder zu schmelzen und Skandinavien freizugeben.

Im zweiten Modell entwickelt sich eine weitreichende polferne Vereisung erst nach 50 000 Jahren, um nach 60 000 Jahren ganz Finnland zu bedecken. Nach einer kürzeren Phase der Erwärmung wächst die Eisdecke und bedeckt das Baltische Becken nach 100 000 Jahren vollständig. Während der anschließenden Wiedererwärmung zieht sich das Eis nicht aus Nordfinnland zurück, um nach 150 000 Jahren erneut das gesamte Baltische Becken zu bedecken. Das folgende Interglazial führt nach 165 000 Jahren zu einem vollständigen Rückzug des Eises aus Skandinavien.

Aus den Modellen kann abgeleitet werden, dass sich das Projektgebiet Konrad über längere Zeiträume im Einflussbereich von Permafrost und unter Tundrabedingungen befinden wird, dass eine massive Eisbedeckung jedoch zumindest für die nächsten 165 000 Jahre keine Bedeutung erlangt. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt KELLER (1998) für den Raum Gorleben. KELLER geht ausführlich auf die klimatischen Voraussetzungen zur Bildung von Permafrost, dessen Einfluss auf Oberflächengewässer und die Grundwassermineralisation, seine Eindringtiefe, das Gefrierverhalten der Sedimente unter dem Einfluss von Permafrost und auf den Grundwasserfluss ein. Bei analoger Betrachtung der Region Konrad und Übertragung der zu generalisierenden Befunde wird eine nachhaltige, sicherheitsrelevante Umgestaltung der geologischen Verhältnisse im Bereich der natürlichen Barrieregesteine des geplanten Endlagers nicht erkennbar.

2.3.2 Abtragung und epirogene Bewegungen

Aus Sicht des NLFb wurden bereits 1995 alle im Zusammenhang mit Abtragung erheblichen Daten und Fakten dargelegt. Diese ließen erkennen, dass die geologische Umgebung, in der das Endlager Konrad angelegt werden soll, widerstandsfähig gegen die bei gegenwärtig herrschenden klimatischen Verhältnissen wirksame Abtragung ist und dass auch die glazigene Erosion zukünftiger Kaltzeiten über mehrere 10^5 Jahre keinen nennenswerten Einfluss auf die Endlagersicherheit erlangen kann.

Bei den Betrachtungen wurde die sich abzeichnende neotektonisch bedingte langfristige Hebung der Endlagerregion berücksichtigt und für überschlägige Berechnungen vorsichtig eine Hebungsrate von 0,1 mm/Jahr aus dem Plan 4/90 des Antragstellers übernommen. Die Auswertung neuerer Arbeiten zur Charakterisierung der Mobilität der Erdkruste Nordwesteuropas zeigt in Übereinstimmung damit, dass das nördliche Mitteleuropa im Bereich des relativ stabilen Kontinentalblockes einer von Absenkungen dominierten jungen Tafel liegt (GRÜNTAL & STROMEYER 1995), in der differentielle neotektonische Bewegungen seit dem Unterliozän in der Größenordnung langfristiger epirogener Bewegungen blieben, deren Gesamtamplitude seit dem Holstein-Interglazial (vor 225 000 bis 210 000 Jahren) zwischen Küstengebiet und Mittelgebirgsraum mehrere 10 m nicht überschritten hat (LUDWIG & SCHWAB 1995).

2.3.3 Einflüsse benachbarter Salzstrukturen

Es liegen keine grundlegend neuen Erkenntnisse über die Entwicklung von Salzstrukturen vor, die auf dem Hintergrund des für die Betrachtungen anzusetzenden Zeitraumes von einigen 10^5 Jahren eine erneute Auseinandersetzung mit der 1995 erfolgten Einschätzung der halotektonischen Langzeitstabilität von Salzstrukturen in der Endlagerregion notwendig erscheinen lassen.

Im Zusammenhang mit zukünftig zu unterstellenden Klimaentwicklungen betrachtet KELLER (1998) für die Region Gorleben drei als abdeckend beschriebene Szenarien zur Beurteilung der möglichen Auswirkungen der abweichenden exogenen Dynamik auf die Hydrogeologie/Hydrologie und die damit verbundene (unter den gegenwärtigen Klimaverhältnissen zu vernachlässigende) subterrane Abtragung von Salz (Subrosion).

Gravierende Einflüsse zukünftiger Kaltzeiten auf die als Begrenzungen wirkenden, in numerischen Modellen zu den Schadstoffausbreitungsrechnungen (s. Kapitel 3.3 und 3.4) als Modellränder eingeführten Salzstrukturen des Projektgebietes Konrad lassen sich aus dieser Arbeit nicht ableiten.

Die Subrosion unter verschiedenen quartären Klimabedingungen und die zukünftige Entwicklung der Subrosion für ein Zeitintervall von 150 000 Jahren unter Berücksichtigung von Klimamodellen wurden auch im Bereich der Salzstruktur Allertal untersucht und abgeschätzt (WILDENBORG et al. 2000). Unter Verwendung eines lokalen Grundwassermodells wurde zunächst festgestellt, dass höchste Lösungsraten generell dort auftreten, wo Grundwasser direkt über der Salzstruktur infiltriert. Es wurde weiter gefunden, dass die Subrosionsraten in Interglazialzeiten am geringsten, in Permafrostzeiten am höchsten waren. Für den in der Zukunft liegenden Zeitraum von 150 000 Jahren wurde als worst case eine Subrosion von kumulativ „mehreren Metern“ angegeben. Auch wenn eine direkte Übertragbarkeit der Befunde eingeschränkt ist, besteht für das NLfB kein Zweifel, dass die ermittelte Größenordnung für die Betrachtung in der Region Konrad herangezogen werden kann. Die zukünftige Klimaentwicklung wird nach Einschätzung des NLfB für die nächsten 150 000 Jahre (und mit großer Wahrscheinlichkeit noch deutlich darüber hinaus) keinen signifikanten Einfluss auf die Integrität der Salzstrukturen ausüben.

Damit hat das für Schadstoffausbreitungsrechnungen im Rahmen der Langzeitsicherheitsanalyse (s. Kapitel 3.4) zugrundegelegte hydrogeologische Modell mit den darin abschnittsweise als Modellrand angesetzten Salzstrukturen weiter Bestand.

2.3.4 Magmatismus

Das NLfB sieht nach einer aktuellen Betrachtung der Bedeutung magmatischer Ereignisse für die Region um das geplante Endlager Konrad keine Notwendigkeit zu Änderungen an seinen Darstellungen im Gutachten des NLfB 1995 und hält an deren Bewertung unverändert fest. Die Überprüfung des aktuellen Wissenstandes ergab keine Hinweise auf planrelevante neue Erkenntnisse im Zusammenhang mit den Gesetzmäßigkeiten magmatischer Prozesse. Die Lage des Plangebietes Konrad zu den im Känozoikum tektonisch und/oder vulkanisch aktiven Zonen NW-Europas ist unverändert als günstig zu beurteilen. Hinweise auf intrusivmagmatische Prozesse gibt es in der Endlagerregion weiterhin nicht. Der tertiäre Vulkanismus West- und Zentraleuropas, der (möglicherweise z.T. mit vorangegangenen intrusivmagmatischen Prozessen) in einen Zusammenhang mit der Öffnung des Nordatlantik und der alpidischen Gebirgsbildung zu stellen ist, ist auch nach heute gültiger Auffassung an die, die Erdkruste

durchsetzenden präexistenten Sockelstörungen und die riftbegrenzende Bruchtektonik gebunden (WILSON 1997), für deren Aktivierung sich in der Region Konrad mit Sicherheit seit dem Jungtertiär (seit dem Auftreten des vom Antragsteller für seine Langzeitprognose konservativ als vorhanden unterstellten und in der Altersstellung den südlich gelegenen miozänen/pliozänen Basalten der Hessischen Senke zugeordneten Basalts von Rolfsbüttel) keine Hinweise mehr finden.

2.3.5 Bewertung zur Geologischen Langzeitprognose

Es ist davon auszugehen, dass die gegenwärtige neotektonische Situation Nordeuropas, die von eisisostatischen Ausgleichsbewegungen, dem Ausklingen der alpidischen Orogenese und von einer passiven Reaktion auf die Öffnung des Mittelatlantik geprägt ist, sich in den nächsten 10^5 Jahren nicht substantiell ändern wird. Außerhalb der Endlagerregion existierende Schwächezonen und Bruchsysteme werden zukünftige Spannungsumlagerungen in der Erdkruste NW-Europas aufnehmen, während Deformationen durch Neubildung von Tiefenbrüchen generell von untergeordneter Bedeutung sind. Magmatische Ereignisse im Zusammenhang mit der für sich betrachtet bereits unwahrscheinlichen Neubildung von Tiefenbrüchen in der Endlagerregion sind äußerst unwahrscheinlich. Auch Abtragungsvorgänge unter unterschiedlichen Klimaverhältnissen und in Verbindung mit epirogenen Hebungen der Endlagerregion werden über Zeiträume von einigen 10^5 Jahren hinaus nur langsam an Bedeutung gewinnen. Eine Gefährdung des geplanten Endlagers kann daraus nicht abgeleitet werden.

2.4 Geologische Bewertung

2.4.1 Geologische Barriere

- Gutachten des NLfB 1995

In der geologischen Standortbeschreibung des NLfB sind die Gesteinsschichten vom Zechstein bis zum Quartär im Modellgebiet hinsichtlich ihrer Gliederung, Ausbildung, Mächtigkeit, Verbreitung, räumlichen Lage und tektonischen Beeinflussung in ihrer aufgrund unterschiedlicher sedimentpetrographischer Eigenschaften unterschiedlich zu beurteilenden Wirksamkeit als Wirtsgestein und geologische Barrieren des geplanten Endlagers dargestellt. Die auf die Kapitel 2.2.2 Stratigraphie, 2.1.3 Petrographie, Mineralogie und Geochemie sowie 2.1.4 Tektonik gestützte Bewertung kommt zu dem Ergebnis, dass die natürlichen geologischen Gegebenheiten für die Einrichtung des geplanten Endlagers günstig zu beurteilen sind.

In der zusammenfassenden Bewertung der Gesteinseinheiten im Liegenden und vor allem im Hangenden des Korallenoolith bestätigte das NLfB die Feststellung des Antragstellers, dass diese Gesteine aufgrund ihrer sedimentpetrographischen Eigenschaften wirksame Barrieren darstellen.

In Kapitel 2.4.1 „Geologische Barriere“ wurden von uns als wesentliche Einflussgrößen für die Barrierewirkung von Gesteinen die Korngrößenverteilung (hoher Feinstkornanteil), die mineralische Zusammensetzung (hoher Tonmineral-/Smektikt-Anteil), das Gefüge und der Diagenese-grad benannt.

- Stellungnahme des NLfB

Es liegen aus den Fachgebieten Stratigraphie, Petrographie, Mineralogie, Geochemie und Tektonik standortübergreifend keine neuen Erkenntnisse vor, die zu signifikanten Ergänzun-

gen des Gutachtens 1995 beitragen. Die in das ergänzende Gutachten aufgenommenen Hinweise bewirken in keinem Fall Veränderungen der im Gutachten des NLFb 1995 enthaltenen Darstellungen und führen insbesondere nicht zu einer abweichenden Einschätzung der Wirksamkeit der natürlichen Barrieren.

Auch aus heutiger Sicht vertritt das NLFb die Auffassung, dass die vorliegenden Unterlagen die Barriereigenschaften der Gesteinseinheiten am Standort Konrad in angemessenem Tiefgang und Umfang belegen. Dies gilt sowohl für die analytischen Nachweise als auch für die räumliche Übertragbarkeit der direkt am Standort gewonnenen Daten auf das weitere Modellgebiet. Es wurden die üblichen und notwendigen Untersuchungen vorgenommen.

2.4.2 Langzeitsicherheit

- Gutachten des NLFb 1995

Die Aussagen im Gutachten des NLFb 1995 beziehen sich auf

- Langzeitänderungen in den Lagerungsverhältnissen der Gebirgsbarrieren aufgrund zukünftiger geologischer Prozesse,
- Langzeitänderungen von sedimentpetrographischen Parametern, sowie
- Langzeitstabilität der abdichtenden Verfüllung alter Tiefbohrungen.

Aus sedimentpetrographischer Sicht bewertete das NLFb die Wahrscheinlichkeit sicherheitsrelevanter Veränderungen der Gesteine am Standort durch zukünftige geologische Prozesse und den Aspekt „Quellverhalten von Tongesteinen“ im Zusammenhang mit dem Nachweis der Dichtigkeit alter Tiefbohrungen. Der Beitrag von Quellvorgängen in tonigen Gesteinseinheiten zur Selbstverfüllung nicht verrohrter alter Bohrungen wurde vom NLFb bestätigt.

Die auf der Basis von Plausibilitätsbetrachtungen durchgeführte Prüfung ergab für die nächsten 10^5 Jahre keine Hinweise auf sicherheitsrelevante Umformungen der Gesteine.

- Stellungnahme des NLFb

Es fanden sich keine Hinweise auf geogene Veränderungen der räumlichen Lage der Barrieregesteine durch neotektonische Prozesse, seismologisch relevante Ereignisse oder magmatische Prozesse, die innerhalb der nächsten 10^5 Jahre Bedeutung für die Integrität des geplanten Endlagers erlangen könnten. Damit entfallen auch die wesentlichen thermodynamischen Voraussetzungen für eine geologisch gesehen kurzfristige petrographisch-mineralogische und geochemische Veränderung von Barrieregesteinen.

Die neuerliche Prüfung von Unterlagen und Literatur aus sedimentpetrographischer Sicht ergab, dass die nach Stand von Wissenschaft und Technik zwischenzeitlich eingetretenen Änderungen in den fachlichen Auffassungen und methodischen Entwicklungen als bei weitem nicht so erheblich anzusehen sind, dass sich daraus Änderungen in den Eingangsparametern der Rechenmodelle und damit Änderungen der Gesamtbewertung ableiten ließen (HUMMEL 2000, MADSEN, 1998). Das Auftreten von Quellvorgängen in den unterschiedlichen Tonen und Tongesteinen wurde auch in den neueren Publikationen wiederholt nachgewiesen (JOCKWER, MIEHE & MÜLLER-LYDA 2000). Aus sedimentpetrographischer Sicht wird die Realisierbarkeit des geplanten Vorhabens auf der Basis der angestellten Plausibilitätsbetrachtungen auch derzeit positiv betrachtet.

Für eine veränderte Einschätzung der durch vergleichende Betrachtungen und Laborversuche nachgewiesenen Langzeitstabilität der Verfüllung alter Tiefbohrungen in der Endlagerregion besteht kein Anlass (MARX 2001).

3. Hydrologie und Hydrogeologie

3.1 Standortbeschreibung Hydrologie

Die Erfassung der hydrologischen Verhältnisse im Modellgebiet Konrad ist Grundlage für Betrachtungen zur Hydrogeologie. Darüber hinaus werden Wechselwirkungen zwischen oberirdischen Gewässern und dem Grundwasser erfasst.

3.1.1 Regionaler Überblick

- Gutachten des NLFb 1995

Die hydrographische Beschreibung der Region als Grundlage für weitere Betrachtungen zur Hydrologie erfolgt seitens des Antragstellers nur für die nähere Standortumgebung. Unsere Ausführungen beziehen sich auf das gesamte Modellgebiet Konrad.

- Stellungnahme des NLFb

Die Beschreibung der natürlichen Vorfluter hat sich seit dem Gutachten des NLFb 1995 nicht geändert. Änderungen können sich im Bereich der künstlichen Gewässer ergeben: Seit Mai 1995 haben keine relevanten Baumaßnahmen an den Kanälen im Modellgebiet Konrad stattgefunden. Im Bereich des Aueverlaufs wurde die Kläranlage der Salzgitter AG in der Nähe von Schacht Konrad 2 als Ersatz für die alte Anlage neu errichtet.

Überschwemmungsgebiete im Bereich der Fuhse und Aue/Erse wurden nicht festgesetzt, die „festgestellten“ Überschwemmungsgebiete haben weiterhin Bestand.

Eine hydrographische Beschreibung, z.B. mit den Einzugsgebieten der Vorfluter und eine Auflistung der Hochwasserereignisse ist im Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan Oker (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 1993) enthalten.

3.1.2 Wasserhaushalt

- Gutachten des NLFb 1995

Die Angaben zum Wasserhaushalt, der durch die Parameter Niederschlag, Verdunstung und Abfluss bestimmt wird, seitens des Antragstellers wurden im Gutachten des NLFb 1995 als ausreichend für das Vorhaben bewertet. Unsere Ergänzungen bezogen sich insbesondere auf die Abflussverhältnisse im Modellgebiet, den Überschwemmungsbereich der Aue und die Hochwassergefährdung der Schachanlage Konrad.

- Stellungnahme des NLFb

Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, haben sich seit Mai 1995 keine Änderungen im Bereich der Überschwemmungsgebiete der Aue ergeben. Insofern ergibt sich auch weiterhin keine Hochwassergefährdung der Schachanlage Konrad.

Da die Einzelwerte zum Wasserhaushalt nicht direkt als Eingabeparameter für die Modellrechnungen eingehen, wird auf eine Auflistung dieser Werte als Ergänzung der Angaben im Gutachten des NLfB 1995 verzichtet. Daten zum Wasserhaushalt sind im Wasserwirtschaftlichen Rahmenplan Oker (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 1993) zusammengefasst.

3.1.3 Wasserbeschaffenheit [REDACTED]

Für die hydrologische Standortbeschreibung ist die physikalische, chemische und biochemische Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer von Bedeutung, um deren Vorbelastung zu erfassen. Unter der Voraussetzung, dass keine größeren anthropogenen Belastungen vorliegen, lassen sich auch Rückschlüsse auf ihre Herkunft und Genese ziehen.

- Gutachten des NLfB 1995

Aus dem Untersuchungsgebiet liegen Berichte des NLfB (Archivunterlagen), des Niedersächsischen Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, des Niedersächsischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, des Niedersächsischen Landesamtes für Wasser und Abfall und des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie, physikalische, chemische und biochemische Befunde für Fließgewässer, Kanäle sowie für den Salzgittersee vor, aus denen die Vorbelastung hervorgeht.

Diese Analysenergebnisse sind für eine detaillierte Auswertung mit Aussagen über Herkunft und Genese der Wässer oft nicht ausreichend, da nur ein Teil der hierfür notwendigen Ionen bestimmt wurde. Anhand der verfügbaren Daten zur chemischen Zusammensetzung und zu den physikalischen Eigenschaften ergeben sich für die oberirdischen Gewässer der Oker, Aller, Fuhse, Mittellandkanal, Aue und Erse unterschiedliche Belastungswerte.

Die Streubreite der chemischen Daten der oberirdischen Gewässer ist auf die wechselnden geologischen Verhältnisse und anthropogenen Einflüsse zurückzuführen.

- Stellungnahme des NLfB

Das o.g. Kapitel wurde geprüft. Die Betrachtungen des NLfB zu den konventionellen Schadstoffen ergaben, dass aufgrund der zahlreichen Verunreinigungen in den Wässern durch Bergbau, Industrie und Landwirtschaft exakte Aussagen zur Herkunft und Genese der oberirdischen Gewässer auch heute nicht möglich sind. Das Spektrum der chemischen Inhaltsstoffe der oberirdischen Gewässer in diesem Gebiet unterscheidet sich auch nach heutigen Stand nicht grundlegend von den oberflächennahen Grundwässern. Eine Überarbeitung des o.g. Kapitels ist daher nicht erforderlich.

3.1.4. Wasserbewirtschaftung [REDACTED]

- Gutachten des NLfB 1995

Die Wasserbewirtschaftung als wirtschaftliche Nutzung von Fließgewässern, Kanälen und Seen durch Schifffahrt, Landwirtschaft, Fischereiwirtschaft, zur Energiegewinnung, Naherholung und Abwasserbeseitigung, wird vom Antragsteller nur für die nähere Standortumgebung und für Teilaspekte der Wasserbewirtschaftung geliefert. Die Ausführungen im Gutachten des

NLFB 1995 beziehen sich auf das gesamte Modellgebiet und auf vom Antragsteller nicht behandelte Aspekte der Wasserbewirtschaftung.

- Stellungnahme des NLFB

Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, fanden im Bereich des Mittellandkanals und des Zweigkanals Salzgitter keine relevanten Baumaßnahmen statt. Die im Gutachten des NLFB 1995 aufgelisteten Naturschutzgebiete, die mit Gewässern in Beziehung stehen, können ergänzt werden. Eine Karte mit Beschreibung der Naturschutzgebiete kann über den Web-Server der Bezirksregierung Braunschweig (www.bezirksregierung-braunschweig.de) abgerufen werden. Für den Nahbereich der Schachanlage Konrad sind in der EU 495 und EU 496 für den Naturschutz wertvolle Bereiche, Natur- und Landschaftsschutzgebiete, Biotop nach §28a NNatG und regional wertvolle Bereich für den Naturschutz aufgeführt.

3.1.5 Bewertung zur Standortbeschreibung Hydrologie [REDACTED]

Wie im Gutachten des NLFB 1995 beschrieben, stellen die oberirdischen Gewässer in Wechselwirkung mit dem oberflächennahen Grundwassersystem im Hinblick auf ihren Wasser- und Stoffumsatz gegenüber dem Tiefgrundwassersystem ein weitgehend eigenständiges Regime dar. Aufgrund dieser Tatsache und auf der Basis des dem NLFB zur Verfügung stehenden Kenntnisstandes wurden die Angaben des Antragstellers zur Hydrologie als ausreichend bewertet. Die in den Kapiteln 3.1.1 bis 3.1.4 vorgenommenen Beschreibungen und Ergänzungen zum Gutachten des NLFB 1995 ändern an dieser Aussage nichts.

3.2 Standortbeschreibung Hydrogeologie [REDACTED]

Die Kenntnis der Grundwasserbewegung ist Voraussetzung für die Beschreibung des Transports von Radionukliden in der Nachbetriebsphase des geplanten Endlagers. Die Grundwasserbewegung wird durch den hydrogeologischen Bau des Gebirges und seiner hydraulischen Eigenschaften bestimmt. Die Grundwasserbeschaffenheit lässt ebenfalls Rückschlüsse auf die Grundwasserbewegung zu. Die Rückhalteigenschaften des Gebirges beeinflussen dabei die Transportvorgänge für Radionuklide.

3.2.1 Regionaler Überblick [REDACTED]

- Gutachten des NLFB 1995

Die Eingrenzung des für den Standort relevanten Grundwasserfließsystems erfolgt durch großräumige regionale Betrachtungen. Der Antragsteller untersucht zunächst den hydrogeologischen Bau des tiefen Untergrundes in einer relativ großen Region, um dann das für die Porenwasserbewegung maßgebliche Gebiet einzugrenzen (Modellgebiet Konrad). Diese Vorgehensweise hält das NLFB für schlüssig und kommt aufgrund entsprechender Betrachtungen zu dem gleichen Ergebnis.

- Stellungnahme des NLFB

Die regionale hydrogeologische Situation hat sich seit dem Gutachten des NLFB 1995 nicht geändert. Insofern haben o.g. Aussagen aus diesem Gutachten weiterhin Bestand.

3.2.2 Hydrogeologischer Bau

- Gutachten des NLFb 1995

Die räumliche Lage und Verbreitung der im Untersuchungsgebiet vorkommenden hydrogeologischen Einheiten werden aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen zur Stratigraphie, Petrographie, Mineralogie, Geochemie und Tektonik behandelt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen erlauben eine Einschätzung des Standortes aus hydrogeologischer Sicht und werden zum Aufbau von Grundwasserströmungsmodellen verwendet.

Der vom Antragsteller dargestellte hydrogeologische Aufbau des Gebirges wird durch vom NLFb erarbeitete Unterlagen hinsichtlich der großräumigen Situation bestätigt. Die hydrogeologische Bedeutung einzelner Schichthorizonte und Störungszonen wird aufgrund der z.T. unterschiedlichen geologisch-hydrogeologischen Interpretation der allgemeinen Datenbasis sowie der Heranziehung weiterer Erkundungsergebnisse teilweise abweichend eingeschätzt. Inwieweit unterschiedliche Darstellungen des hydrogeologischen Baus die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers beeinflussen können, wird mit Hilfe von Grundwasserströmungsmodellen untersucht.

- Stellungnahme des NLFb

Grundlage für die Darstellung der Lage, Verbreitung und Mächtigkeit der vom NLFb nach verschiedenen hydrogeologischen Kriterien ausgehaltenen hydrogeologischen Einheiten sind die Ergebnisse der geologischen Auswertung zur Lithofazies und zur Lage der stratigraphischen Schichtabfolge. Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, ergeben sich keine verfahrensrelevanten Änderungen im Bereich der Stratigraphie, Petrographie, Mineralogie, Geochemie und Tektonik. Insofern haben die Grenzen der hydrogeologischen Einheiten, deren Lage, Verbreitung und Mächtigkeit in hydrogeologischen Profilen und Tiefenlinienplänen dargestellt sind, weiterhin Bestand. Die hydrogeologische Beschreibung des Oxford-Einlagerungshorizontes im Gutachten des NLFb 1995 wird auch durch jüngste Beobachtungen in der Grube Konrad bestätigt.

3.2.3 Hydraulische Kenndaten

- Gutachten des NLFb 1995

Der Nachweis der Langzeitsicherheit des Endlagers Konrad basiert auf geohydraulischen Modellrechnungen. Die Bestückung eines Grundwasserströmungsmodells erfordert u.a. die Kenntnis von Durchlässigkeitsbeiwerten (k_f -Werten) und effektiven Porositäten für die einzelnen hydrogeologisch relevanten Schichtfolgen. Veränderungen der hydraulischen Eigenschaften des ungestörten Gebirges z.B. durch tektonische Beanspruchung oder durch Tiefbohrungen sind dabei zu berücksichtigen.

Für die Ableitung der hydraulischen Kenndaten standen die Ergebnisse von Gelände- und Laboruntersuchungen zur Verfügung. Zusätzlich wurden in der Literatur veröffentlichte Messdaten aus anderen Regionen mit ähnlichen Gesteinseinheiten in die Auswertung miteinbezogen. Trotz dieser Erweiterung der Datenbasis ist bezogen auf die Größe des Untersuchungsgebietes und die Anzahl der relevanten hydrogeologischen Einheiten der vorhandene Umfang verfügbarer Naturmessungen zur Bestimmung repräsentativer hydraulischer Kennwerte allein nicht ausreichend. Zusätzliche Informationen zur Ableitung von repräsentativen, für große Gebirgsbereiche zutreffenden Durchlässigkeitsbeiwerten und effektiven Porositäten

liefern z.B. die lithofaziellen Gegebenheiten, das tektonische Inventar, die beobachtete Wasserführung von Schichten und die Berücksichtigung diagenetischer Einflüsse.

Den natürlichen Inhomogenitäten innerhalb einer als hydrogeologischen Einheit abgegrenzten Schicht und den daraus resultierenden Unsicherheiten bei der Ableitung von Gebirgskennwerten wird durch die Angabe von Bandbreiten Rechnung getragen. Die Gebirgskennwerte, die innerhalb der eingeengten Bandbreiten, den sog. Vertrauensbereichen liegen, stellen jeweils für die einzelnen hydrogeologischen Einheiten die repräsentativen, letztlich in die Modellrechnungen eingehenden Werte dar.

Von besonderer Bedeutung für die Barrierewirkung des Deckgebirges und der Bewertung der Langzeitsicherheit ist die Dichtigkeit der verfüllten alten Tiefbohrungen im untersuchten Raum. Aus diesem Grunde wurden für das Verfüllmaterial, aber auch für mögliche Auflockerungszonen des Gebirges um die Tiefbohrungen hydraulische Kenndaten ermittelt. Die Ergebnisse von Gelände- und Laboruntersuchungen sowie Literaturdaten standen für die Festlegung von repräsentativen Kennwerten zur Verfügung.

Im Gutachten des NLFb vom Mai 1995 wird in der zusammenfassenden Bewertung festgestellt, dass der Antragsteller die hydraulischen Kenndaten nach dem Stand von Wissenschaft und Technik ermittelt bzw. abgeleitet hat. Die repräsentativen hydraulischen Gebirgskennwerte liegen generell innerhalb der vom NLFb erwarteten Größenbereiche.

- Stellungnahme des NLFb

Die Ableitung repräsentativer hydraulischer Kenndaten erfolgt wie oben erläutert unter Verwendung von Untersuchungsergebnissen aus dem Modellgebiet Konrad und zweckdienlicher Literaturdaten aus anderen Regionen. Zusätzliche über Tiefbohrungen und seismische Untersuchungen vorliegende Informationen zur lithofaziellen Ausbildung der relevanten Schichtkomplexe erlauben eine ausreichend zuverlässige Bestimmung der großräumig wirksamen Gebirgsdurchlässigkeiten und -porositäten.

Nach Wissen des NLFb hat der Antragsteller nach Fertigstellung des Gutachtens des NLFb 1995 weder weitere Gelände- und Laboruntersuchungen noch sonstige Arbeiten am geplanten Endlagerstandort durchgeführt, deren Ergebnisse Auswirkungen auf die bisherige im Gutachten dargelegte Bewertung der hydraulischen Gebirgskennwerte haben könnten.

Für das Quartär liegen Kenndaten in neueren Gutachten und Berichten vor, die die für das Quartär im NLFb Gutachten 1995 angesetzten Kennwerte und Bandbreiten bestätigen. Veröffentlichungen zu hydraulischen Kenndaten aus tieferen hydrogeologischen Einheiten im Modellgebiet Konrad liegen nach der vom NLFb durchgeführten Literaturrecherche aus den vergangenen 5 Jahren nicht vor. Untersuchungsergebnisse u.a. zur Gesteinsdurchlässigkeit von tonigen Sedimenten im benachbarten Braunschweiger Raum hat FALKE (1995) veröffentlicht. Die an Gesteinsproben des Quartär bis Keuper ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte bestätigen die bisherigen Messergebnisse zur Gesteinsdurchlässigkeit gering durchlässiger Locker- bzw. Festgesteine.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass weder im Hinblick auf die Eigenschaften des Gebirges einschließlich möglicher Änderungen in tektonisch beanspruchten Gebieten noch bezogen auf das Verfüllmaterial von Bohrungen und der Auflockerungszone um Bohrungen oder Schächte eine Aktualisierung des im Gutachten 1995 vorliegenden Kapitels erforderlich ist.

3.2.4 Grundwasserbeschaffenheit

Die chemische und physikalische Untersuchung des Grundwassers am Standort gibt Hinweise auf seine geogene Prägung und anthropogene Vorbelastung. Bei geringer anthropogener Vorbelastung sind Aussagen zu seiner Genese und Bewegung möglich.

3.2.4.1 Oberflächennahe Grundwässer

Unter oberflächennahem Grundwasser wird im Norddeutschen Flachland im allgemeinen der Anteil des Grundwassers definiert, der unterhalb des Vorflut - Niveaus bis in einen Tiefenbereich von 200 m bis 300 m hinabreichen kann. Im Untersuchungsgebiet gehören hierzu überwiegend gering mineralisierte Wässer (Abdampfrückstand bis max. 2g/l).

- Gutachten des NLFB 1995

Vom Antragsteller wurde das oberflächennahe Grundwasser untersucht und bewertet. Für die Begutachtung wurden überwiegend chemische Analysendaten aus den Jahren 1982, 1985 und 1986, die aus verschiedenen Grundwassermessstellen des Quartär in der näheren Umgebung der Grube Konrad stammen, herangezogen. Für die Altersbestimmung wurden die Gehalte der Isotope Tritium, Deuterium, Kohlenstoff-14 und Sauerstoff-18 analysiert. Zusätzlich wurden die Konzentrationen der natürlichen Radionuklide (Uran-Thorium-Folgeprodukte) und der künstlichen Radionuklide (Fallout) untersucht.

Die Untersuchungen zeigen, dass aufgrund anthropogener Einflüsse (Mineraldüngung, Schlackenhalde u.a.) eine detaillierte Interpretation der Genese des oberflächennahen Grundwassers wenig sinnvoll ist. Aus dem selben Grund lassen sich die Wirksamkeit der großen Störungen im Untersuchungsgebiet, auf die vom Antragsteller nicht eingegangen wurde, auch nicht nachweisen. Dies gilt insbesondere für den Sauinger und Bleckenstedter Sprung, die im Abstrom von Altablagerungen liegen. An der Immendorfer Störung ist die erhöhte Mineralisation sowohl auf verunreinigte Grundwässer aus der Ortslage Leinde als auch auf alte Depo-nien zurückzuführen. Im Gebiet zwischen Gifhorn und Calberlah treten erhöhte Werte bis zu 3,2g/l Chlorid und 1,1g/l Sulfat auf. Durch die anthropogene Vorbelastung ist nicht eindeutig zu klären, ob die erhöhte Mineralisation auf über die tiefere Unterkreide aufsteigende höher mineralisierte tiefe Grundwässer zurückzuführen ist.

Die durchgeführten Isotopenanalysen lassen nur eingeschränkte Aussagen zur Herkunft und Genese in kleinräumigen Fließsystemen des oberflächennahen Grundwassers zu. Mit Hilfe von Tritium, das aus Fallout von Atombomben stammt, lässt sich älteres, vor 1952 gebildetes, von jüngerem Grundwasser unterscheiden. Dies wird durch Untersuchungen an Kohlenstoffisotopen bestätigt.

- Stellungnahme des NLFB

Das o.g. Kapitel wurde geprüft. Die vorgelegten Unterlagen zeigen, dass die oberflächennahen Wässer stark anthropogen belastet sind. Zusätzliche Untersuchungen und neue Auswertungen führen daher nicht zu einer besseren Beschreibung der Grundwasserbeschaffenheit. Eine Überarbeitung des Gutachtens des NLFB 1995 ist daher nicht erforderlich.

3.2.4.2 Tiefe Grundwässer

Unter dem oberflächennahen, gering mineralisierten Grundwasser (vgl. Kap. 3.2.4.1) treten die höher mineralisierten tiefen Grundwässer (Abdampfdruckstand über 2 g/l) auf. Höher mineralisierte tiefe Grundwässer sind bereits ab einer Teufe von ca. 130m (Schacht Konrad 2) bzw. ab 170m (Bohrung Konrad 101) anzutreffen.

- Gutachten des NLfB 1995

Vom Antragsteller wurde die Zusammensetzung und Genese der Tiefenwässer untersucht und bewertet. Hierzu wurden Proben aus den Tiefenwässern des Nahbereiches der Schachanlage und dem Grubengebäude herangezogen. In die Bewertung wurden außerdem Archivdaten des NLfB und Analysendaten von Erdölwässern aus dem norddeutschen Raum aufgenommen. Zur Herkunft und Altersdatierung wurden folgende Isotope untersucht: Kohlenstoff-14, Tritium, Deuterium, Sauerstoff-18, Schwefel-34 und Helium.

Aus der chemischen Zusammensetzung der Tiefenwässer kann geschlossen werden, dass die gesättigten Lösungen mit großer Wahrscheinlichkeit aus evaporitischen Restlösungen stammen. Die teilgesättigten NaCl - Lösungen können sowohl aus marinen Wässern als auch aus Ablaugungswässern entstanden sein.

Der Antragsteller nimmt Diffusion als dominierenden Transportmechanismus für die Inhaltsstoffe der Grundwässer in größerer Tiefe an. Nach Auffassung des NLfB kann eine lineare Zunahme der Salinität und damit Diffusionsvorgänge nicht als für das ganze System belegter Transportmechanismus gewertet werden. Es besteht jedoch Übereinstimmung darin, dass alle Vorgänge aufgrund der hydro- und isotonenchemischen Verhältnisse im Grubenbereich in sehr langen Zeiträumen ablaufen.

Auch besteht zwischen Antragsteller und NLfB Übereinstimmung über die Ergebnisse der Edelgasisotopenmessungen, die ergaben, dass das Alter der Tiefenwässer wahrscheinlich im Bereich von einigen Millionen Jahren liegt. Tritium - Gehalte konnten in den Tiefenwässern nicht nachgewiesen werden. Die Schwefel-34 - und Kohlenstoff-14 - Gehalte lassen aufgrund bakterieller Einflüsse keine eindeutige Aussage über das Alter der Wässer zu.

- Stellungnahme des NLfB

Das o.g. Kapitel wurde geprüft. Neue Analysen aus der Grube Konrad liegen dem NLfB nicht vor. Die Aussagen und Untersuchungsmethoden von 1995 entsprechen dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik. Eine Überarbeitung und Bewertung des Kapitels ist nicht erforderlich.

3.2.5 Sorption

Aus den Abfallgebänden freigesetzte Nuklide werden von den Tiefenwässern mitgeführt. Sie können an den Oberflächen von Feststoffpartikeln angelagert (Sorption) bzw. wieder freigesetzt (Desorption) werden. Um das Sorptionsverhalten von Radionukliden in den natürlichen Systemen aus Gesteinen und den zugehörigen Formationswässern zu bestimmen, sind elementspezifische Untersuchungen notwendig. Das Sorptionsverhalten wird durch den Verteilungskoeffizienten (KD [ml/g]) beschrieben.

- Gutachten des NLfB 1995

Vom Antragsteller wurde das Sorptionsvermögen von elementspezifischen Radionukliden in den natürlichen Systemen aus Gesteinen und den zugehörigen Formationswässern bestimmt. Hierbei zeigte sich, dass die ermittelten Sorptionskoeffizienten, die überwiegend mit Hilfe von Batchversuchen bestimmt wurden, im wesentlichen von der Nuklidart (chemische Verbindung, Oxidationsstufe), vom spezifischen Gestein, der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers, von den künstlichen und natürlichen Komplexbildner sowie von dem Volumen/Masse – Verhältnis abhängig sind. Unter Berücksichtigung dieser Einflussgrößen wurden aus den vorliegenden standortspezifischen Daten vom Antragsteller und vom NLfB konservative Modelleingabedatensätze ermittelt.

- Stellungnahme des NLfB

In einer Stellungnahme des NLfB von 1997 (Az.: N 4.06 – 2436/97 vom 24.11.1997) sind die KD-Werte für Zinn geändert worden. Die Überprüfung hatte ergeben, dass trotz einer geringen Datenmenge grundsätzlich eine Sorption für Zinn zu unterstellen ist. Für die hydrogeologischen Einheiten Plänerkalke bis Flammenmergel wurde der KD-Wert von 0,9 ml/g beibehalten, für alle übrigen hydrogeologischen Einheiten, für die im Gutachten des NLfB 1995 ein KD-Wert von 0 ml/g angegeben worden war, wurden diese Werte in 0,6 ml/g geändert.

Die Überprüfung der zwischen 1995 und 2000 erschienenen Literatur ergab, dass neue standortspezifische Daten nicht vorliegen. Auf dem Gebiet der Sorption wurden jedoch zahlreiche F & E- Arbeiten durchgeführt (GUILLAUMONT, KIM & LIESER (Eds.) 1996; FANGHÄNEL (Ed.) 1997). Schwerpunktmäßig wurden die Elemente Uran und die Aktiniden sowie Strontium, Cäsium, Selen und Technetium untersucht. Im Vordergrund stand die Behandlung der Sorption auf thermodynamischer Datenbasis, um Vorgänge bei der Sorption besser erklären zu können. Ergebnisse aus Untersuchungen der Palfris-Mergel am Wellenberg in der Schweiz (BRADBURY & BAEYENS 1997 a, b) zeigen Größenordnungen und Tendenzen, die den Untersuchungsergebnissen aus der Grube Konrad ähneln. Die festgestellten Daten können zu einem Vergleich nicht ohne weiteres herangezogen werden, da ihre Bestimmung an Ton/Mergelgesteinen erfolgten, deren Zusammensetzung nicht mit den Gesteinen in der Grube Konrad vergleichbar ist. Außerdem wurden viele neue Sorptionsuntersuchungen an kristallinen und anderen Gesteinen durchgeführt (HOEHN et al. 1997; FANGHÄNEL (Ed.) 1998), deren Ergebnisse jedoch nicht auf die Gesteine der Grube Konrad übertragbar sind.

Durchaus übertragbar sind dagegen neuere Befunde, wonach unter hochsalinen Grundwasserbedingungen, wie sie in den Einlagerungsschichten des geplanten Endlagers nachgewiesen wurden, weiterhin nicht mit stabilen anorganischen Kolloiden gerechnet werden muss (TÜV 2000; GRS 2000).

Das NLfB hält daher an den Aussagen zur Sorption im NLfB-Gutachten 1995 fest. Die Überprüfung des Kapitels nach Stand von Wissenschaft und Technik ergab keine Erkenntnisse, die eine veränderte Bewertung erfordern.

3.2.6 Grundwasserbewegung XXXXXXXXXX

- Gutachten des NLfB 1995

Die Grundwasserbewegung erfolgt über Poren und Klüfte im Gestein. Die Angaben des Antragstellers zur Bewegung des oberflächennahen und tiefen Grundwassers werden vom NLfB

als ausreichend angesehen. Weitergehende Auswertungen der Daten durch das NLfB zum Fließgeschehen im oberflächennahen Grundwasser fanden Eingang in Grundwasserhöhen-gleichenpläne, die für die Modellrechnungen der Gutachter der Genehmigungsbehörde verwendet wurden. Ein von Diffusion bestimmter Transportmechanismus für Tiefenwässer lässt sich nach Ansicht des NLfB nicht ausreichend belegen.

- Stellungnahme des NLfB

Eine Auswertung neuerer Archivunterlagen des NLfB bestätigt den Strömungsverlauf im oberflächennahen Grundwasser, die Fließrichtungen sind – sofern nicht anthropogen durch Grundwasserförderung und Wasserhaltungsmaßnahmen beeinflusst – auf die Vorfluter eingestellt, die in nördliche Richtungen entwässern. Randbedingungen für die Grundwasserströmungsmodelle ändern sich somit nicht. Die Flutung des Grubengebäudes der Untertagedepo-nie Thiederhall, die das Grundwasserregime lokal beeinflusst, wird im Jahr 2004 abgeschlossen sein (BORCHARDT et al. 1997).

Zur Bewegung des Tiefengrundwassers im Modellgebiet Konrad liegen keine neuen Erkennt-nisse vor. Der Ansatz im NLfB-Gutachten 1995, demzufolge der Nachweis der Langzeitsi-cherheit des geplanten Endlagers über Modellrechnungen erfolgt, die einen advektiven Grundwasserstrom unterstellen, hat demnach Bestand. Es wird weiterhin von der Modellvor-stellung eines generell nach Norden gerichteten Grundwasserabstromes in den tiefen Grund-wasserleitern vom Einstromgebiet im Salzgitter-Höhenzug ausgegangen (s. Kap. 3.4).

3.2.7 Grundwassernutzung XXXXXXXXXX

- Gutachten des NLfB 1995

Das oberflächennahe Grundwasser im Modellgebiet Konrad wird zur öffentlichen Wasserver-sorgung, für Wasserhaltungsmaßnahmen, zur Energiegewinnung und zur Nutzung durch In-dustrie, Gewerbe und Landwirtschaft gefördert. Eine Nutzung des mineralisierten Tiefen-grundwassers erfolgt z.Z. nicht. Der Antragsteller hat die wesentlichen Grundwasserfassungs-anlagen und –schutzgebiete in der näheren Standortumgebung erfasst, die Angaben werden vom NLfB als ausreichend für das Vorhaben bewertet.

- Stellungnahme des NLfB

Wie schon im Gutachten des NLfB 1995 beschrieben, sind die bewilligten Jahresmengen der Grundwasserförderung im Wasserbuch der Bezirksregierung (früher StAWA) Braunschweig erfasst. Da die Auszüge aus dem Wasserbuch jeweils nur ein zeitlich begrenztes Bild der Grundwasserförderung im Modellgebiet Konrad darstellen, wird hier nur auf die nach Ansicht des NLfB wichtigen Veränderungen der Grundwasserförderung seit Mai 1995 eingegangen:

Das Wasserwerk Woltorf, dessen Wasserschutzgebiet das Modellgebiet Konrad berührt, ist seit 1992 stillgelegt.

Das Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Wedelheine südöstlich von Gifhorn wurde in 2001 festgesetzt.

Das Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Wehnsen im Ersetal westlich des Modellgebietes ist seit 1998 festgesetzt.

Östlich des Zweigkanals Salzgitter zwischen Beddingen, Sauingen und Steterburg befindet sich ein Industriebetrieb mit einer bewilligten Jahresfördermenge von 613 000 m³, das Einzugsgebiet der Förderanlage reicht nach den beim NLfB vorliegenden Erkenntnissen nicht in den Bereich der Schachanlage Konrad.

Die Angaben des Antragstellers zur Grundwassernutzung werden vom NLfB weiterhin als ausreichend für das Vorhaben bewertet.

3.3 Hydrogeologische Langzeitprognose [REDACTED]

- Gutachten des NLfB 1995

Im Kapitel Hydrogeologische Langzeitprognose wird die Veränderung der geologischen (vgl. Kap. 2.3) und damit auch der hydrogeologischen Gegebenheiten über die Zeit behandelt. Verschiedene Faktoren und deren mögliche Auswirkungen werden im Einzelnen diskutiert und alle wesentlichen hydrogeologische Veränderungen prognostiziert.

Im Gutachten 1995 hat das NLfB zu den Aussagen des Antragstellers ausführlich Stellung genommen. Den vom Antragsteller aufgeführten Veränderungen und Auswirkungen durch Klimawechsel konnte problemlos zugestimmt werden, da auch aus Sicht des NLfB keine Gefährdung für das Endlager zu erwarten ist. Weder die Entstehung von Erosionsrinnen durch erhöhte Niederschläge oder Schmelzwassererosion, noch Schwankungen des Meeresspiegels würden zu tief in die geologische Barriere hinab reichenden Änderungen der hydrogeologischen Verhältnisse führen.

Von Antragsteller nicht explizit erläuterte Ereignisse, die zu Veränderungen der hydrogeologischen Situation führen könnten, wie Hebungen und Senkungen durch Epirogenese, eine Umkehr der Fließrichtung durch den Einfluss des Permafrostbodens, Vulkanausbrüche, Magmenintrusionen und Tiefenbrüche wurden vom NLfB aus der Vielzahl der denkbaren Ereignisse und Prozesse zusätzlich betrachtet. Auch auf Grund dieser zusätzlichen potentiell möglichen Ereignisse konnten keine relevanten Auswirkungen auf das hydrogeologische Geschehen prognostiziert werden.

Als Ergebnis der Prüfung und Plausibilitätsbetrachtungen wurde festgestellt, dass die Auswirkungen derartiger Veränderungen in den zu betrachtenden Zeiträumen zu vernachlässigen sind und der hydrogeologische Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes auch in die Modellrechnungen zum Nachweis der Langzeitsicherheit eingehen kann.

- Stellungnahme des NLfB

In den Jahren 1995-2000 sind keine neuen hydrogeologischen Standortdaten vorgelegt worden, so dass der Kenntnisstand aus dieser Sicht unverändert bleibt.

Neuere hydrogeologisch orientierte Veröffentlichungen, die speziell das Modellgebiet Konrad betreffen sind dem NLfB nicht bekannt. Die Literaturrecherche erbrachte lediglich zahlreiche Zitate, die nur allgemeine Aussagen zur Langzeitsicherheitsanalyse betreffen (z. B. GRUPPE ÖKOLOGIE 1998) und einige Veröffentlichungen, die Fragestellungen der hydrogeologischen Langzeitprognose berühren.

Zum Thema Klimawechsel und Permafrost berichten CLARK et al. (2000) von Grundwasserneubildung durch Schmelzwasser während der Überführung durch die Gletscher der letzten Vereisung in Kanada und eine Konservierung der Schmelzwässer im Untergrund bis in die

Gegenwart. Nach Modellrechnungen gehen CLARK et al. (2000) davon aus, dass das Schmelzwasser bis in über 500 m Tiefe vordringen kann. Diese Tiefe erreicht das Schmelzwasser aber nur unter dem Gletscher selbst, da nur dort ausreichend hohe hydrostatische Drücke herrschen.

Für die Langzeitprognose ist dieser Fall zumindest für die nächsten 165 000 Jahre nicht von Interesse, da für das Untersuchungsgebiet keine massive Eisbedeckung prognostiziert wird (s. Kap. 2.3.1).

Da es am Standort Konrad auch in der Vergangenheit, zu Zeiten mit Eisbedeckung (Elster- und Saalevereisung) nicht zu einer tiefreichenden Ausfüllung des Grundwassers gekommen ist, liegt der Schluss nahe, dass entweder durch die Eisüberdeckung keine ausreichend hohen hydrostatischen Drücke vorgelegen haben oder keine entsprechenden Gebirgsdurchlässigkeiten vorhanden sind, die ein derartig tiefes Vordringen der Schmelzwässer erlauben, wie es CLARK et al. (2000) beschreiben. Auch bei zufünftigen Vereisungen ist für den Standort Konrad demnach von günstigen Voraussetzungen für das geplante Endlager auszugehen. Aus der Tatsache, dass die Schmelzwässer im kristallinen Untergrund des Kanadischen Schilds nach CLARK et al. (2000) ein hochsalines Grundwasser verdrängt haben und das Schmelzwasser der letzten Vereisung über sehr lange Zeiträume konserviert wurde, ist eine nur sehr geringe Fließbewegung des Grundwassers in größerer Tiefe ableitbar. Dieser Sachverhalt ist zwar nicht direkt auf den Standort Konrad übertragbar, aber ein Analogieschluss auf eine ebenfalls sehr langsame Bewegung des Grundwassers im tieferen Untergrund des Untersuchungsgebietes ist möglich, da auch im Endlagerbereich Konrad keine Grundwasserleiter vorhanden sind, die größere Fließgeschwindigkeiten zulassen.

Die Aussagen im Gutachten des NLfB zu anderen durch Permafrost verursachten Phänomenen, wie Änderungen der hydraulischen Wegsamkeiten und damit verbundenen geänderten Fließwegen oder Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers haben weiterhin Bestand. Mögliche Auswirkungen bleiben lokal und auf den oberen Teil des Deckgebirges beschränkt und haben keinen Einfluss auf das Endlager.

Auch die Betrachtungen des NLfB zu einer möglichen Richtungsumkehr des gesamten Grundwasserregimes während einer Eiszeit, mit dem Ergebnis, dass eine derartige Umkehr nicht wirksam werden kann, bleibt bestehen.

Hebungen und Senkungen durch Epirogenese (s. Kap. 2.3.2.2) sind auch nach neuestem Stand für die hydrogeologische Langzeitprognose von sehr untergeordneter Bedeutung, da nur unwesentliche Änderungen für die Vorflutverhältnisse zu erwarten sind.

Im Rahmen der hydrogeologischen Langzeitprognose sind auch vulkanische Aktivitäten, Magmenintrusionen (s. Kap. 2.3.4) und Tiefenbrüche weiterhin nicht zu berücksichtigen.

Das Ergebnis der neuerlichen Bewertung durch das NLfB zur hydrogeologischen Langzeitprognose nach dem der hydrogeologische Ist-Zustand in die Modellrechnungen zum Nachweis der Langzeitsicherheit eingehen kann, bleibt unverändert. Eine abweichende Neubewertung ist nicht erforderlich, da die Aussagen des NLfB von 1995 auch heute noch den Stand von Wissenschaft und Technik darstellen.

3.4 Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung

- Gutachten des NLFb 1995

Wie bereits im Gutachten des NLFb 1995 dargestellt, hat der Antragsteller für die Beschreibung der Grundwasserströmung und zur Identifizierung der potentiellen Ausbreitungswege in der Geosphäre Strömungsmodelle eingesetzt. Im Einzelnen handelt es sich um das so genannte Schichtenmodell und um das so genannte Störzonenmodell.

Für diese Modellierungen werden Eingabedaten in Form von Randbedingungen, Systemeigenschaften und Daten zur Geometrie erforderlich. Eine entsprechende Beschreibung hierzu ist im Gutachten des NLFb 1995 gegeben.

Weitere prinzipielle Modellvoraussetzungen, wie die Behandlung des Untersuchungsraumes als poröses Medium und die Nichtberücksichtigung von Dichteunterschieden wurden ebenfalls im Gutachten des NLFb 1995 dargestellt und bewertet.

- Stellungnahme des NLFb

Zum derzeitigen Zeitpunkt ist im Hinblick auf die Modelluntersuchungen zur Bewegung des Grundwassers und der Bewertung des NLFb von 1995 festzustellen, dass es keine Gründe gibt, von der damaligen Bewertung abzuweichen:

Die damaligen Modellansätze und durchgeführten Modelluntersuchungen der Gutachter der Genehmigungsbehörde basieren nach wie vor auf dem Stand von Wissenschaft und Technik. Die den damaligen Modellbetrachtungen zugrunde gelegten Rand- und Anfangsbedingungen sowie die Geometrie des Systems und die dazugehörigen Systemeigenschaften haben sich nicht geändert. Weitergehende Überlegungen, wie z.B. die modellhafte Berücksichtigung dichteabhängiger Strömungsprobleme, bleiben weiterhin Gegenstand von nationalen und internationalen Forschungsaktivitäten und sind derzeit noch als Arbeiten von Forschung und Entwicklung (F&E) anzusehen. Es ist zwar in diesem Forschungsbereich durch die Entwicklung des neuen Programmcodes d^3f (FEIN & SCHNEIDER 1999) ein erheblicher Wissenszuwachs erzielt worden, der Einsatz solcher Modelle für Wissenschaft und Technik ist aber immer noch nicht so ausgereift, dass sie in atomrechtlichen Verfahren als verifizierte und validierte Rechencodes uneingeschränkt Verwendung finden können (KINZELBACH et al. 1998).

Der Einsatz von sogen. Kluft-Modellen, wie von KÖNIG (1999) an zahlreichen Beispielen erläutert, ist nicht angezeigt. Das Kluftsystem der Einlagerungsschichten ist nachweislich nicht durchgehend ausgebildet. Die Betrachtung als poröses Medium liefert daher ein konservatives Ergebnis.

Die von den Gutachtern des Antragstellers und den Gutachtern der Genehmigungsbehörde gewählte Vorgehensweise einer „konservativen“ Strömungsmodellierung mit Wasser konstanter Dichte entspricht weiterhin dem Stand von Wissenschaft und Technik. Es ist davon auszugehen, dass sich bei einem Modellansatz unter der Berücksichtigung der Dichte erheblich längere Verweilzeiten im Untergrund ergeben. In Kap. 3.2.4.2 (Tiefe Grundwässer) ist dies aus geochemischer Sicht erläutert.

3.5 Hydrogeologische Bewertung

Aufbauend auf den Kenntnissen und Ergebnissen zur Hydrologie und Hydrogeologie wird eine hydrogeologische Bewertung des Wirtsgesteins, der Barrierschichten und der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers gegeben.

3.5.1 Wirtsgestein und Gebirgsbarrieren

- Gutachten des NLfB 1995

Im Gutachten des NLfB 1995 kommt das NLfB zu der Auffassung, dass ein unbeherrschbarer Wassereinbruch in die Grube während der vorgesehenen Betriebszeit des Endlagers nicht zu erwarten ist. In Teilbereichen des Grubengebäudes ist bei der weiteren Auffahrung mit einer gewissen Wasserführung auf Klüften zu rechnen. Die Schadstoffausbreitung in der Nachbetriebsphase des Endlagers wird durch die Barrierschichten wirksam behindert.

- Stellungnahme des NLfB

Die Bewertung des Wirtsgesteins und der Barrierschichten erfolgt aufbauend auf den Ergebnissen der hydrogeologischen Standortbeschreibung. Die Bewertungen des NLfB zum Grundwasserfließsystem, zum hydrogeologischen Bau, zum Wirtsgestein, zu den Barrierschichten, zur Dichtigkeit alter Tiefbohrungen und der zu verfüllenden Schächte, zu den hydraulischen Kenndaten des Gebirges, zur Grundwasserbeschaffenheit, zur Bewegung des Grundwassers und zur Wasserführung in der Grube haben sich seit dem Gutachten des NLfB vom Mai 1995 nicht geändert. Das NLfB ist deshalb nach wie vor der Auffassung, dass ein unbeherrschbarer Wassereinbruch in die Grube während der vorgesehenen Betriebszeit des Endlagers nicht zu erwarten ist, in Teilbereichen des Grubengebäudes ist jedoch mit einer gewissen Wasserführung auf Klüften zu rechnen. Die Schadstoffausbreitung in der Nachbetriebsphase des Endlagers wird durch die Barrierschichten wirksam behindert.

3.5.2 Langzeitsicherheit

- Gutachten des NLfB 1995

Der Antragsteller legt in seinen Planunterlagen und in der EU 210 dar, dass Verweilzeiten des Grundwassers unter der Vernachlässigung unterschiedlicher Wasserdichten in der Größenordnung von $3 \cdot 10^5$ Jahren zu erwarten sind. Die kürzeste Verweildauer wird im Rechenfall R 12 mit $2,7 \cdot 10^5$ Jahren genannt. In der EU 338 legt der Antragsteller dar, dass unter Berücksichtigung der zur Tiefe hin zunehmenden Dichte bis zur Sättigung Verweilzeiten aus dem Grubengebäude zur Biosphäre erheblich länger sein müssen. Diesen Überlegungen schloss sich das NLfB an.

- Stellungnahme des NLfB

Der 1995 bezüglich der Verweilzeiten des Grundwassers dargelegte Sachverhalt wird durch die neueren Arbeiten zur Entwicklung eines schnellen Grundwasserprogramms gestützt, wie es in SCHELKES (1999) für Testrechnungen hergeleitet worden ist.

Nach dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik ist zwar eine Modellierung von Grundwasserströmungen unter Berücksichtigung variabler Dichten möglich, die vorliegenden Programme bedürfen aber noch der weiteren Validierung und Verifizierung, bevor sie zur

Berechnung der hier gegebenen komplexen Grundwasserleitersysteme eingesetzt werden können. Erst dann wird sich die erwartete, erheblich längere Verweilzeit quantifizieren lassen.

Vor diesem Hintergrund ist aus der Sicht des NLFb zusammenfassend festzustellen, dass die 1995 abgegebene Bewertung weiterhin dem Stand von Wissenschaft und Technik entspricht.

4. Geowissenschaftliche Gesamtbewertung

Das BfS als Antragsteller im Planfeststellungsverfahren Konrad hat nach Ende Dezember 1999 keine zusätzlichen Unterlagen vorgelegt, um die bis zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Antrags- und Genehmigungsunterlagen zu aktualisieren oder zu ergänzen.

Im Oktober 2000 hat das BfS dem NLFb ein 1996 angefertigtes, jedoch nicht in das Planfeststellungsverfahren eingebrachtes Gutachten zur seismologischen Gefährdung der Standortregion zugänglich gemacht.

Die zur geowissenschaftlichen Bewertung des Planfeststellungsantrages notwendigen Grundlagen wurden hinsichtlich ihrer Vollständigkeit überprüft und an den aktuellen Kenntnisstand angepasst.

Es liegen keine neuen Erkenntnisse vor, die zu relevanten Ergänzungen im NLFb- Gutachten 1995 beitragen. Die in das ergänzende Gutachten aufgenommenen Hinweise bewirken in keinem Fall Veränderungen der darin enthaltenen fachlichen Aussagen und führen insbesondere nicht zu einer abweichenden Einschätzungen der Wirksamkeit der natürlichen Barrieren. Die aktuelle Bewertung kommt zu dem Ergebnis, dass die natürlichen geologischen Gegebenheiten für die Einrichtung des geplanten Endlagers unverändert als günstig zu beurteilen sind.

Das im Zuge der Überprüfung und Aktualisierung seines Gutachtens 1995 vom NLFb in Auftrag gegebene Teilgutachten zur Seismologie gelangt zu dem Schluss, dass der Antragsteller im Planfeststellungsverfahren aus heutiger Sicht konservative Annahmen getroffen hat und bestätigt mit der modernen Darstellung inhaltlich die Einschätzung des NLFb von 1995, derzufolge eine Gefährdung des Endlagerprojektes durch seismologische Lastfälle nicht gegeben ist.

Die Aktualisierung der Beschreibung der hydrologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet Konrad konnte sich auf Ergänzungen der Angaben über die gegenwärtige Nutzung beschränken. Eine Hochwassergefährdung der Schachanlage während der Betriebsphase ist weiterhin nicht erkennbar.

Es wurde festgestellt, dass die Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse unverändert gültig ist.

Der vom NLFb zu bewertende hydrogeologisch relevante Anteil der Modellrechnungen (Modelleingabedaten) bedarf keiner Veränderungen. Die Vorgehensweise, den Modellrechnungen zum advektiven Grundwassertransport konstante Süßwasserdichten zugrunde zulegen, entspricht immer noch dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Die geologische und hydrogeologische Langzeitprognose ergaben keine Hinweise auf zukünftige geologische Prozesse und Ereignisse, die innerhalb des zu betrachtenden Zeitraumes von

einigen 10^5 Jahren zu einer signifikanten Schwächung der natürlichen geologischen Barrieren des geplanten Endlagers führen könnten.

Der Nachweis der Eignung der Schachanlage Konrad als Endlager für schwach radioaktive, gering wärmeentwickelnde Abfälle ist nach Feststellung im Gutachten des NLFb 1995 aus geowissenschaftlicher Sicht durch den Nachweis der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers erbracht worden. Die Überprüfung dieses Gutachtens unter Berücksichtigung des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik ergab keine Hinweise auf notwendige Veränderungen. Im Ergebnis seiner vorliegenden Prüfung und Aktualisierung hält das NLFb an seinen bewertenden Aussagen im Gutachten 1995 ohne Einschränkungen fest.

Eine sicherheitsrelevante Ausbreitung von Radionukliden aus dem Endlagerbereich ist nur mittels advektiven Transportes im Tiefengrundwasser über lange geologische Zeiträume plausibel, wobei orientierende Rechnungen mit Süßwassermodellen Laufzeiten von 3×10^5 Jahren ergeben haben. Bei Berücksichtigung der tatsächlich herrschenden, diffusionsgesteuerten und durch hohe Salinitäten des Tiefengrundwassers geprägten natürlichen Prozesse sind grundsätzlich noch wesentlich höhere Laufzeiten zu erwarten.

Unterschriftenblatt:

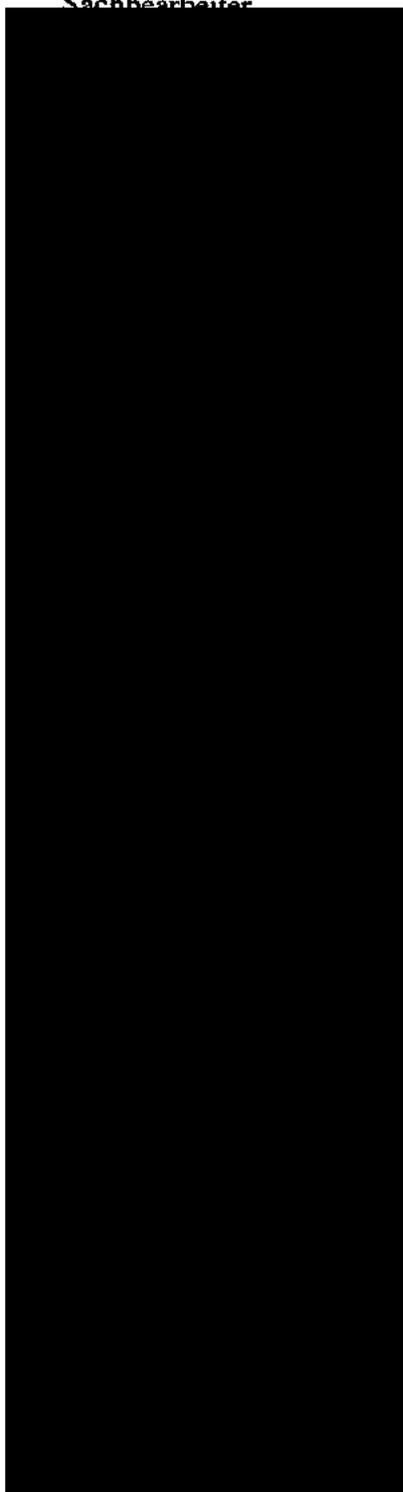
Ergänzendes Gutachten zum Geowissenschaftlichen Gutachten zu den Antragsunterlagen für ein „Endlager für radioaktive Abfälle in der Schachanlage Konrad/Salzgitter“ vom Mai 1995.- NLfB-Tgb.-Nr.: 1662/00, Datum: Februar 2002

**NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT
FÜR BODENFORSCHUNG**

Im Auftrag:



Sachbearbeiter



5. Schriften und Unterlagen

5.1 Literatur

- AHRENDT, H. (1995): Lithostratigraphie, Biostratigraphie und radiometrische Datierung des Unter-Eozäns von Helmstedt (SE-Niedersachsen).- Z. dt. geol. Ges. 146: 450-457; Hannover.
- BARTENSTEIN, H. (1998): *Lenticulina* (*Lenticulina*) *malzi* n. sp. und *hambuehrenensis* n. sp., zwei Leitforaminiferen im Aalenium NW-Deutschlands.- *Senckenbergiana lethaea*, 78,1/2: 91-101; Frankfurt.
- BARTHOLOMÄUS, A. & LOOK, E.-R. (1996): Gerölle an der Basis des marinen Mittel-Eozäns von Helmstedt – mit einem Beitrag zur Geröllführung des marinen Alttertiärs in Norddeutschland.- *Ber. Naturhist. Ges. Hannover* 138: 163-183; Hannover.
- BAUER, A., SCHÄFER, T., DOHRMANN, R., HOFMANN, H., & KIM, J. (2000): Smectite stability in slightly acid salt solutions and the fate of Eu, Th and U in solution. – *Proc. Dis Tec* 2000: 612 – 613, 1 Abb.; Berlin.
- BIRTHLER, H., FEIN, E. & SCHNEIDER, A. (2000): Validierung von Einzeleffekten in Grundwassermodellen.- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS – 150, Köln.
- BEUTLER, G. (1998 a): Intraplate tectonics in the Late Triassic of Central Europe.- *Epicontinental Triassic Intern. Symp. Halle/S.* 1998, Abstracts: 13-14; Halle.
- BEUTLER, G. (1998 b): The Keuper of Germany: An Overview.- *Epicontinental Triassic Intern. Symp. Halle/S.*, Abstracts: 15-16; Halle.
- BOREAL CRETACEOUS CYCLES PROJECT-GROUP (1994): The Upper Albian of northern Germany.- *Zentralbl. Geol. Paläont. Teil 1*, 1993 7/8: 809-822; Stuttgart.
- BOULTON, G.; BAJOS, C.; DEL OLMO, C., LEIJNSE, A., LOUTRE, M.-F.; MARLIN, C.; RECREO, R.; VAN GILJSEL, K. (1997): Implications Of Climate Change For Geological Disposal Of Radioactive Waste. –European Commission . Fourth European Conference On Management Of Radioactive Waste Management and Disposal Of Radioactive Waste. Ed. McMenamin. Directorate-General for Science, Research and Development, Directorate R&TD: Energy, Unit 'Fuel cycle and radioactive waste'. Brussels, Belgium.
- BRADBURY, M. & BAEYENS, B. (1997 a): Far-field sorption data bases for performance assessment of a L/ILW repository in an undisturbed Palfris marl host rock. – PSI – Ber. 97-15; 137 S., 14 Abb.; Würenlingen/Schweiz.
- BRADBURY, M. & BAEYENS, B. (1997 b): Far-Field Sorption Data Bases for Performance Assessment of a L/ILW Repository in a disturbed Palfris Marl Host Rock, PSI Bericht Nr. 97 – 15 , 88 S.; Würenlingen und Villigen/Schweiz.
- BRÜCKNER-RÖHLING, S. & RÖHLING, H.-G. (1998): Palaeotectonics in the Lower and Middle Triassic (Buntsandstein, Muschelkalk) of the North German Basin.- *Epicontinental Triassic Internat. Symp. Halle/S.*, Abstracts, 1998: 27-28; Halle.
- BRÜCKNER-RÖHLING, S. (1998): Chemocyclicity in the Middle Muschelkalk of the North German Basin.- *Epicontinental Triassic Intern. Symp. Halle/S.* 1998, Abstracts: 25-26; Halle.
- BRÜCKNER-RÖHLING, S. (1999): Chemocyclicity in the Middle Muschelkalk of Northern Germany.- *Zentralbl. f. Geol. u. Paläont. Teil 2*, 1998 9/10: 941-951; Stuttgart.

- BUNDESMINISTER DES INNERN (1983): Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. – Banz 35, 2: 45-46; Bonn.
- CLARK, I. D., DOUGLAS, M., RAVEN, K. & BOTTOMLEY, D. (2000): Recharge and Preservation of Laurentide Glacial Melt Water in the Canadian Shield.- *Ground Water* 38,5: 735-742; Westerville OH, USA.
- CROISE, J., ENACHESCU, B. & FRIEG, B. (2000): In situ hydraulic characterization of a consolidated clay formation. – *Proc. Dis Tec 2000*: 94 – 99, 3 Abb.; Berlin.
- DILL, H. G. (1997): An integrated environment analysis – lithofacies, chemofacies, biofacies – of the Oligocene calcareous-siliciclastic shelf deposits in northern Germany.- *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 131: 145-174; Amsterdam.
- ERNST, G. & REHFELD, U. (1997): The transgressive development in the Lower and Middle Cenomanian of the Salzgitter area (N-Germany) recorded by sea level-controlled eco- and litho-events.- *Freiberger Forschungshefte* .- *Freiberger Forschungsheft C* 468: 79-107; Freiberg.
- ESCALIER DES ORRES, P. ; MARIVOET, J.; MARTENS, K.H., PRIJ, J. and CADELLI, N. (1997): Sensitivity Analysis In Performance Assesment Of Geologic Systems: The Everest Project. - European Commission . Fourth European Conference On Management Of Radioaktive Waste Management and Disposal Of Radioaktive Waste. Ed. McMenamin. Directorate-General for Science, Research and Development, Directorate R&TD: Energy, Unit 'Fuel cycle and radioactive waste'. Brussels, Belgium.
- FALKE, M. (1995): Geowissenschaftliche Untersuchungen zur Eignung von tonigen Sedimenten und Sedimentgesteinen als Deponieuntergrund im Braunschweiger Raum. – *Geol. Jb. C* 64, 151 S., 31 Abb., 13 Tab.; Hannover.
- FANGHÄNEL, T. (Ed.) (1998): MIGRATION '97, Sixth International Conference on the Chemistry and Migration Behavior of the Actinides and Fission Products in the Geosphere in Sendai (Japan), 26-31 October, *Journal of Contaminant Hydrology* , Vol. 35, Nos. 1 – 3, 342 S.; Amsterdam – Lausanne – New York – Oxford – Shannon –Tokyo .
- FENNER, J. (1996): Palaeontological results from the boreal Albian (Cores Kirchrode I and II), biostratigraphy, paleoenvironment and cycle analysis.- *Götting. Arb. z. Geol. u. Paläont. Sb* 3, DFG-Schwerpunkt: Globale u. Regionale Steuerungsfaktoren biogener Sedimentation, II. Kreide-Sedimentation: 5-12; Göttingen.
- FEIN, E., SCHNEIDER, A. (1999): d3f – Ein Programmpaket zur Modellierung von Dichteströmungen, Abschlußbericht.- Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS – 139, 245 S., 85 Abb., 8 Tab.; Köln.
- FORSSTRÖM, L. (1999): Future glaciation in Fennoscandia. – *Posiva* 99-30, Posiva Oy; Helsinki (Finnland).
- FRISCH, U. & KOCKEL, F. (1999): Quantification of Early Cimmerian movements in NW-Germany.- *Zentralbl. f. Geol. u. Paläont. Teil 1*, 1998 7/8: 571-600; Stuttgart.
- GALSON, D.A. & SWIFT, P.N. (1994): Scenario Development for the Waste Isolation Pilote Plant: Building Confidence in the Assesment. – SANDIA report Sand94-0482, UC – 721; Albuquerque.
- GELUK, M. C. & RÖHLING, H.-G. (1997): High-resolution sequence stratigraphie of the Lower Triassic „Buntsandstein“ in the Netherlands and northwestern Germany.- *Geol. en Mijnbouw*, 1997, 76/3: 227-246; Amsterdam.

GELUK, M. C. & RÖHLING, H.-G. (1999): High-resolution sequence stratigraphy of the Lower Triassic Buntsandstein.- Zentralbl. f. Geol. u. Paläont. Teil 1, 1998, 7/8: 727-745; Stuttgart.

GELUK, M. C., BRÜCKNER-RÖHLING, S. & RÖHLING, H.-G., (2000): Salt occurrences in the Netherlands and Germany.- in Geertmann, R. M. (Ed.): 8th World Salt Symp. 2000, The Hague, Vol. 1: 125-130; Amsterdam.

GERKEN F. P. (1999): Quartäre Sedimente des westlichen Bereichs des niedersächsischen Drömlings (Blatt 3431 Parsau).- Dipl.-Kartierung Inst. f. Geowiss. Universität Braunschweig: 34 S., 18 Abb., 3 Anl.; Braunschweig.

GIURGEA, V. (1999): Hydrogeologische und geotechnische Voraussetzungen für die Anlage von Standorten zur Lagerung radioaktiver Reststoffe unter Berücksichtigung des CONSOLID-Systems. – Schr. Angew. Geol. Karlsruhe, 56; Karlsruhe.

GRAMANN, F. (1996): Forschungsgeschichte und Zuordnung des niedersächsischen Altertär zu internationalen Stufen.- 63. Tag. Arbeitsgemeinschaft Nordwestdeutscher Geologen, 28.-31.5.1996 in Helmstedt: Kurzfassungen der Vorträge und Exkursionsführer: 9-10; Hannover.

GRAMANN, F., HEUNISCH, C., KLASSEN, H., KOCKEL, F., DULCE, G., HARMS, F.-J., KATSCHOREK, T., MÖNNIG, E., SCHUDACK, M., SCHUDACK, U., THIES, D. & WEISS, M. (1997): Das Niedersächsische Oberjura-Becken – Ergebnisse interdisziplinärer Zusammenarbeit.- Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., 148,2: 165-236; Hannover.

GRS (GESELLSCHAFT FÜR REAKTORSICHERHEIT) (2000): Geochemische Prozesse im Nahfeld – Neue Ergebnisse über das Freisetzungverhalten verschiedener konditionierter Abfälle und der Bildung bzw. Stabilität von Kolloiden in Endlagern.- GRS-Bericht (GRS-A-2794): xx S.; Neuherberg.

GRÜNTAL, G. & STROMEYER, D. (1995): Rezentenes Spannungsfeld und Seismizität des baltischen Raumes und angrenzender Gebiete – ein Ausdruck aktueller geodynamischer Prozesse. – Brandenburgische Geowiss. Beiträge 2,2: 69-76, 2 Abb., 1 Tab.; Kleinmachnow.

GRUPPE ÖKOLOGIE (1998): Analyse der Entsorgungssituation in der Bundesrepublik Deutschland und Ableitung von Handlungsoptionen unter der Prämisse des Ausstiegs aus der Atomenergie – Abschlussbericht.- Bericht der Gruppe Ökologie im Auftrag der Heinrich Böll Stiftung: 27 + 248 S., Hannover.

GUILLAUMONT, R., KIM, J. I. & LIESER, K. H. (Eds.) (1996): Chemistry and Migration Behavior of Actinides and Fission Products in the Geosphere. Proceedings of the Fifth International Conference in Saint-Malo (France), 10 – 15 September 1995, Radiochimica Acta 74, 329 S.; München.

HABERMANN, A. & MUTTERLOSE, J. (1999): Early Aptian black shales from NW Germany.- N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 212 1/3: 379-400; Stuttgart.

HEILMANN-CLAUSEN, C. & LISTER, J. K. (1995): A dinoflagellate correlation of Barremian-Aptian (Lower Cretaceous) strata in Lower Saxony (Germany).- Geol. Jb. 141 A: 397-401; Hannover.

HELM, C. & SCHÜLKE, I. (1998): A coral-microbialite patch reef from the Late Jurassic (florigemma-Bank, Oxfordian) of NW Germany (Süntel Mountains).- Facies, 39: 74-104; Erlangen.

HELM, C. & SCHÜLKE, I. (1999): Ein „Tethys-Riff“ im Korallenoolith (Oxfordium) vom Nordwestdeutschland.- Zentralbl. Geol. Paläont., Teil 1, 1998, 5/6: 399-414; Stuttgart.

- HELM, C. (1998): Paläokarst-Erscheinungen im Oberjura (Oxfordium, Dachfläche der florigemma-Bank, Korallenoolith, Hauptdiskontinuität) von NW-Deutschland (Süntel).- Ber. Naturhist. Ges. Hannover, 140: 99-120; Hannover.
- HERRMANN, R. & KUNZ, R. (1999): Stratigraphie und Fazies der Salinar-Folge (Münder Mergel/Ober-Malm) der SE- und SW-Hilsmulde/S-Niedersachsen.- *Philippia*, 9/2 1999: 103-114; Kassel.
- HEUNISCH, C. & LUPPOLD, F. W. (1995): Biostratigraphie und Fazies der Schichtenfolge Lias-Unterkreide am Mittellandkanal bei Sehnde.- *Terra Nostra*, 4/95: 67; Bonn.
- HEYNEBERG, W.-C. (1994): Quartärgeologische Kartierung 1 : 10 000 im südlichen Teil der TK 25 Blatt 3431 Parsau.- Dipl.-Kartierung Inst f. Geowiss. Universität Braunschweig: 67 S., 8 Abb., 1 Tab., 2 Karten; Braunschweig.
- HOEHN, E., EIKENBERG, J., FIERZ, T., DROST, W. & REICHLMAYR, E. (1998): The Grimsel Migration Experiment: field injection – withdrawal experiments in fractured rock with sorbing tracers. *Journal of Contaminant Hydrology*, Vol. 34, Nos. 1 – 2, 85 – 106; Amsterdam – Lausanne – New York – Oxford – Shannon – Tokyo .
- HORNA, F. & WIESE, F. (1997): Stratigraphy of a Middle/Upper Turonian succession at the abandoned Hoppenstedt Limestone Quarry (northern Germany) and its correlation to adjacent areas.- *Freiberger Forschungshefte C 468*: 161-192; Freiberg.
- HUMMEL, W. (2000): The role of geochemistry in safety assessments of nuclear waste repositories. – *Proc. ICAM 2000, Applied Mineralogy (RAMMLMAIR et al. Eds.)*, Vol. 1:37; Rotterdam (Balkema).
- JASMUND, K. & LAGALY, G. (1993): Tonminerale und Tone. – 490 S., mult. Abb., mult. Tab.; Darmstadt (Steinkopf-Verl.).
- JOCKWER, N., MIEHE, R. & MÜLLER-LYDA, I. (2000): Untersuchungen zum Zweiphasenfluss und diffusivem Transport in Tonbarrieren und Tongesteinen. – *GRS-Ber.* 167, 111 S., 26 Abb., mult. Tab.; Köln.
- KAHN, H. & WIENER, A. J. (1967): The Year 2000, A Framework for Speculation.- in Chapman, N.A. (1992): *The Geologist's Dilemma: Predicting The Future Behavior Of Buried Wastes.* – 29th Int. Geological Congress, Kyoto & Tokyo.
- KASBOHM, J., VENZ, C., HENNING, K. & HERBERT, H. (2000): Zu Aspekten einer Langzeitstabilität von Bentonit in hochsalinaren Lösungen. – *Ber. DTTG*, Bd. 7: 158 – 170, 7 Abb., 2 Tab.; Trier.
- KELLER, S. (1998): Permafrost in der Weichsel-Kaltzeit und Langzeitprognose der hydrogeologischen Entwicklung in der Umgebung von Gorleben/NW-Deutschland. – *Z. angew. Geol.*, 44 (1998) 2; Hannover.
- KEMPER, E. (1995 a): Die Grenze Barrême/Apt und die Unterteilung dieser Stufen.- *Geol. Jb. A 141*: 47-61; Hannover.
- KEMPER, E. (1995 b): Sedimente, Fazies und Schichtenfolge des Barrême und Apt in NW-Deutschland.- *Geol. Jb. A 141*: 9-45; Hannover.
- KINZELBACH, W., OSWALD, S. & SCHWARZ, C. (1998): Abschlussbericht der Arbeitsgruppe Kinzelbach zum Projekt „Entwicklung eines schnellen Programms zur Modellierung von Grundwasserströmungen mit variabler Dichte.- 105 S., zahlreiche Abbildungen und Tabellen, Eidgenössische Technische Hochschule; Zürich. (NlfB-Arch.Nr.: 103 232, 2000 B 1566).

- KLÖCKNER, R. (1994): Palynofazies und Sedimentologie des Dogger beta im Gifhorer Trog (im Bereich der Erdölfelder Vorhop, Vorhop-Knesebeck und Wesendorf-Süd).-Diss. Univers. Göttingen: 135 S.; Göttingen.
- KOCKEL, F. (1999): Die Bildung von Salzstrukturen in Norddeutschland – neue Einsichten, offene Fragen.- *Mitteil. Deutsch. Geophys. Ges.* 3/1999: 38-47; Frankfurt, Hannover.
- KÖNIG, Chr. (Hrsg.), 1999: 2. Workshop Kluftaquifere.- 230 S., 131 Abb., 3 Tab.; Aachen.
- KÖNIG, W. & BERTLING, M. (1998): Der Korallenoolith vom Tarternpfahl.- *Arbeitskreis Paläontologie Hannover*, 26: 33-46; Hannover.
- KÖTHE, A. & WEISS, W. (1999): Integrated microfossil biostratigraphy of the Oligocene-Miocene sediments around Gorleben, northern Germany, or insights into unspectacular boundaries.- 7th Joint Biannual RCNNS-RCNPS meeting Leuven, 20-23th Sept. 1999, Programm:16; Leuven.
- KUSTER, H. (1999): Das jüngere Tertiär in Nord- und Nordostniedersachsen.- *NLFB-Bericht 119647*: 208 S., 22 Abb., 15 Tab., 13 Karten, 2 Anl.; Hannover.
- LALIEUX, P., THURY, M. & HORSEMANN, S. (2000): Radioactive waste disposal in argillaceous media. – *NEA Newsletter*, 34 – 36.
- LIETZOW, A. & RITZKOWSKI, S. (1996): Entwicklungsgeschichte der Helmstedter Antiklinale und ihrer Randsenken vom Paläozän bis Mittel-Eozän.- 63. Tag. Arbeitsgemeinschaft Nordwestdeutscher Geologen, 28.-31.5.1996 in Helmstedt: *Kurzfassungen der Vorträge und Exkursionsführer*: 15; Hannover.
- LISTER, J. K. & BATTEN, D. J. (1995): Palynostratigraphy of the Barremian-Aptian succession in the Wiechendorf 1786 and Hohenegelsen KB9 boreholes in the Lower Saxony Basin, North Germany.- *Geol. Jb. A* 141: 367-395; Hannover.
- LUDWIG, A. O. & SCHWAB, G. (1995): Neogeodynamica Baltica – ein internationales Kartenprojekt (IGCP-Projekt Nr. 346). – *Brandenburgische Geowiss. Beiträge* 2,2: 69-76, 2 Abb., 1 Tab.; Kleinmachnow.
- LUND, J. J. & HEILMANN-CLAUSEN, C. (1999): Dinoflagellate correlation between the research wells Nieder Ochtenhausen and Wursterheide, Miocene, NW Germany.- 7th Joint Biannual RCNNS-RCNPS meeting Leuven, 20-23th Sept. 1999, Programm: 40; Leuven.
- MADSEN, F. (1998): Clay mineralogical investigations related to nuclear waste disposal. – *Clay Minerals* 33:109 – 129, 29 Abb., 9 Tab.; London.
- MARIVOET, J. & VOLCKAERT, G. (1997): Performance Assessment Of The Geological Disposal Of Spent Fuel. - European Commission . Fourth European Conference On Management Of Radioactive Waste Management and Disposal Of Radioactive Waste. Ed. McMennamin. Directorate-General for Science, Research and Development, Directorate R&TD: Energy, Unit 'Fuel cycle and radioactive waste'; Brussels, Belgium.
- MARX, C. (2001): Gutachterliche Stellungnahme zu den Antragsunterlagen für die Bereiche Bohr- und Spülungstechnik im Planfeststellungsverfahren Konrad – Nachweis der Langzeitstabilität.- Gutachten vom 08.07.1992 mit dem Zusatz: Nach genauer Durchsicht bestätigt am 15.02.2001: 12 S.; Clausthal-Zellerfeld.
- MATHIEU, R., PAGEL, M., CLAUER, N., De WINDT, L., CABRERA, J. & BOISSON, J.Y. (2000): Paleocirculations in shales: a mineralogical and geochemical study of calcite veins from the Tournemire tunnel site. – *Eur. Journal Min.*, Vol. 12, Nr. 2:377-390, 8 Abb., 2 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhdlg.).

- MÖNNIG, E. (1993): Die Ornatenton-Formation in Nordwestdeutschland.- Newsletters on Stratigraphy, 28, 2/3: 131-150; Berlin-Stuttgart.
- MÖNNIG, E. (1998): Zur Paläogeographie des Unter-Callovium (Jura) von Nordwestdeutschland.-Gemeins. Jahrestag. Deutsche Geol. Ges., Deutsche Min. Ges., Gesellsch. f. Geowiss. u. Paläontolog. Ges. 6.10.-9.10.1998: Programm und Tagungsbeiträge; Berlin.
- MÜLLER, H. (1993): Eine quartärgeologische Kartierung im südwestlichen Teil des Blattes TK 25 3729 Braunschweig.- Dipl.-Kartierung Inst. f. Geowiss. Universität Braunschweig: 32 S., 4 Abb., 7 Fotos, 2 Anl.; Braunschweig.
- MUTTERLOSE, J. & WIEDENROTH, K. (1995): Die Bio- und Lithofazies der Unterkreide (Hauterive bis Apt) in NW-Deutschland.- Berliner geowiss. Abhdlg. E 16.1: 227-253; Berlin.
- MUTTERLOSE, J. & WIEDENROTH, K. (1996): Faunenführung und Biostratigraphie des tiefen Ober-Hauterive (Unter-Kreide) im Großraum Hannover.- Ber. Naturhist. Ges. Hannover 138: 113-131; Hannover.
- MUTTERLOSE, J., BRUMSACK, H.-J. & NEBE, D. W. (1996): Lithostratigraphy and time series analysis of the Albian (Core Kirchrode II).- Götting. Arb. z. Geol. u. Paläont. Sb 3, DFG-Schwerpunkt: Globale u. Regionale Steuerungsfaktoren biogener Sedimentation, II. Kreide-Sedimentation: 27-30; Göttingen.
- MUTTERLOSE, J., STADTLER, A. & WONHAM, J. (1997): Aspekte der Sequenzstratigraphie und Sedimentationsdynamik des NW-deutschen Unterkreide-Beckens.- Schriftenreihe Deutsch. Geol. Ges. 2 (Kurzfassungen der Vorträge u. Poster 149. Hauptversammlg. 1997): 82; Hannover.
- NAUMANN, K. (1993): Eine quartärgeologische Kartierung im südöstlichen Bereich des Blattes Wendeburg (TK 25: 3628) und im südwestlichen Bereich des Blattes Braunschweig Nord (TK 25: 3629).- Dipl.-Kartierung Inst. f. Geowiss. Universität Braunschweig: 38 S., 11 Abb., 3 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.
- NEA (1999): The NEA International FEP Database. – AEN/NEA Electronic version of the NEA FEP Database developed on behalf of the Nuclear Energy Agency by Safety Assessment Management Ltd.
- NEBE, D. W. & MUTTERLOSE, J. (1997): Zyklenanalyse unterkretazischer Sedimente (NW-Deutschland).- Schriftenreihe Deutsch. Geol. Ges. 2 (Kurzfassungen der Vorträge u. Poster 149. Hauptversammlg. 1997: 82-83; Hannover.
- NIEBUHR, B. (1999): Cyclostratigraphic correlation of outcrops and electronic borehole measurements in Middle Campanian marl/limestone rhythmites of North Germany.- Beringeria – Würzb. geowiss. Mitteil. 23 1999: 47-54; Würzburg.
- NIEBUHR, B., BALDSCHUHN, R., ERNST, G., WALASZCZYK, I., WEISS, W. & WOOD, CH. J. (1999): The Upper Cretaceous succession (Cenomanian – Santonian) of the Staffhorst Shaft, Lower Saxony, northern Germany: integrated biostratigraphic, lithostratigraphic and downhole geophysical log data.- Acta Geologica Polonica 49/3: 175-213; Warszawa.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1995): Geowissenschaftliches Gutachten zu den Antragsunterlagen für ein „Endlager für radioaktive Abfälle in der Schachanlage Konrad/Salzgitter“ (Mai 1995).-NlFB-Bericht, Archiv-Nr. 111134, Textbd. 482 S., Anl.-Bd. 59 Anl.; Hannover.
- NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1993): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Oker. – 178 S., 24 Beil.; Hannover.

- NIES, A. (2000): Site selection procedure and criteria – interim results of the German expert group. – Proc. Dis Tec 2000: 64 – 69; Berlin.
- PELZER, G. (1998): Sedimentologie und Palynologie der Wealden-Fazies im Hannoverschen Bergland.- Courier Forschungsinst. Senckenberg 207: 211 S.; Frankfurt a. M.
- PRIJ, J. (Ed.) (1993): PROSA – Probabilistic Safety Assesmant. – Final Report, ECN, Petten(NL).
- PROKOPH, A. (1994): Zyklische Sedimentation im Oberalb der Norddeutschen Beckens.- Tübinger geowiss. Abhdlg. A 19: 113 S.; Tübingen.
- PROKOPH, A. (1996): Cyclic and chaotic sedimentary successions in the Cretaceous of the North German Basin.- Jost Wiedmann Symposium Abstracts: 66-70; Tübingen
- RAWSON, P. F., DHONDT, A. V. HANCOCK, J. M. & KENNEDY, W. J. (1996). Proceedings „Second International Symposium on Cretaceous Stage Boundaries“ Brüssel 8.- 16.9.1995.- Bull. de l'Institut Royal des Science Naturelles de Belgique, Science de la Terre 66: 117 S.; Bruxelles.
- ROEHL, K. (1997): Experimentelle Untersuchungen zu Retardation und Bindungsformen von Schwermetallen in tonigen Deponiebarrieren. – Schr. Angew. Geol. Karlsruhe, 46, 197 S., 80 Abb., 28 Tab.; Karlsruhe.
- RÖHLING, H.-G. (1999): The Quickborn Sandstone – a new lithostratigraphic unit in the lowermost Middel Buntsandstein (Scythian).- Zentralbl. f. Geol. u. Paläont. Teil 1, 1998, 7/8: 797-812; Stuttgart.
- SAVAGE, D. (Ed.) (1995): The scientific and regulatory basis for the geological disposal of radioactive waste. – Chichester 1995.
- [REDACTED] Arbeiten zur Modellierung von Grundwasserströmungen mit variabler Dichte – Testrechnungen und Modellanwendungen im Hinblick auf Verifizierung und Validierung des in Entwicklung befindlichen schnellen Grundwasserprogramms.- BGR, Abschlussbericht BMBF-Forschungsvorhaben 02 C 0365, Berichtszeitraum 1.8.1995 – 31.12.1998, 24 S., 6 Anl., (Arch.-Nr.: 119 329); Hannover [unveröff.].
- SCHUDACK, M. E. (1996): Die Charophyten des Niedersächsischen Beckens (Oberjura-Berriasium).- N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 2001/2: 27-52; Stuttgart.
- SCHWEIGERT, G. (1999): Neue biostratigraphische Grundlagen zur Datierung des nordwestdeutschen höheren Malm.- Osnabr. Naturwiss. Mitteil., 25/1999: 25-40; Cloppenburg.
- SPIEGLER, D. (1998): Bolboforma – Biostratigraphie und ihrer Nutzenanwendung im NW-Europäischen Tertiär.- Terra Nostra 98/3, Zusammenfassungen und Tagungsbeiträge Geo-Berlin 98 – Gemeins. Jahrestag. Deutsch. Geol. Ges., Deutsch. Min. Ges., Ges. f. Geowiss. u. Paläont. Ges.: 344-345; Köln.
- STRAUSS, C. (1993): New micropaleontological and palynological evidence on the stratigraphic position of the „German Wealden“ in NW-Germany.- Zitteliana – Abhdlg. Bayr. Staatssammlg. Paläont. u. histor. Geol. 20: 389-401; München.
- STRUNCK, P., GAUPP, R. & STEFFAN, M. (1998): Halokinesis of Late Permian salt during the Early Triassic (Northern Germany).- Epicontinental Triassic Intern. Symp. Halle/S. 1998: 166-167; Halle.
- STRUNCK, P., GAUPP, R. & STEFFAN, M. (1999): Early Triassic movements of Upper Permian (Zechstein) salt in Northwest Germany.- Zentralbl. f. Geol. u. Paläont. Teil 1, 1998 7/8: 679-699; Stuttgart.

- TALBOT, CH. J. (1999): Ice Ages And Nuclear Waste Isolation.- Engineering Geology 52, 177-192; Amsterdam.
- TALBOT, CH. J. (Ed.) (1999): Nuclear Waste Management and the Earth Sciences. - Engineering Geology 52, 3/4 Spec. S.: 153 – 366; Amsterdam.
- TRÖGER, K.-A. (1998): Lücken im Cenoman und Turon der Subhercynen Kreidemulde und ihre möglichen Ursachen.- Freiburger Forschungshefte C 475: 137-144; Freiberg.
- TÜV (TECHNISCHER ÜBERWACHUNGS-VEREIN HANNOVER/SACHSEN-ANHALT e. V.) (1997): Gutachten im Planfeststellungsverfahren, Teil 2: Langzeitsicherheit.- TÜV-Bericht: 307 S., Hannover.
- TÜV (TECHNISCHER ÜBERWACHUNGS-VEREIN HANNOVER/SACHSEN-ANHALT e. V.) (2000): Stellungnahme zur Begutachtung im Planfeststellungsverfahren für die Errichtung und den Betrieb der Schachanlage Konrad als Anlage des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle – September 2000.- TÜV-Bericht: 78 S., 1 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- TÜV (TECHNISCHER ÜBERWACHUNGS-VEREIN HANNOVER/SACHSEN-ANHALT e. V.) (2002): Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad, Salzgitter – Ergänzendes Gutachten im Planfeststellungsverfahren, Februar 2002.- TÜV-Bericht, Hannover.
- UFFENORDE, H. (1999): Untermiozäne Ostracoden-Faunen. Ein Vergleich norddeutscher, dänischer und niederländischer Profile.- Greifswalder Geowiss. Beiträge 6 1999: 121-132; Greifswald.
- VOGT, C., LAUTERJUNG, J. & FISCHER, R. (2000): Quax auf dem Prüfstand – lassen sich Tonminerale in der Gesamtfraction genau genug bestimmen?.- Beih. Eur. Journ. Min. Vol. 12, No.1: 225; Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhdlg.).
- VOIGT, S. (1997): Revision der stratigraphischen Position der Schicht „T^c im Mittelturon des Steinbruches Salzgitter-Salder (Niedersachsen).- Freiburger Forschungshefte C 468: 273-278; Freiberg.
- VOLKMANN, R. (1998): Stratigraphie, Fazies und Diagenese des Campan der Lehrter Westmulde bei Höver/Hannover (Niedersachsen).- Ber. Naturhist. Ges. Hannover 140: 121-142; Hannover.
- WEISS, M. (1997): Die biostratigraphische Einstufung der Grenze Korallenoolith/Kimmeridge in NW-Deutschland – Kenntnisstand und neue Ergebnisse.- Zeitschr. f. Geol. Wiss., 25, 1/2: 109-120, Berlin.
- WILDENBORG, A. F. B., BREMMER, C. N. & GERARDI, J. (2000): Salt dissolution under various Quaternary climate conditions. – Salt 2000 - 8 th World Salt Symposium Den Haag.
- WILSON, M. (1997): Mantle Plumes, Magmatism and the Geodynamics of Continental Rifting. Terra Nostra 97/11; Bonn.

5.2 Berichte

- BORCHARDT, A., CROTOGINO, F., FOLLE, S., GRÜSCHOW, N., HERRMANN, R., PANZER, D. & ROLFS, O. (1997): Langzeitsicherheitliche Bewertung zur Untertagedeponie Thiederhall. – KBB-Bericht, Proj.-Nr. 315.210, 90 S., 33 Tab., 56 Abb., 1 Anl.; Hannover.

5.3 Weitere verfahrensrelevante Unterlagen (nach 1995 beim NLfB eingegangen) sowie
Stellungnahmen des NLfB

GL SACHSEN-ANHALT (1995): Stellungnahme zum Plan Endlager für radioaktive Abfälle, Schachanlage Konrad Salzgitter. - 26 S., 3 Tab., 10 Anl.; Magdeburg/Halle.

DBE (1995): Systembeschreibung Abwasserentsorgung, Außenanlagen und Abwasserableitung von der Anlage Konrad 2. - 39 S., 1 Abb., 1 Anl.; Rev. 01-04.

BfS (1995): Kammeranschlussbauwerk, Injektionstechnik zur Abdichtung des streckennahen Bereichs. - 22 S., 38 Anl.; Rev. 01.

BfS (1995): Endlager Konrad, Überwachungs- Bilanzierungskonzept für die Ableitung radioaktiver Stoffe über Luft und Wasser. - 22 S., 7 Tab., 1 Abb.; Rev. 01-02.

OBA (1995): Stellungnahme des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld zu den Antragsunterlagen im Planfeststellungsverfahren "Konrad" (März 1995). - 115 S., 7 Anl. : Stellungnahmen Büro Duddeck, Braunschweig und Prof. Marx, Clausthal.

BfS (1996): Auslegungsmaßnahmen gegen seismische Einwirkungen auf das Grubengebäude und die untertägigen Anlagenteile des geplanten Endlager Konrad; BfS-IB-80; Fachbereich Nukleare Entsorgung und Transport, Interner Arbeitsbericht. J.Preuss. - 11 S., 1 Abb.; Rev. 01. (Salzgitter).

TÜV (1996): Stellungnahme zu Fragen des Niedersächsischen Umweltministeriums betreffend die Auswertung des Erörterungstermins im Planfeststellungsverfahren für das Endlager KONRAD. - 190 S.; TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt e.V.

BfS (1997): Abwasser.

OBA (1997): Stellungnahme des Oberbergamtes in Clausthal-Zellerfeld zu dem Antrag im Planfeststellungsverfahren "Konrad" (Januar 1997). - 145 S., Hannover (unveröff.).

ING. BÜRO PROF. DUDDECK u. PARTNER GmbH (1997): Schacht Konrad - Gutachterliche Stellungnahme in geotechnischer Hinsicht zur Baugrunduntersuchung und Gründungsplanung für die obertägigen Bauwerke am Schacht 1 und 2 (EU 503 u. 504). - 12 S.; Bericht des Ing.-Büros Prof. Duddeck u. Partner GmbH im Auftrag des MU; Braunschweig.

BfS (1997): Abwasserentsorgung Schacht Konrad 1 während Errichtung und Betrieb als Endlager für radioaktive Abfälle, Antrag nach NWG (Revision 06).

BfS (1998): Prüfung und Bewertung einer möglichen Verschmutzung des Grundwassers durch bestimmte gefährliche Stoffe. - BfS-Bericht, 91 S., 33 Tab.; Salzgitter.

OBA (1998): Schachanlage Konrad-Verfüllung von Bohrungen innerhalb der Barrierschichten in den Untersuchungsstrecken am Schacht Konrad 2 - Bitte um Stellungnahme des NLfB zum Antrag der DBE (als Anl. beigelegt).

OBA (1998): Schachanlage Konrad - Verfüllung von Bohrungen innerhalb der Barrierschichten in den Untersuchungsstrecken am Schacht Konrad 2. -Anl.: Ergänzende Unterlagen der DBE zu den Bohrungen V 6 und V 106.

BfS (1998): Schachanlage Konrad - Verfüllung von Bohrungen innerhalb der Barrierschichten in den Untersuchungsstrecken am Schacht Konrad 2: Ergänzende Angaben zu den Bohrungen V 6 und V 106.

NLÖ (1998): Planfeststellungsverfahren Konrad - Wasserrechtliche Erlaubnis, div. Anl.; Bitte um Bewertung hydrogeologische Aspekte (Verdünnungsfaktoren, pH-Werte).

NLFB (1998): Planfeststellungsverfahren Konrad - Wasserrechtliche Erlaubnis, Rev. 03 der EU 509, Bezug: Telefax des NMU an das BfS vom 1.4.1998, Az.: 402-40326 - 4/1, 4/2; Stellungnahme des NLfB zu Auswirkungen der EU 509 auf die Stellungnahme des NLfB zur Wasserrechtlichen Erlaubnis.

NMU (1998): Planfeststellungsverfahren Konrad, NLfB-Datensatz zur Langzeitsicherheitsanalyse, Gutachten: Teil 2: Langzeitsicherheit (GK-LSG); Bitte um Prüfung, ob EU 509 Gutachtensergebnisse des NLfB beeinflusst.

BfS (2000): Befahrung Grube Konrad anläßl. der Aktualisierung des Konrad-Gutachtens: Befahrungsbericht mit Angabe der befahrenen Orte.

NMU (2000): Planfeststellungsverfahren Konrad; Auftrag an NLfB zur Begutachtung; hier Auswirkungen neuer Erkenntnisse zur Halbwertszeit von Selen-79 auf den Nachweis zur Langzeitsicherheit; 2 Anlagen: Schreiben/Vermerk des BfS vom 21.01.2000 und Stellungnahme des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt vom 04.08.2000.

NMU (2000): Planfeststellungsverfahren gem. § 9 b Atomgesetz (AtG) für die Errichtung und den Betrieb der Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle, hier: Behördenbeteiligung gem. § 9 b Abs. 5 AtG i. V. mit § 73 Abs. 2 Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG): Aktualisierung der Stellungnahme des NLfB im Rahmen der Behördenbeteiligung.

NMU (2000): Planfeststellungsverfahren gem. § 9 b Atomgesetz (AtG) für die Errichtung und den Betrieb der Schachanlage Konrad als Endlage für radioaktive Abfälle, Behördenbeteiligung gem § 9 b Abs. 5 AtG i.V. mit § 73 Abs. 2 Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) im Verfahren zur Erteilung gehobener wasserrechtlicher Erlaubnisse nach § 11 Nds. Wassergesetz (NWG): Aktualisierung der Stellungnahme des NLfB.

NLFB (2000): Planfeststellungsverfahren gem. § 9 b Atomgesetz (AtG) für die Errichtung und den Betrieb der Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle - 1. Behördenbeteiligung gem. § 9 b Abs. 5 AtG i. V. mit § 73 Abs. 2 Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG) im Verfahren zur Erteilung gehobener wasserrechtl. Erlaubnisse nach § 11 Nds. Wassergesetz (NWG); Stellungnahme NLfB.

NMU (2000): Planfeststellungsverfahren Konrad, Aktualisierung des geowiss. NLfB-Gutachtens, hier: Seismologie - Übersendung des BGR-Gutachtens: Leydecker, G. & Kopera, J. (1996): Seismologisches Gutachten für den Standort Konrad. - BGR-Bericht (Archiv-Nr. 114969), 82 S., 14 Abb., 22 Tab., Hannover.

BA GOSLAR:(2000): Planfeststellungsverfahren Konrad; Aktualisierung der Prüfung; hier: Meldepflichtige bergbauliche Aktivitäten sowie Bohrungs- und Seismikprojekte im Modellgebiet Konrad seit 1995.

NLFB (2000): Wassergewinnungsanlage „Wehnsen“ des WBV Peine, hier: Einwendungen der Gemeinde Edemissen im Rahmen der Behördenbeteiligung am Planfeststellungsverfahren für die Errichtung und den Betrieb der Schachanlage Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle. (Stellungnahme des NLfB an die Bezirksregierung Braunschweig).

BEZIRKSREGIERUNG BRAUNSCHWEIG (2001) an NMU (NLfB nachrichtlich): Planfeststellungsverfahren Konrad; Stellungnahme zum Schreiben der Stadt Salzgitter vom 18.12.2000 zum Wasserwerk der Fa. Cargill.

NMU (2002): Planfeststellungsverfahren Konrad; Stellungnahme des Oberbergamtes vom 21.12.2001.

6. Anhang Seismologie:

„Gutachterliche Stellungnahme Standort Konrad für das NLFB, Nov. 2000“ und
Aktualisierung, Nov. 2001 (K.-G. HINZEN)



Gutachterliche Stellungnahme Standort Konrad

für
**Niedersächsisches Landesamt
für Bodenforschung
Hannover**


Leiter der Abteilung Erdbebengeologie

Geologisches Institut

Universität zu Köln

November 2000



Inhalt

1. Zusammenfassung	3
2. Vorgang	4
3. Einleitung	4
4. Das NLfB-Gutachten von 1995	5
4.1 Regionale und seismologische Verhältnisse	5
4.2 Seismologisch relevante tektonische Strukturen	5
4.3 Bemessungsbeben für den Standort	5
4.3.1 Lastannahmen über Tage	5
4.3.2 Lastannahmen unter Tage	6
4.4 Bewertung zur Standortbeschreibung Seismologie	7
5. Das BGR-Gutachten von 1996	7
5.1 Geologische und tektonische Gliederung des Standortraumes	7
5.2 Beschreibung der Seismizität	7
5.3 Bemessungsbeben	8
5.4 Probabilistische Risikountersuchung	8
5.5 Maximalbeschleunigung, Dauer der Starkbebenphase und Untergrundklasse am Standort	9
5.6 Bemessungs – Antwortspektren	9
6. Fortschreibung des Erdbebenkataloges bis Oktober 2000	10
7. Einfluss der Wahl der seismischen Zonierung	10
8. Bedeutung von Paläoerdbeben	11
9. Zusammenfassende bewertende Stellungnahme	13
6. Literatur	15
7. Anhang	18

Diese Stellungnahme enthält 18 Seiten

1. Zusammenfassung

Das Gutachten des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung zur seismologischen Standortbeschreibung des Standortes Konrad stammt aus dem Jahre 1995. Es übernimmt in seinen wesentlichen Teilen die Aussagen des Antragstellers. Im Jahre 1996 wurde von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) ein 'Seismologisches Gutachten für den Standort Konrad' erstellt.

In der vorliegenden gutachterlichen Stellungnahme werden die beiden genannten Gutachten bewertet. Die Seismizität nach dem Stand des NLFb-Gutachtens wird hinsichtlich ihres Einflusses auf die festzulegende Standortintensität untersucht. Es wird die Wirkung von starken Beben in der Niederrheinischen Bucht, wie sie jüngst als Paläobeben entdeckt wurden, auf den Standort Konrad abgeschätzt, und der Einfluss der Wahl der Grenzen einer seismogeographischen bzw. seismotektonischen Einteilung der Bundesrepublik Deutschland auf den Standort wird untersucht.

Das BGR-Gutachten kommt zu deutlich niedrigeren Belastungsgrößen für den Standort Konrad als das NLFb-Gutachten. Dieses hat im wesentlichen zwei Gründe. Im BGR-Gutachten wird eine neuere seismogeographische Einteilung der Bundesrepublik Deutschland verwendet. Im BGR-Gutachten ist ein Beben in der Prignitz nicht mehr wie im NLFb-Gutachten noch der Fall ein Schlüsselbeben für den Standort.

Die im BGR-Gutachten festgelegten Belastungsgrößen entsprechen auch heute noch dem Stand von Wissenschaft und Technik. Die im BGR-Gutachten getroffenen Annahmen sind ausreichend konservativ. Die Auslegung des Endlagers Konrad erfolgte nach den Werten aus den NLFb-Gutachten und damit gegen höhere Erdbebenlasten, als nach heutigem Stand angesetzt würden.

2. Vorgang

Das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLfB) wurde vom Niedersächsischen Umweltministerium beauftragt, das geowissenschaftliche NLfB-Gutachten aus dem Jahre 1995 im Planfeststellungsverfahren Konrad zu aktualisieren. In diesem Zusammenhang wurde die Abteilung Erdbebengeologie (Geologisches Institut) der Universität zu Köln mit Schreiben vom 13.10.2000 vom NLfB beauftragt, eine gutachterliche Stellungnahme, aufbauend auf dem NLfB-Gutachten 1995, Kapitel 2.2 Seismologische Standortbeschreibung des Standortes Konrad, abzugeben.

3. Einleitung

Das NLfB hat im Jahre 1995 ein geowissenschaftliches Gutachten zum Standort Konrad erstellt. Als Auszug aus dem Gutachten wurden folgende Teile und Anlagen zur Verfügung gestellt:

2.2 Standortbeschreibung Seismologie (Steinwachs) (Seite 219-229)
Anlagen 2.2.2/1, 2.2.2/2, 2.2.3/1 und 2.2.3/2

Folgende Auszüge des dem Planfeststellungsverfahren zugrunde liegenden aktuellen Plans 4/90 des Antragstellers wurden zur Verfügung gestellt:

3.1.9.3 Seismologische Verhältnisse und Lastannahmen
3.5.2.2 Störfälle der Klasse 2
3.8 Erdbebensicherheit des Grubengebäudes

Im Jahre 1996 wurde von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) durch Leydecker und Kopera ein ‚Seismologisches Gutachten für den Standort Konrad‘ erstellt. Dieses BGR-Gutachten wurde durch das NLfB ebenfalls zu Verfügung gestellt.

Der Auftrag des NLfB an die Abteilung Erdbebengeologie umfasst folgende Punkte:

- Gutachterliche Stellungnahme aufbauend auf dem NLfB-Gutachten 1995
- Überprüfung und Nachvollziehen des BGR-Gutachtens von 1996
- Fortschreibung des Erdbebenkataloges unter besonderer Berücksichtigung von relevanten seismischen Ereignissen bis zum Oktober 2000
- Untersuchung des Einflusses der Wahl der seismischen Zonierung
- Untersuchung der Bedeutung von ‚Paläoerdbeben‘ in der Niederrheinischen Bucht für die seismologischen Aussagen zum Standort Konrad

4. Das NLfB-Gutachten von 1995

4.1 Regionale und seismologische Verhältnisse

Das NLfB-Gutachten folgt hier im wesentlichen den Ausführungen des Antragstellers. Der Standort wird der Region Norddeutsches Tiefland zugeordnet. Als die beiden bedeutendsten Beben in dieser Region werden das Beben in der Prignitz vom 23.08.1410 bei Wittstock mit Intensität 7 (MSK) und das Beben bei Alfhausen am 03.09.1770, ebenfalls mit der Intensität 7 (MSK), angeführt. Beide Beben lagen außerhalb eines 50 km Umkreises, aber innerhalb des 200 km Umkreises. Ausgegangen wurde dabei von einer erdbebengeographischen Einteilung der Bundesrepublik Deutschland von Ahorner et al. (1970).

Im Umkreis von 50 km um den Standort sind aus historischer Zeit nur vage Angaben über Beben vorhanden, die keine Intensitätsbestimmung zulassen. Es wurden jedoch am 10.08.1980 und am 19.04.1983 zwei Mikrobeben gemessen und bei Bad Salzdettfurth (ML = 1.6) bzw. bei Ahrbergen (ML=1.8) lokalisiert. Diese Ereignisse wurden an der Oberfläche verspürt. Das NLfB-Gutachten sieht ihre Ursache in den Bergbauaktivitäten in der Region.

4.2 Seismologisch relevante tektonische Strukturen

Das NLfB-Gutachten kommt in Übereinstimmung mit dem Antragsteller zu dem Schluss, dass die Sockelstörung unter der Salzstockkette Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt eine jungtertiäre Bewegungsphase durchgemacht hat und als dem Standort nächstgelegenes potentielles Erdbebenzentrum anzusehen ist. Die südliche Fortsetzung dieser Störung verläuft ca. 2 km westlich des Standortes.

4.3 Bemessungsbeben für den Standort

4.3.1 Lastannahmen über Tage

Der Antragsteller geht bei der Festlegung der seismischen Belastungsgrößen nach KTA 2201.1 (6/1990) vor und bestimmt als Bemessungsbeben das Ereignis, das unter Berücksichtigung einer größeren Umgebung des Standortes (bis etwa 200 km vom Standort) nach wissenschaftlichen Erkenntnissen auftreten kann. Entsprechend 4.1 wird daher folgerichtig deterministisch das Beben in der Prignitz aus dem Jahre 1410 mit einer Intensität von 7 (MSK) zugrunde gelegt. Dieses Ereignis ist das Schlüsselbeben des NLfB-Gutachtens.

Als Bemessungsbeben wird ein Beben an der Sockelstörung unter dem Salzstock Broistedt festgelegt, das folgende Parameter hat:

Intensität	$I_0 = 7$ (MSK)
max. horizontale Beschleunigung	$a_h = 120 \text{ cm/s}^2$
max. vertikale Beschleunigung	$a_v = 60 \text{ cm/s}^2$
jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeit	$W_{\bar{u}} = 4 \cdot 10^{-6}$
Dauer der Starkbebenphase für $a_h > 50 \text{ cm/s}^2$	$D = 5 \text{ s}$
Dauer der Starkbebenphase für $a_h > 100 \text{ cm/s}^2$	$D = 3 \text{ s}$

Die einer Wiederkehrrate von 250000 Jahren entsprechende jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeit wird wegen der geringen zur Verfügung stehenden Datenbasis als unsicher eingestuft.

Die Beschleunigungsantwortspektren werden nach dem Entwurf KTA 2201.2 (1979) festgelegt.

Das NLFb-Gutachten sieht sowohl die Parameter des Bemessungsbebens (das im Plan 4/90 nach der alten Fassung der KTA noch als Sicherheitsbeben bezeichnet ist) als auch das Beschleunigungsantwortspektrum als dem damaligen Stand der Wissenschaft entsprechend und als konservativ an.

4.3.2 Lastannahmen unter Tage

Der Antragsteller setzt aus Konservativitätsgründen für die Lastannahmen unter Tage die unverminderten Werte der übertägigen Lastannahmen an. Zusatzspannungen im Bereich des Untertagebauwerkes werden aus den Beschleunigungen des Antwortspektrums bei einer Frequenz von 2.5 Hz unter der Annahme eines harmonischen Zeitverlaufes ermittelt. Für das Bemessungsbeben ergibt sich danach:

max. horizontale Schwinggeschwindigkeit	$v_h = 7.6 \text{ cm/s}$
max. vertikale Schwinggeschwindigkeit	$v_v = 3.8 \text{ cm/s}$
max. dyn. Tangentialspannungen an den Hohlraumwänden:	
bei Anregung durch Kompressionswellen	= +/- 0.72 MPa
bei Anregung durch Scherwellen	= +/- 1.80 MPa
max. dyn. Spannungen in unverritztem Gebirge:	
bei Anregung durch Kompressionswellen	= +/- 0.72 MPa
bei Anregung durch Scherwellen	= +/- 0.40 MPa

Das NLFb-Gutachten führt aus, dass es für die Bewertung untertägiger Standorte keine anerkannten technischen Regeln gibt, und begrüßt ausdrücklich, dass neben der Auswertung von Literatur vom Antragsteller Modellrechnungen zur Ermittlung der Zusatzspannungen durchgeführt wurden. Das NLFb-Gutachten kommt zu dem Schluss, dass unter Tage keinesfalls größere Bodenbeschleunigungen auftreten als über Tage und wertet die vom Antragsteller ermittelten Lastannahmen als konservativ.

4.4 Bewertung zur Standortbeschreibung Seismologie

Das NLFB-Gutachten legt als Lastannahmen für das Bemessungsbeben für den Standort Konrad die vom Antragsteller (s.o.) ermittelten Werte fest.

5. Das BGR-Gutachten von 1996

5.1 Geologische und tektonische Gliederung des Standortraumes

Obwohl der Nachweis einer jungtertiären Bewegungsphase der Sockelstörung im Bereich der Salzmauer Broistedt – Vechelde – Rolfsbüttel – Wendeburg nicht mit Sicherheit erfolgte, nimmt das BGR-Gutachten aus Konservativitätsgründen eine solche Bewegungsphase an. Es wird weiter angenommen, dass die Sockelstörung an ihrem nächstgelegenen Punkt ca. 2 km vom Standort entfernt ist. Diese Sockelstörung kommt demnach als potentieller Herd eines Erdbebens in Betracht.

5.2 Beschreibung der Seismizität

Das BGR-Gutachten setzt sich sehr ausführlich mit der Seismizität in der Standortumgebung auseinander. Dabei gehen die BGR-Gutachter von einer neuen erdbebengeographischen Einteilung der Bundesrepublik Deutschland aus (Leydecker und Aichele, 1994). Nach dieser Einteilung liegt der Standort in der Region 'Südliches Niedersachsen'. Die Grenzen der Region wurden durch altangelegte Bruchstrukturen und durch geologisch und morphologisch unterscheidbare Elemente festgelegt. Diese Region besitzt eine sehr geringe Seismizität, die für die Sicherheit des Standortes vernachlässigbar ist.

Entscheidend für die später folgende Standortbewertung ist die Tatsache, dass im BGR-Gutachten den Ausführungen von Grünthal und Meier (1996) gefolgt wird, die das Beben in der Prignitz deutlich anders als bis dahin bewerten. Danach hat das Beben nicht am 23.08.1410, sondern am 24.08.1409 stattgefunden. Das Epizentrum lag nicht in der Prignitz, sondern 110 km SSW in der Gegend von Magdeburg und damit in der Region 'Altmark' und es war kein Schadenbeben mit der Intensität 7, sondern hatte höchstens eine Intensität 6.

Neben der Beschreibung der Seismizität der Nachbarregionen der Region 'Südliches Niedersachsen' wird noch einmal die Seismizität im Umkreis von 50 km und 200 km um den Standort betrachtet. Im Umkreis von 50 km vom Standort finden sich nach dem BGR-Gutachten ausnahmslos bergbaubedingte Ereignisse mit maximaler Intensität 5, deren Wirkung auf die allernächste Umgebung des jeweiligen Bergbaubetriebes beschränkt bleibt. Im 200 km Umkreis kommen zu den in den einzelnen Regionen betrachteten Beben nur wenige hinzu, die zudem aus geologischen Gründen oder bergbaubedingt an ihre Herdregion gebunden sind.

5.3 Bemessungsbeben

Die Möglichkeit, dass ein Einsturzbeben für den Standort Konrad als Bemessungsbeben wirksam werden kann, wird im BGR-Gutachten ausgeschlossen. Der einzige in Frage kommende Salzstock ist der bei Broistedt, für den ein Zubruchgehen großflächiger Bereiche – 1 km² und mehr –, wie es für eine Schadenswirkung am Standort erforderlich wäre, ausgeschlossen wird. Als ausschlaggebend werden die Beben der Region 'Altmark' bezeichnet. Von den drei stärksten Beben dieser Region hatten zwei eine Epizentralintensität von 6 und ein Beben eine Intensität von 5.5. Diese Beben lagen in Epizentralentfernungen kleiner als 100 km zum Standort Konrad.

Da die Grenze zwischen der Standortregion 'Südliches Niedersachsen' und der Region 'Altmark' in nur 12 km Entfernung vom Standort verläuft, wird im BGR-Gutachten aus Konservativitätsgründen angenommen, dass ein Beben der Intensität 6, wie in der Region 'Altmark' beobachtet, auch in Standortnähe, also an der 2 km vom Standort entfernten Störung stattfinden kann. Bei einem solchen Beben würde dann am Standort die Intensität 6 erreicht.

Für das Bemessungsbeben wird dieser Intensität 6 nochmals ein Zugschlag von einer halben Intensität gegeben, um dem begrenzten Beobachtungszeitraum Rechnung zu tragen, so dass das BGR-Gutachten auf eine Standortintensität des Bemessungsbebens von 6.5 kommt.

5.4 Probabilistische Risikountersuchung

Das BGR-Gutachten folgt bei der probabilistischen Gefährdungsanalyse dem Algorithmus von McGuire (1976), der auf einer von Cornell (1968) eingeführten Methode beruht. Einige der Nachbarregionen sowie die Standortregion zeigen allerdings so geringe Seismizität, dass ihre Wirkung lediglich als Hintergrundseismizität berücksichtigt wurde. Die Datenvollständigkeit wurde intensitätsabhängig angesetzt.

Sowohl für die Hintergrundseismizität als auch für die probabilistische Berechnung für definierte Quellregionen wurde die Intensität jeweils um eine ganze Intensitätsstufe höher als historisch beobachtet angesetzt.

Es werden zwei Modelle alternativ betrachtet. Im ersten Modell werden fünf Regionen als seismische Flächenquellen behandelt und die übrigen Gebiete in einem 200 km Umkreis um den Standort als Hintergrundseismizität betrachtet. Im zweiten Modell werden nur zwei Flächenquellen, nämlich 'Zentral-Sachsen' und 'Vogtland', bestimmt und der Rest wieder der Hintergrundseismizität zugeordnet.

Das BGR-Gutachten weist auf das grundsätzliche Problem der probabilistischen Gefährdungsanalyse in sehr erdbebenarmen Regionen hin, zu denen auch das Norddeutsche Tiefland zu zählen ist. Das Gutachten kommt zu dem Schluss, dass die Regionen 'Zentral-Thüringen' und 'Hessische Senke' bezüglich ihrer Wirkung auf den Standort vernachlässigbar sind; auch der Anteil der Region 'Altmark' an der Gesamtgefährdung ist klein. Trotz der größeren Entfernung ist eine starke Wirkung in

beiden Seismizitätsmodellen bei der Region 'Vogtland' zu suchen. Den überwiegenden Anteil trägt jedoch immer die Hintergrundseismizität.

Abhängig von der Überschreitenswahrscheinlichkeit berechnen die BGR-Gutachter in dem konservativsten Modell folgende Standortintensitäten:

Überschreitenswahrscheinlichkeit 10^{-3}	$I_s = 4.6$
Überschreitenswahrscheinlichkeit 10^{-4}	$I_s = 5.5$
Überschreitenswahrscheinlichkeit 10^{-5}	$I_s = 6.4$

Festgelegt werden für eine Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10^{-4} eine Standortintensität von 5.5 und für 10^{-5} eine Standortintensität von 6.5.

5.5 Maximalbeschleunigung, Dauer der Starkbebenphase und Untergrundklasse am Standort

Die maximale Beschleunigung einer Horizontalkomponente wird im BGR-Gutachten nach der empirischen Beziehung zwischen Intensität und Beschleunigung von Murphy und O'Brien (1977) als $a_h = 75 \text{ cm/s}^2$ ermittelt. Daraus ergibt sich die Maximalbeschleunigung in Form der Resultierenden der beiden Horizontalkomponenten, die als gleich groß und gleichzeitig wirkend angenommen werden zu $\max a_h = 106 \text{ cm/s}^2$. Für die Vertikalkomponente wird nach KTA 2201.1 die Hälfte der Horizontalbeschleunigung, $\max a_v = 53 \text{ cm/s}^2$, angesetzt. Letztendlich werden die Maximalbeschleunigungen aber über die Starrkörperbeschleunigungen der Antwortspektren (s. 5.6) festgelegt zu:

über Tage:

resultierende horizontale Beschleunigung	112 cm/s^2
vertikale Beschleunigung	56 cm/s^2

unter Tage:

resultierende horizontale Beschleunigung	100 cm/s^2
vertikale Beschleunigung	50 cm/s^2

Die Dauer der Starkbebenphase wird in Anlehnung an Hosser (1987) als der Zeitraum zwischen dem Erreichen von 5% und 75% des Energieinhaltes des Standortseismogramms zu 3 s über Tage und zu 2 s unter Tage festgelegt. Der Standort wird nach Hosser (1987) in die Untergrundklasse M (über Tage) und in die Untergrundklasse R (unter Tage) eingestuft.

5.6 Bemessungs – Antwortspektren

Die Bemessungs-Antwortspektren werden im BGR-Gutachten über die IfBt-Beschleunigungs-Antwortspektren (IfBt-Abschlussbericht, 1986) definiert. Der Standort hat die Intensitätsklasse 1 (Intensität 6-7), über Tage die Untergrundklasse M und unter Tage die Untergrundklasse R. Da sich rechnerisch für den untertägigen Bereich eine Starrkörperbeschleunigung von 98 cm/s^2 für die Resultierende der Horizontalkomponenten ergibt, wird der Wert und das gesamte Spektrum nach KTA

2201.1 auf 100 cm/s^2 hochskaliert. Die Beschleunigungsantwortspektren werden durch folgende Eckpunkte (Beschleunigung cm/s^2) festgelegt:

a_{res} (cm/s^2)	Frequenz (Hz)					
	25	15	7.5	6.0	3.5	0.5
über Tage (Klasse M)	112		224		224	10
unter Tage (Klasse R)	100	186		186		11

6. Fortschreibung des Erdbebenkataloges bis Oktober 2000

Zur Fortschreibung der Datengrundlage (Erdbebenkatalog) gegenüber dem NLFB-Gutachten (Stand 1995) wurde der Datenbestand des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg (SZGRF) verwendet. In einer Datenbank sind dort alle in der Bundesrepublik Deutschland und in angrenzenden Gebieten lokalisierten seismischen Ereignisse (natürliche Erdbeben und bergbaulich induzierte Ereignisse) mit Magnituden ML größer gleich 2 gespeichert. Der Datenbestand im SZGRF wurde für die Jahre 1995-1999 und für das Jahr 2000 für die Monate Januar bis Oktober ausgewertet. Als relevant wurden Beben betrachtet, deren Magnitude größer oder gleich 3 ist. Tabelle A1 (Anhang) enthält 38 Ereignisse, die dieses Kriterium erfüllen. Von diesen Ereignissen liegen nur 6 innerhalb eines 200 km Umkreises um den Standort. Von diesen 6 Ereignissen wiederum sind nur zwei natürliche Beben, die übrigen vier sind induzierte Beben. Die beiden Beben sind in der Tabelle gekennzeichnet.

Das Beben vom 10.11.1997 mit der Magnitude $ML = 3.1$ liegt in der Region 'Nord Franken' und das Beben vom 19.5.2000 mit der Magnitude $ML = 3.4$ in der Region 'Nordost Deutschland'. Beide Beben verursachten keine Schäden und sind weder in der Region des Standortes noch in einer unmittelbaren Nachbarregion lokalisiert.

7. Einfluss der Wahl der seismischen Zonierung

Zur Berechnung der Standortintensität wurde nach KTA Vorgaben vorgegangen. Zur Ermittlung des Einflusses der Wahl der Grenzen der erdbebengeographischen Einteilung in Standortumgebung wurde die Entfernung der Grenzen zum Standort systematisch variiert. Datengrundlage war hier der Erdbebenkatalog der Bundesrepublik Deutschland und angrenzender Gebiete (Leydecker, 1986, 2000) der BGR. Als Grundlage für die erdbebengeographische Einteilung wurden die Grenzen von Leydecker und Aichele (1994) verwendet. Der Standort liegt in der Region 'Südliches Niedersachsen'. Die Nachbarregionen sind (im Uhrzeigersinn) 'Nördliches Niedersachsen', 'Altmark', 'Harz Region', 'Hessische Senke', 'Münsterland', 'Teutoburger Wald', 'Ostniederländischer Block' und 'Texel-Ijsselmeer Block'.

In der Region des Standortes finden sich im Deutschen Erdbebenkatalog keine natürlichen Beben mit Intensitätsangaben, bei bergbaulich induzierten Ereignissen findet sich maximal die Intensität 5. Projiziert man jeweils die Beben der Nachbarregionen auf den Grenzpunkt der Standortregion, die dem Standort am

nächsten liegt, und bestimmt man die Intensität dieser Beben am Standort nach der Gleichung von Sponheuer (s.u.), so ergibt sich rechnerisch eine maximale Standortintensität von 5.4. Zur Abschätzung, welchen Einfluss die Lage der Grenzen der Regionen hat, wurden Rechnungen durchgeführt, bei denen die Projektionspunkte auf den Grenzen jeweils um den Betrag $dR = 5$ km bzw. $dR = 10$ km vom Standort weg und um die gleichen Beträge zum Standort hin verschoben wurden. Dabei ergeben sich die in der folgenden Tabelle aufgeführten rechnerischen Standortintensitäten.

Rechnerische Standortintensitäten bei Variation der Entfernung der Grenzen der Standortregion zum Standort

dR (km)	max. Standortintensität
0	5.4
+5	5.1
+10	4.8
-5	5.7
-10	6.0

8. Bedeutung von Paläoerdbeben

In den vergangenen 5 Jahren wurden im Bereich der Niederrheinischen Bucht Paläoseismische Untersuchungen durchgeführt (Camelbeeck, T. and Meghraoui M. 1996 und 1998). In mehreren Aufschlüssen konnten dabei Spuren von Paläoerdbeben gefunden werden. Insbesondere an der Bree Verwerfung, einem Teil der Feldbiss Verwerfung, wurden Verschiebungsbeträge durch Einzelbeben in der Größenordnung von 0.5 m identifiziert. Die nachweisbare Längserstreckung des betroffenen Verwerfungsabschnittes beträgt hier ca. 10 km. Für diese Paläoebenen wurden Momentmagnituden vom $M_w = 6.2-6.7$ abgeschätzt mit Wiederkehrperioden von 10,000 bis 20,000 Jahren in den letzten 50,000 Jahren (Camelbeeck et al., 2000). Diese Beben sind nicht im Deutschen Erbebenkatalog gelistet, dieser enthält nur durch historische Quellen belegte oder instrumentell erfasste Beben. Obwohl die Entfernung dieser Paläoebenen vom Standort ca. 350 km beträgt, also größer als 200 km ist, wird im Folgenden die Wirkung dieser Beben für den Standort abgeschätzt.

Wir gehen aus von der von Sponheuer (1960) vorgeschlagenen Intensitätsabnahmebeziehung :

$$I_n = I_0 - k \cdot \log\left(\frac{\sqrt{r_n^2 + h^2}}{h}\right) - k \cdot \log(e) \cdot \alpha \left(\sqrt{r_n^2 + h^2} - h\right)$$

mit :

I_0 = Intensität am Standort

r_0 = Epizentralentfernung zum Standort (km)

h = Herdtiefe (km)

k = empirische Konstante

α = Absorptionskoeffizient (km^{-1})

Plausible Parameter sind für die Absorption $\alpha = 0.0025 \text{ km}^{-1}$ (Sponheuer, 1962; Ahorner, 1983), $k=3$ (Sponheuer, 1960). Als Herdtiefe wurden 10 km angenommen. Die Entfernung der Bree Lokation zum Standort Konrad beträgt etwa 350 km. Zusätzlich wurde der Extremfall angenommen, dass ein Beben in der Stärke der Paläobeben, wie sie an der Bree-Verwerfung gefunden wurden, am dem Standort näher gelegenen Erft-Sprung, Entfernung ca. 280 km, stattfindet. Die Tabelle 3 zeigt die rechnerischen Standortintensitäten, wobei Epizentralintensitäten von 9 und 10 angenommen wurden.

Tabelle 3: Standortintensitäten in Abhängigkeit der angesetzten Epizentralintensität von Beben in der Niederrheinischen Bucht, deren Stärke den bei Bree ausgemachten Paläobeben entspricht.

Epizentralintensität	Bree-Verwerfung (350 km)	Erft-Sprung (280 km)
IX	3.3	3.8
X	4.3	4.8

9. Zusammenfassende bewertende Stellungnahme

Zur Bewertung der seismischen Gefährdung des Standortes Konrad sind ein Gutachten des NLFb aus dem Jahre 1995, das im wesentlichen den Ausführungen im Plan des Antragstellers mit Stand 4/90 folgt und ein Gutachten der BGR aus dem Jahre 1996 zu diskutieren.

Die Belastungsgrößen im NLFb-Gutachten sind durchweg höher als im BGR-Gutachten. Dafür liegen im wesentlichen zwei Gründe vor:

- Das BGR-Gutachten basiert auf einer gegenüber dem NLFb-Gutachten geänderten, neueren seismogeographischen Einteilung der Bundesrepublik Deutschland und angrenzender Gebiete.
- Das im NLFb-Gutachten als Schlüsselbeben anzusehende Beben in der Prignitz im Jahre 1410 ist im BGR-Gutachten, aufbauend auf neueren Erkenntnissen (Grünthal und Meier, 1996), kein Schlüsselbeben.

Im NLFb-Gutachten führte, nach damaliger Sachlage völlig zu Recht, die Verschiebung des Bebens in der Prignitz in Standortnähe zu einer Standortintensität von 7. Da es nach neueren Erkenntnissen das Schadenbeben in der Prignitz nicht gegeben hat, ist die Standortintensität im BGR-Gutachten geringer. Da die weiteren Parameter, insbesondere Maximalbeschleunigungen und die Eckpunkte der Antwortspektren, von der Intensität abhängen, sind auch diese Werte im BGR-Gutachten niedriger als im NLFb-Gutachten.

Das BGR-Gutachten ist in seiner Vorgehensweise sehr gründlich und es werden stets ausreichend konservative Annahmen gemacht:

- Trotz Unsicherheiten bei der Beurteilung der Bewegungsaktivität der Sockelstörung unter der Salzmauer Broistedt – Vechelde – Rolfsbütte-Wendeburg wird ein Beben an dieser Störung in minimal 2 km Standortentfernung als möglich angesehen.
- Das stärkste Beben der Nachbarregion ‚Altmark‘ wird wegen der Nähe der Regionsgrenze zum Standort in Standort Nähe gelegt (also 2 km Entfernung) und nicht auf die 12 km entfernte Grenze.
- Zur Abdeckung der Unsicherheiten durch den eingeschränkten Beobachtungszeitraum des zu Grunde liegenden Erdbebenkataloges wird bei der Festlegung des Bemessungsbebens zum deterministisch bestimmten Intensitätswert eine halbe Intensität hinzugerechnet.
- Bei der probabilistischen Betrachtung wird aus zwei alternativen Modellen das konservativere gewählt und zusätzlich werden die Intensitäten der maximal möglichen Beben in den einzelnen Regionen um eine Intensität erhöht.
- Bei der Bestimmung der maximalen Beschleunigung wird die Resultierende der Horizontalkomponenten betrachtet und nicht eine Einzelkomponente.

In der vorliegenden Stellungnahme wurde ermittelt, dass sich in der Zeit nach der Erstellung des BGR-Gutachtens keine Beben ereignet haben, die Anlass zur Änderung der im BGR-Gutachten getroffenen Aussagen geben könnten.

Weiterhin wurde der denkbare Einfluss von Beben in der Niederrheinischen Bucht, wie sie als Paläobeben nach dem Stand des BGR-Gutachtens gefunden wurden, untersucht. Auf Grund der Herdentfernung, die im ungünstigsten Fall bei ca. 280 km liegt, ergeben sich aus den Paläobeben keine Änderungen der für das Bemessungsbeben anzusetzenden Standortintensität.

Eine Abschätzung des Einflusses des Grenzverlaufes der seismogeographischen Einheiten und damit der Quellregionen des Seismizitätsmodelles führt zu keiner höheren Standortintensität als im BGR-Gutachten. Das liegt nicht zuletzt daran, dass im BGR-Gutachten ohnehin das stärkste Beben der Nachbarregion ‚Altmark‘ ohne Berücksichtigung der Grenze der Regionen in Standortnähe wirkend angenommen wurde. Außerdem wurden im BGR-Gutachten völlig unabhängig von Regionsgrenzen alle Beben im 200 km bzw. 50 km Unkreis um den Standort berücksichtigt.

Das BGR-Gutachten ist auch nach heutigem Sachstand auf dem Stand von Wissenschaft und Technik. Die Aussage des BGR-Gutachtens, dass die Auslegung des Endlagers Konrad mit den ingenieurseismologischen Kenndaten des Gutachtens von 1984, die vom NLFB-Gutachten 1995 übernommen wurden, gegen höhere Erdbebenlasten als im BGR-Gutachten mit konservativen Parametern gefordert, erfolgte, hat nach Ansicht des Unterzeichners Bestand.

Bensberg, 28. November 2000



- Leiter der Abt. Erdbeningenologie, Uni. Köln -

6. Literatur

- Ahorner, L. (1983). Seismicity and neotectonic structural activity of the Rhine graben system in Central Europe. In: Ritsema, A.R. and Gürpınar, A. (eds.). Seismicity and seismic risk in the offshore North Sea area, R. Reidel, Dordrecht, 101-111.
- Ahorner, L., H. Murawski und G. Schneider (1970). Die Verbreitung schadenverursachender Beben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Z. Geophys., 36, 313-343.
- Camelbeeck T. and Meghraoui, M. (1996). Large earthquakes in Northern Europe more likely than once thought. Eos, Transactions, American Geophysical Union, 77, N°42, 405, 409.
- Camelbeeck T. and Meghraoui, M. (1998). Geological and geophysical evidence for large paleoearthquakes with surface faulting in the Roer Graben (Northwest Europe). Geophysical Journal International, 132, 347-362.
- Camelbeeck, T. Vanneste, K., Verbeeck, K., Meghraoui, M., Pelzing, R., Hinzen, K.-G., Dost, B. and M. Van Den Berg, (2000). Long term seismic activity in the Lower Rhine Embayment. HAN2000 Workshop, Han-sur-Lesse, Belgium, 35-38.
- Cornell, C. A. (1968). Engineering risk analysis. Bull. Seism. Soc. Am., 58, 1503-1606.
- KTA 2201.1 (1975). Sicherheitstechnische Regel des KTA (Kerntechnischer Ausschuß): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 1: Grundsätze.
- KTA 22001.2 (1979). Entwurf sicherheitstechnische Regel des KTA. Kerndaten seismischer Erregung.
- KTA 2201.1 (1990). Sicherheitstechnische Regel des KTA (Kerntechnischer Ausschuß): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 1: Grundsätze; Fassung 9/90. Kerntechnischer Ausschuß (KTA). Carl Hauptmanns Verlag, Köln, Berlin.
- Grünthal, G. und R. Meier (1996). Das ‚Prignitz‘ Beben von 1409. Brandenburgische Geowiss. Beitr., 2, 2, 5-27, Kleinmachnow.
- Hosser, D. (1987). Realistische seismische Lastannahmen für Bauwerke. Ergebnisse einer interdisziplinären Forschungsarbeit. Bauingenieur, 62, P. 567-574, Springer-Verlag.

- IfBt-Abschlußbereich (1986). Realistische seismische Lastannahmen für Bauwerke. König und Heunisch, Beratende Ingenieure Frankfurt a. Main / Erdbebenstation Bensberg der Universität zu Köln / Institut für Geophysik der Universität Stuttgart. Im Auftrag des Instituts für Bautechnik, Berlin, 334p (Aktenzeichen IV/1-5-442/85, 443/85, 441/85), Berlin.
- Leydecker, G. (1986). Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten für die Jahre 1000-1981. Geolog. Jahrb. E36, 1-83.
- Leydecker, G. (2000). Erdbebenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten. Aktueller Datenfile, BGR Hannover.
- Leydecker, G. und H. Aichele (1994). The Seismogeographical Regionalization for Germany. – The Prime Example for the Third Level Regionalization. European Seismological Commission, XXIV General Assembly 1994 Sep. 19-24 Athens, Greece. K. Makropoulos & P. Suhadolc (eds.): Proceedings and Activity Report 1992-1994, 3, 822-834.
- Leydecker, G. und J. Kopera (1996). Seismologisches Gutachten für den Standort Konrad. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Archiv-Nr. 114 969.
- McGuire, R.K. (1976). FORTRAN computer program for seismic risk analysis. US Dep. of the Interior, Geological Survey, Open-File Report 76-67, pp90.
- Murphy, J.R. and L.J. O'Brian (1977). The correlation of peak ground acceleration amplitude with seismic intensity and other physical parameters. Bull. Seism. Soc. Am., 67, p. 877-915.
- Sponheuer, W. (1960). Methoden der Herdtiefenbestimmung in der Makroseismik. Freiburger Forschungshefte, C88, 1-120.
- Sponheuer, W. (1962). Untersuchung zur Seismizität in Deutschland. Veröff. Inst. Bodendyn. Erdbebenf., 72, 23-52.

Gutachten

- Plan Konrad (1990). Plan Endlager für radioaktive Abfälle, Schachtanlage Konrad, Textband 1,9/86 i. d. Fassung 4/90. Bundesamt für Strahlenschutz. (als Auszug)

NLFB-Gutachten zum Standort Konrad (1995), Steinwachs, M., Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 219-229.

BGR-Gutachten (1996): Leydecker, G. und J. Kopera. Seismologisches Gutachten für den Standort Konrad. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, Archiv Nr. 114 969.

7. Anhang

Tabelle A1: Auszug aus der Datenbank des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg (SZGRF) mit Beben einer Lokalmagnitude größer oder gleich 3 im Bereich der Bundesrepublik Deutschland und angrenzender Gebiete. Die markierten Beben haben Epizentren in Entfernungen vom Standort Konrad, die kleiner als 200 km sind. In der Spalte Typ ist angegeben, ob es sich um lokale Beben (L) oder (bergbaulich-) induzierte Ereignisse (i) handelt. Unter Dist. ist die Entfernung zum Standort Konrad angegeben.

Datum	Zeit (UTC)	Breite	Laenge	Dist (km)	Tiefe	ML	Quelle	Typ	Region
03/24/95	18:38:48	47.84	8.82	495.5		10	3.3 SZGRF	L	Southern Black Forest
06/25/95	18:53:11	47.78	8.94	502.3		10	3.7 SZGRF	L	Lake of Constance Area
06/27/95	17:18:54	47.79	12.88	518.9			3.2 SZGRF	L	Bad Reichenhall
08/03/95	17:47:05	52.44	7.63	191.7		1	3.4 SZGRF	i	Southern Lower Saxony
04/24/96	9:37:03	47.80	7.79	521.6		10	3.0 SZGRF	L	Southern Black Forest
05/07/96	22:17:44	51.60	6.45	280.0		5	3.1 SZGRF	L	Krefeld Block
06/28/96	3:43:13	47.83	8.82	496.6		5	3.1 SZGRF	L	Lake of Constance Area
07/15/96	22:22:03	47.82	12.47	527.8		10	3.3 SZGRF	L	Reit i. Winkl
07/23/96	22:30:22	50.45	6.12	355.4		5	3.9 SZGRF	L	Venn Area
08/23/96	19:35:39	50.37	7.37	292.1		10	3.1 SZGRF	L	Middle Rhine Area
08/24/96	23:39:05	48.12	7.68	491.4		15	3.3 SZGRF	L	Upper Rhine Graben
09/11/96	3:38:38	51.44	11.84	128.6		1	4.8 SZGRF	i	Halle a. d. Saale
10/29/96	12:00:14	50.34	6.85	321.6		10	3.1 SZGRF	L	Adenau/Eifel, W of Koblenz
11/21/96	23:08:19	47.48	10.25	522.4		1	3.0 SZGRF	L	Immenstadt/Allgaeu
02/01/97	14:02:01	47.79	7.54	529.3		10	3.5 SZGRF	L	Loerrach/Upper Rhine Graben
07/30/97	21:24:17	50.24	8.01	272.9		10	3.1 SZGRF	L	Limburg/Lahn
09/02/97	0:30:50	47.58	7.75	545.6		10	3.0 SZGRF	L	Saeckingen
09/03/97	21:48:50	49.14	6.73	426.2		1	3.1 SZGRF	i	Lauterbach, SW of Saarbrücken
10/21/97	16:44:39	48.78	9.72	380.9		10	4.0 SZGRF	L	Geislingen/Swabian Jura
11/10/97	16:13:06	50.39	10.29	198.9		10	3.1 SZGRF	L	Bad Neustadt a. d. Saale
11/29/97	20:06:09	50.31	8.35	252.5		7	4.0 SZGRF	L	Bad Homburg/Taunus
11/29/97	10:54:38	50.27	8.33	257.0		10	3.5 SZGRF	L	Limburg/Lahn
01/05/98	4:47:54	49.16	6.80	421.4		1	3.6 SZGRF	i	Lauterbach, SW of Saarbrücken
01/09/98	23:26:34	49.36	6.83	402.2		1	3.1 SZGRF	i	Saarbruecken-West
09/18/98	0:00:08	51.83	7.57	198.7		1	3.0 SZGRF	i	Muenster, Westfalen
11/07/98	16:16:55	50.21	7.83	283.4		10	3.2 SZGRF	L	Bad Ems
11/10/98	9:17:41	50.21	7.87	281.6		10	3.2 SZGRF	L	Bad Ems
12/17/98	19:36:24	47.63	7.66	542.7		10	3.1 SZGRF	L	Loerrach/Upper Rhine Graben
04/17/99	9:11:25	52.29	7.71	184.7		1	3.0 SZGRF	i	Tecklenburg/Ibbenbuehren
05/15/99	5:34:29	47.76	12.86	521.6		10	3.1 SZGRF	L	Bad Reichenhall
06/06/99	17:51:59	49.13	6.79	424.5		1	3.0 SZGRF	i	Lauterbach, SW of Saarbrücken
06/08/99	2:01:24	49.16	6.85	419.2		1	3.0 SZGRF	i	Lauterbach, SW of Saarbrücken
08/11/99	1:12:57	49.50	6.68	396.9		10	3.7 SZGRF	L	Lebach, N of Saarbrücken
11/04/99	5:49:43	47.81	7.80	520.3		10	3.0 SZGRF	L	Freiburg i. Breisgau
01/20/00	3:03:18	50.59	7.26	281.4		5	3.8 SZGRF	L	Ahrweiler, S of Bonn
05/19/00	19:22:41	53.47	11.10	150.9		10	3.4 SZGRF	L	Wittenburg, SW of Schwerin
06/14/00	2:25:20	49.26	6.59	421.7		1	3.6 SZGRF	i	Hemmersdorf, W of Saarlouis
07/26/00	12:19:23	50.25	8.04	270.7		10	3.5 SZGRF	L	Limburg/Lahn