

**NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG****Geowissenschaftliches Gutachten  
zu den Antragsunterlagen für ein  
"Endlager für radioaktive Abfälle in der  
Schachtanlage Konrad / Salzgitter"**

(Mai 1995)

**Auftraggeber:** Niedersächsisches Umweltministerium (MU)

**Archiv-Nr.:** 111 134

**Tgb.-Nr. :** N 3 - 1207/95 -

**TK 25 :** Bl. 3528-30, 3627-29, 3728-29, 3827-29, 3927-29

**Anlagen :** 59 (Anlagenband)

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>ANLAGENVERZEICHNIS</b>	<b>V</b>
<b>0</b>	
<b>ZUSAMMENFASSUNG ( [REDACTED] [REDACTED] )</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	
<b>EINFÜHRUNG ( [REDACTED] [REDACTED] )</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	
<b><u>Veranlassung</u></b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	
<b><u>Datenbasis</u></b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	
<b><u>Vorgehensweise</u></b>	<b>19</b>
<b>2</b>	
<b>GEOLOGIE</b>	<b>20</b>
<b>2.1</b>	
<b><u>Standortbeschreibung Geologie</u></b>	<b>20</b>
<b>2.1.1</b>	
<b><u>Regionaler Überblick ( [REDACTED] )</u></b>	<b>20</b>
<b>2.1.1.1</b>	
<b>Darstellung des Antragstellers</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1.2</b>	
<b>Stellungnahme des NLfB</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2</b>	
<b><u>Stratigraphie ( [REDACTED] )</u></b>	<b>22</b>
<b>2.1.2.1</b>	
<b>Liegendschichten (Zechstein bis Oxfordbasis)</b>	<b>23</b>
<b>2.1.2.1.1</b>	
<b>Darstellung des Antragstellers</b>	<b>23</b>
<b>2.1.2.1.2</b>	
<b>Stellungnahme des NLfB</b>	<b>29</b>
<b>2.1.2.2</b>	
<b>Einlagerungsschichten (Oxford)</b>	<b>53</b>
<b>2.1.2.2.1</b>	
<b>Darstellung des Antragstellers</b>	<b>53</b>
<b>2.1.2.2.2</b>	
<b>Stellungnahme des NLfB</b>	<b>54</b>
<b>2.1.2.3</b>	
<b>Hangendschichten (Kimmeridge bis Quartär)</b>	<b>61</b>
<b>2.1.2.3.1</b>	
<b>Darstellung des Antragstellers</b>	<b>61</b>
<b>2.1.2.3.2</b>	
<b>Stellungnahme des NLfB</b>	<b>68</b>
<b>2.1.2.4</b>	
<b>Bewertung zur Stratigraphie</b>	<b>109</b>
<b>2.1.3</b>	
<b><u>Petrographie, Mineralogie, Geochemie ( [REDACTED] )</u></b>	<b>112</b>
<b>2.1.3.1</b>	
<b>Darstellung des Antragstellers</b>	<b>112</b>
<b>2.1.3.2</b>	
<b>Stellungnahme des NLfB</b>	<b>117</b>
<b>2.1.3.3</b>	
<b>Bewertung zur Petrographie, Mineralogie, Geochemie</b>	<b>141</b>
<b>2.1.4</b>	
<b><u>Tektonik [REDACTED] [REDACTED]</u></b>	<b>145</b>
<b>2.1.4.1</b>	
<b>Fernerkundung</b>	<b>146</b>
<b>2.1.4.1.1</b>	
<b>Darstellung des Antragstellers</b>	<b>146</b>
<b>2.1.4.1.2</b>	
<b>Stellungnahme des NLfB</b>	<b>147</b>
<b>2.1.4.2</b>	
<b>Strukturgeologie</b>	<b>151</b>
<b>2.1.4.2.1</b>	
<b>Darstellung des Antragstellers</b>	<b>151</b>
<b>2.1.4.2.2</b>	
<b>Stellungnahme des NLfB</b>	<b>157</b>
<b>2.1.4.3</b>	
<b>Kleintektonik</b>	<b>180</b>
<b>2.1.4.3.1</b>	
<b>Darstellung des Antragstellers</b>	<b>180</b>
<b>2.1.4.3.2</b>	
<b>Stellungnahme des NLfB</b>	<b>182</b>
<b>2.1.4.4</b>	
<b>Bewertung zur Tektonik</b>	<b>195</b>

2.1.5	<u>Rohstoffvorkommen ( [REDACTED] )</u>	198
2.1.5.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	198
2.1.5.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	203
2.1.5.3	<u>Bewertung zu Rohstoffvorkommen ( [REDACTED] )</u>	217
2.2	<u>Standortbeschreibung Seismologie ( [REDACTED] )</u>	219
2.2.1	<u>Seismologisch relevante tektonische Strukturen</u>	219
2.2.1.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	219
2.2.1.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	220
2.2.2	<u>Regionale seismologische Verhältnisse</u>	222
2.2.2.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	222
2.2.2.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	222
2.2.3	<u>Bemessungserdbeben für den Standort</u>	224
2.2.3.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	224
2.2.3.1.1	<u>Lastannahmen über Tage</u>	224
2.2.3.1.2	<u>Lastannahmen unter Tage</u>	225
2.2.3.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	226
2.2.3.2.1	<u>Lastannahmen über Tage</u>	226
2.2.3.2.2	<u>Lastannahmen unter Tage</u>	226
2.2.4	<u>Bewertung zur Standortbeschreibung Seismologie</u>	228
2.3	<u>Geologische Langzeitprognose ( [REDACTED] )</u>	230
2.3.1	<u>Klimaveränderungen</u>	230
2.3.1.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	230
2.3.1.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	231
2.3.2	<u>Abtragung und epirogene Bewegungen</u>	237
2.3.2.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	237
2.3.2.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	238
2.3.3	<u>Einflüsse benachbarter Salzstrukturen</u>	241
2.3.3.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	241
2.3.3.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	241
2.3.4	<u>Magmatismus</u>	244
2.3.4.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	244
2.3.4.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	245
2.3.5	<u>Bewertung zur Geologischen Langzeitprognose</u>	248
2.4	<u>Geologische Bewertung ( [REDACTED] )</u>	251
2.4.1	<u>Geologische Barriere</u>	251
2.4.1.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	251
2.4.1.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	254
2.4.2	<u>Langzeitsicherheit</u>	260
2.4.2.1	<u>Darstellung des Antragstellers</u>	261
2.4.2.2	<u>Stellungnahme des NLfB</u>	261

3	<b>HYDROLOGIE UND HYDROGEOLOGIE</b>	264
3.1	<b><u>Standortbeschreibung Hydrologie</u></b> ( [REDACTED] )	264
3.1.1	<b><u>Regionaler Überblick</u></b> [REDACTED]	264
3.1.1.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	264
3.1.1.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	265
3.1.2	<b><u>Wasserhaushalt</u></b> ( [REDACTED] )	267
3.1.2.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	267
3.1.2.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	269
3.1.3	<b><u>Wasserbeschaffenheit</u></b> [REDACTED]	271
3.1.3.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	272
3.1.3.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	272
3.1.4	<b><u>Wasserbewirtschaftung</u></b> [REDACTED]	273
3.1.4.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	274
3.1.4.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	275
3.1.5	<b><u>Bewertung zur Standortbeschreibung Hydrologie</u></b> ( [REDACTED] )	277
3.2	<b><u>Standortbeschreibung Hydrogeologie</u></b> ( [REDACTED] )	279
3.2.1	<b><u>Regionaler Überblick</u></b> [REDACTED]	279
3.2.1.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	279
3.2.1.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	280
3.2.2	<b><u>Hydrogeologischer Bau</u></b> [REDACTED]	281
3.2.2.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	281
3.2.2.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	287
3.2.2.3	<b>Bewertung zum Hydrogeologischen Bau</b>	299
3.2.3	<b><u>Hydraulische Kenndaten</u></b> ( [REDACTED] )	301
3.2.3.1	<b><u>Hydraulische Kenndaten des ungestörten Gebirge</u></b>	301
3.2.3.1.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	301
3.2.3.1.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	310
3.2.3.2	<b><u>Hydraulische Kenndaten des gestörten Gebirges</u></b>	333
3.2.3.2.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	333
3.2.3.2.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	335
3.2.3.3	<b><u>Hydraulische Kenndaten der alten Tiefbohrungen und der Bohrung K 101</u></b>	337
3.2.3.3.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	338
3.2.3.3.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	342
3.2.3.4	<b>Bewertung zu Hydraulische Kenndaten</b>	344
3.2.4	<b><u>Grundwasserbeschaffenheit</u></b> [REDACTED]	348
3.2.4.1	<b><u>Oberflächennahe Grundwässer</u></b>	348
3.2.4.1.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	348
3.2.4.1.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	350
3.2.4.2	<b><u>Tiefe Grundwässer</u></b>	354
3.2.4.2.1	<b>Darstellung des Antragstellers</b>	354
3.2.4.2.2	<b>Stellungnahme des NLfB</b>	361
3.2.4.3	<b>Bewertung zur Grundwasserbeschaffenheit</b>	365

3.2.5	<u>Sorption</u> ( )	367
3.2.5.1	Darstellung des Antragstellers	368
3.2.5.2	Stellungnahme des NLfB	370
3.2.5.3	Bewertung zur Sorption	378
3.2.6	<u>Grundwasserbewegung</u> ( )	380
3.2.6.1	Darstellung des Antragstellers	380
3.2.6.2	Stellungnahme des NLfB	381
3.2.6.3	Bewertung zur Grundwasserbewegung	385
3.2.7	<u>Grundwassernutzung</u> ( )	387
3.2.7.1	Darstellung des Antragstellers	388
3.2.7.2	Stellungnahme des NLfB	389
3.2.7.3	Bewertung zur Grundwassernutzung	392
3.3	<u>Hydrogeologische Langzeitprognose</u> ( )	393
3.3.1	Darstellung des Antragstellers	393
3.3.2	Stellungnahme des NLfB	395
3.3.3	Bewertung zur Hydrogeologischen Langzeitprognose	398
3.4	<u>Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung</u> ( )	400
3.4.1	Darstellung des Antragstellers	400
3.4.2	Stellungnahme des NLfB	406
3.4.3	Bewertung zu den Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung	411
3.5	<u>Hydrogeologische Bewertung</u> ( )	413
3.5.1	<u>Wirtsgestein und Gebirgsbarrieren</u> ( )	413
3.5.1.1	Darstellung des Antragstellers	413
3.5.1.2	Stellungnahme des NLfB	415
3.5.2	<u>Langzeitsicherheit</u> ( )	420
3.5.2.1	Darstellung des Antragstellers	420
3.5.2.2	Stellungnahme des NLfB	421
4	<b>GEOWISSENSCHAFTLICHE GESAMTBEWERTUNG</b> ( )	423
5	<b>SCHRIFTEN UND UNTERLAGEN</b>	429
5.1	<u>Literatur</u>	429
5.2	<u>Berichte</u>	460
5.3	<u>Erläuternde Unterlagen</u>	464

## ANLAGENVERZEICHNIS

- 2.1.1/1 Koordinatenangaben für wichtige Bezugspunkte im Modellgebiet Konrad
- 2.1.2/1 Zusammenstellung der im Kapitel 2.1.2 beschriebenen stratigraphischen Einheiten und ihrer wichtigsten lithologischen Merkmale
- 2.1.3/1 Mineralogische Zusammensetzung von Gesteinsproben der Tiefbohrung Konrad 101 - Quarz- und Calcitgehalt (in M.-%) -
- 2.1.3/2 Mineralogische Zusammensetzung von Gesteinsproben der Tiefbohrung Konrad 101 - Smektit-, Kaolinit- und Illitgehalt (in M.-%) -
- 2.1.3/3 Vergleichstabelle der Mittelwerte und Standardabweichungen ausgewählter geochemischer Parameter
- 2.1.3/4 Vergleichstabelle der Mittelwerte und Standardabweichungen ausgewählter mineralogischer Parameter
- 2.1.3/5 Zusammenstellung von Vitrinitreflexions-Messungen am Standort Konrad
- 2.1.3/6 Korrelation von geophysikalischen Bohrlochmessungen (SP, Widerstand) und Litholog
- 2.1.4/1 Lage ausgewählter geologischer bzw. hydrogeologischer Profile im Modellgebiet Konrad
- 2.1.4/2 Legende zu den geologischen Profilen (Anlagen 2.1.4/3 - 2.1.4/13)
- 2.1.4/3 Profil 1
- 2.1.4/4 Profil 3
- 2.1.4/5 Profil 6
- 2.1.4/6 Profil 10
- 2.1.4/7 Profil 12
- 2.1.4/8 Profil 15
- 2.1.4/9 Profil 16
- 2.1.4/10 Profil 20
- 2.1.4/11 Profil 25

- 2.1.4/12 Profil 29
- 2.1.4/13 Profil A
- 2.1.4/14 Strukturskizze des Modellgebietes Konrad
  
- 2.2.2/1 Liste der Erdbeben im Umkreis von ca. 200 km um den Standort Konrad
- 2.2.2/2 Lage des Standortes Konrad auf der Karte der Erdbebenzonen nach KTA 2201/1 (1975)
- 2.2.3/1 Frequenzantwortspektren für den Standort Konrad
- 2.2.3/2 Registrierungen der horizontalen Bodenbeschleunigung an der Erdoberfläche und im Bohrloch in 35 m und 165 m Tiefe während des Round-Valley-Erdbebens mit  $M_L = 5.8$  (oben) und während des Chalfant-Valley-Erdbebens mit  $M_L = 6.4$  (unten) nach SEALE & ARCHULETA (1989)
  
- 3.1.1/1 Gewässernetz im Modellgebiet Konrad
  
- 3.2.2/1 Standardprofil Hydrogeologie
- 3.2.2/2 Legende zu den hydrogeologischen Profilen
- 3.2.2/3 Hydrogeologisches Profil 1
- 3.2.2/4 Hydrogeologisches Profil 5
- 3.2.2/5 Hydrogeologisches Profil 9
- 3.2.2/6 Hydrogeologisches Profil 10
- 3.2.2/7 Hydrogeologisches Profil 15
- 3.2.2/8 Hydrogeologisches Profil 20
- 3.2.2/9 Hydrogeologisches Profil 25
- 3.2.2/10 Hydrogeologisches Profil 29
- 3.2.2/11 Hydrogeologisches Profil B
- 3.2.2/12 Hydrogeologisches Übersichtsprofil C
- 3.2.2/13 Legende zu den Tiefenlinienplänen
- 3.2.2/14 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Quartär (Nr. 1)
- 3.2.2/15 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Tertiär (Nr. 2)
- 3.2.2/16 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Emscher-Mergel (Nr. 3)
- 3.2.2/17 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Plänerkalke bis Flammenmergel (Nr. 4)

- 3.2.2/18 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Alb (tonig) (Nr. 5)
- 3.2.2/19 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Hilssandstein (Nr. 6)
- 3.2.2/20 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Apt bis Basis Unterkreide (tonig) (Nr. 7)
- 3.2.2/21 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Valangin (sandig) + Wealden (Nr. 9)
- 3.2.2/22 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Tithon + Kimmeridge (Nr. 10)
- 3.2.2/23 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Oxford (Nr. 11)
- 3.2.2/24 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Cornbrash-Sandstein (Nr. 13)
- 3.2.2/25 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Dogger-beta-Sandstein (Nr. 15)
- 3.2.2/26 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Hettangium + Oberer Keuper (Nr. 17)
- 3.2.2/27 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Oberer Muschelkalk (Nr. 19)
- 3.2.2/28 Tiefenlinienpläne des NLfB und des Antragstellers
  
- 3.2.3/1 Gebirgsdurchlässigkeit (Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  in m/s)
- 3.2.3/2 Effektive Gebirgsporosität  $P^*$  (%)
  
- 3.2.5/1 KD-Werte (ml/g) verschiedener Nuklide \* (NLfB)
  
- 3.2.6/1 Grundwasserhöhengleichenplan für das Modellgebiet Konrad

## 0 Zusammenfassung ( [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] )

### Einführung

Der Auftrag der Genehmigungsbehörde (MU) zur Begutachtung des Planfeststellungsantrages Konrad durch das NLFB beinhaltet die sicherheitstechnische Beurteilung des geplanten Endlagers aus geowissenschaftlicher Sicht nach dem Stand von Wissenschaft und Technik.

### Datenbasis

Die geowissenschaftliche Prüfung und Bewertung des Vorhabens wurde auf der Basis der vom Antragsteller eingebrachten Unterlagen vorgenommen. Dazu gehören neben dem Plan Konrad 4/90 die diesem zugeordneten Erläuternden Unterlagen (EU). Ergänzend wurden die Ergebnisse eigener Auswertungen z.B. von Stichprobenuntersuchungen von Gesteinen, von geophysikalischen Bohrlochdiagrammen und von reflexionsseismischen Messungen in die Bewertung einbezogen. Insbesondere standen uns aus unserem Archiv dafür u.a. 472 Tiefbohrungen (von denen 256 Tiefbohrungen vom Antragsteller modern ausgewertet wurden), 44 Seismikprofile mit insgesamt 380 km Länge sowie weitere Literatur und Fachberichte für unsere Prüfarbeiten zur Verfügung. Somit ergab sich eine ausreichende Datenbasis für unsere Bewertung.

### Geologie

Als Grundlage für die geowissenschaftliche Bewertung des Endlager-  
vorhabens in der Grube Konrad müssen zunächst Ausbildung und  
Altersabfolge der vorhandenen Gesteinsschichten (= Stratigraphie)  
und deren Lagerung, Gefüge etc. (= Tektonik) erfaßt und beschrieben  
werden. Hierbei sind die vorgesehenen Einlagerungsschichten  
(Wirtsgesteine) und die Barrierschichten in ihrer faziellen,  
räumlichen und zeitlichen Beziehung darzustellen und die natürliche  
Abschirmung des geplanten Endlagers gegen die Biosphäre zu bewerten.  
Daraus können dann die erforderlichen Kenntnisse für die

hydrostratigraphische und tektogenetische Gliederung des Gebirges (Stockwerksbau) abgeleitet werden, die z.B. zur Erstellung von Grundwassermodellen für Rechnungen zur Langzeitsicherheit benötigt werden.

#### - Stratigraphie und Tektonik

Für das Endlagervorhaben sind alle geologischen Schichten vom Zechstein bis zum Quartär zu betrachten (Anl. 2.1.2/1). Im Rahmen unserer Prüfarbeiten haben wir die Angaben zur Stratigraphie in den Antragsunterlagen anhand der eingangs erwähnten Datenbasis begutachtet. Dabei haben wir auch einige Ergänzungen im Detail (s. Kap. 2.1.2) besonders für den Mittleren Buntsandstein, für den Mittleren Muschelkalk, für das Tithon, für die Oberkreide und für das Tertiär vorgenommen. Dies führte zu einer Aktualisierung und Vervollständigung der stratigraphischen Standortbeschreibung und ermöglichte eine fundierte Bewertung der Angaben des Antragstellers. - Insgesamt sind aufgrund dieser Prüfung die Aussagen des Antragstellers im wesentlichen zu bestätigen. Die vorgenommenen Ergänzungen sind bei der weiteren Bewertung des Vorhabens mit berücksichtigt.

Für unsere Prüfarbeiten zur Tektonik war es erforderlich, eigene Tiefenlinienpläne und Schnitte zur Verbreitung, Mächtigkeit und den Lagerungsverhältnissen der Schichten vom Zechstein bis zum Quartär im Modellgebiet Konrad zu erstellen. Hierbei haben sich gegenüber den Unterlagen des Antragstellers einige Unterschiede im Detail ergeben, die bei unserer Bewertung berücksichtigt wurden. Insgesamt sind aufgrund unserer Prüfungen die Angaben in den Antragsunterlagen über Alter und Entwicklung der tektonischen Strukturen und über die Lagerungsverhältnisse der einzelnen Schichten im Bereich der verschiedenen strukturgeologischen Einheiten in den wesentlichen Punkten zu bestätigen. Die von uns veranlaßten Auswertungen von Satellitenbildern haben nicht zur Entdeckung bisher unbekannter Strukturen oder Strukturelemente geführt. Dies ist ein Hinweis darauf, daß durch die im Modellgebiet Konrad vorliegenden umfangreichen geotektonischen Unterlagen alle wesentlichen Strukturen erfaßt worden sind.

Die Angaben des Antragstellers zur Kleintektonik, besonders bei den Einlagerungsschichten (Wirtsgesteine) einschließlich ihres Trennflächeninventars im Grubenbereich Konrad, haben wir überprüft. Die Angaben in den Antragsunterlagen entsprechen dem Stand der Kenntnisse. Einzelne tektogenetische Deutungen und Interpretationen sind noch in der geowissenschaftlichen Diskussion, wie die teilweise ungeklärte Altersabfolge unterschiedlich gerichteter Störungs- und Kluftsysteme. Die Klärung dieser Fragen ist aber für die Prognose der zukünftigen tektogenetischen Entwicklung am Standort nicht erforderlich.

Die mächtigen, überwiegend tonigen Dogger-Schichten unterlagern als wirksame Barriere die vorwiegend karbonatischen, eisenerzhaltigen Einlagerungsschichten in ihrem gesamten Verbreitungsbereich innerhalb des Modellgebietes Konrad. Die ebenfalls mächtigen tonigen Gesteine der Unterkreide (Hauterive, Barrême, Apt) überdecken die Einlagerungsschichten sowie die Schichten des Kimmeridge und des Tithon als wirksame Barriere-Schichten nahezu im gesamten Modellgebiet. Lediglich im Bereich des Salzstockes Calberlah streichen die Schichten vom Dogger bis zur tieferen Unterkreide oberflächennah unter relativ geringmächtigen Quartär- und teilweise Tertiär-Schichten aus. Die mächtigen tonigen Schichten der höheren Unterkreide (Alb) sind vom Grubenbereich Konrad bis zur Aufschiebungszone Rühme-Vordorf (Kap. 2.1.4.2.2) vorhanden und stellen ebenfalls wirksame Barriere-Schichten dar.

Nach geologisch-hydrogeologischen Beobachtungen und den bergmännischen Erfahrungen bilden tektonische Störungen bzw. Störungszonen im Grubenbereich Konrad keine Wasserwegsamkeiten mit Verbindungen zur Erdoberfläche oder zum oberflächennahen Grundwasser (s. Kap. 2.4.1.2 und 3.5.1.2).

#### - Petrographie, Mineralogie, Geochemie

Grundsätzlich sind alle das geplante Endlager umhüllenden Gesteinsschichten geologische Barrieren, die eine Ausbreitung von Schadstoffen behindern.

Die tonigen Sedimente des Alb (Ausnahme: Oberalb in Flammenmergel-  
fazies) und des Oberapt sind wegen ihres hohen Smektitanteils in  
der Matrix, ihrer Zeolithführung, ihrem sehr hohen Feinkornanteil,  
ihrer geringen bis mäßigen diagenetischen Verfestigung und ihrer  
überwiegend als Detritus oder Mikrofossilreste vorliegenden Kar-  
bonatanteile besonders wirksame Barrieregesteine. Die Barriere-  
eigenschaften der tonigen Sedimente des Unterapt, des Barrême, des  
Hauterive und des tonigen Valangin (= tonige Unterkreide) sind  
etwas ungünstiger zu bewerten, da diese Schichten keinen Smektit-  
anteil haben, größere Inhomogenitäten in der mineralischen Zusam-  
mensetzung und eine etwas höhere Verfestigung aufweisen. Sie gehö-  
ren aber ebenfalls zu den wirksamen Barrieregesteinen. Die tonigen  
Sedimente des oberen Dogger ähneln in ihrer Ausbildung der tonigen  
Unterkreide, zeigen jedoch eine etwas höhere diagenetische Ver-  
festigung. Trotz dieser Einschränkung zählen auch sie zu den wirk-  
samen Barrieregesteinen. Demnach sind im Liegenden und im Hangen-  
den der Einlagerungsschichten mächtige wirksame Barrierschichten  
vorhanden, die eine Ausbreitung von Nukliden mit dem Grundwasser  
behindern.

#### - Rohstoffvorkommen

Bei der Standortbewertung waren wirtschaftlich bedeutende minera-  
lische Rohstoffvorkommen zu berücksichtigen. In den Antragsunter-  
lagen wird lediglich auf Eisenerz- und auf Kohlenwasserstoff-Vor-  
kommen eingegangen. In unsere Prüfarbeiten haben wir auch Vorkom-  
men von Salzen sowie von Steinen und Erden einbezogen und bei den  
Eisenerzen mehr Details und neuere Daten berücksichtigt. Bei der  
Prüfung der Frage einer möglichen späteren Nutzung der Eisenerze  
sind auch Arbeitsergebnisse des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt ein-  
geflossen. Hieraus ergab sich, daß ein späterer Abbau der nördlich  
der Grube Konrad gelegenen Eisenerzvorkommen im Korallenoolith  
grundsätzlich möglich bleibt. Das geplante Endlager hat nach unse-  
ren Prüfergebnissen auch keine nachteiligen Auswirkungen auf die  
gegenwärtige oder zukünftige Exploration und Gewinnung von Kohlen-  
wasserstoffen, von Salzen sowie von Steinen und Erden.

## Seismologie

Das Modellgebiet Konrad liegt in der seismotektonischen Einheit Norddeutsches Tiefland, die eine geringe Seismizität besitzt; d.h. Erdbeben, insbesondere Schadensbeben, sind in diesem Raum seltene Ereignisse. Bestimmend für das Bemessungserdbeben für den Standort ist das Erdbeben bei Wittstock aus dem Jahre 1410, das nach den vorliegenden historischen Berichten eine maximale Intensität von  $I=7$  (MSK) gehabt haben muß. Ausgehend von dem Regelwerk für die Auslegung von kerntechnischen Anlagen gegen seismische Einwirkungen KTA 2201.1 kommen wir unter Berücksichtigung der seismologisch relevanten tektonischen Strukturen im Modellgebiet zu dem Schluß, daß die ermittelten Lastannahmen für über Tage nach dem Stand der Wissenschaft konservativ sind. Für die Ermittlung der Lastannahmen für unter Tage existieren keine Regelwerke, so daß hierfür Erfahrungen und Beobachtungen auszuwerten waren, die in anderen Bergbaugebieten bei starken Erdbeben gemacht worden sind. Unter Berücksichtigung von analytischen Berechnungen über die Eigenschaften seismischer Wellen im Untergrund ergibt sich, daß die Bewegungsgrößen unter Tage nicht größer sind als über Tage. Die Vorgehensweise des Antragstellers entspricht dem Stand der Wissenschaft; seine Darstellung ist im Ergebnis richtig.

## Hydrologie und Hydrogeologie

Aufbauend auf den geologischen Untersuchungsergebnissen erfolgte aufgrund der Bedeutung des Grundwassers als Transportmedium für die Ausbreitung von Radionukliden aus dem geplanten Endlager in die Biosphäre eine detaillierte Prüfung der hydrologischen und hydrogeologischen Aussagen des Antragstellers.

### - Hydrologie

Die geomorphologischen und orohydrographischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet Konrad sind hinreichend bekannt und vom Antragsteller ausreichend beschrieben. Beschreibungen der oberirdischen Gewässer einschließlich deren chemischer Zusammensetzung und wirtschaftlicher Nutzung liegen vor. In bezug auf den Wasserhaushalt

wurden ausreichende Daten für die Abflußverhältnisse, die Niederschlagsmengen und die Verdunstungsraten im Untersuchungsgebiet vorgelegt; sie wurden von uns im Rahmen unserer Begutachtung überprüft und, soweit erforderlich, ergänzt.

Eine Hochwassergefährdung der übertägigen Anlagen der Schachtanlage Konrad ist nicht gegeben. Anthropogene Vorbelastungen in den oberirdischen Gewässern schränken die Möglichkeiten, Aussagen zur Herkunft und Genese der oberflächennahen Grundwässer abzuleiten, stark ein. Zum Verständnis der Grundwasserverhältnisse und deren Wechselwirkung mit den oberirdischen Gewässern war die Erfassung der hydrologischen Gegebenheiten eine Voraussetzung. Die Gewässer stellen in Wechselwirkung mit dem oberflächennahen Grundwassersystem in bezug auf ihren Wasser- und Stoffumsatz gegenüber dem Tiefengrundwassersystem ein nahezu eigenständiges Regime dar. Die Darstellungen des Antragstellers hierzu sind ausreichend und geben den Sachstand wieder.

- Hydrogeologie

- Regionaler Überblick und hydrogeologischer Bau

Eine Ausbreitung von Radionukliden wird in der Nachbetriebsphase durch die Gesteinsschichten mit dem tiefen Grundwasser erfolgen. Somit war es notwendig, das für den Standort relevante Grundwasserfließsystem anhand einer regionalen Betrachtung der hydrogeologischen Verhältnisse einzugrenzen. Der Antragsteller hat eine Eingrenzung des für den Standort maßgeblichen Abstromgebietes (Modellgebiet Konrad) unter Berücksichtigung der Lage der möglichen Ein- und Ausstromgebiete vorgenommen. Die Überprüfung dieser Eingrenzung durch die Gutachter der Genehmigungsbehörde hat ergeben, daß das Modellgebiet ausreichend groß ist und schlüssig gewählt wurde.

Mögliche Einstromgebiete für die tieferen Grundwasserleiter sind dort gegeben, wo diese in strukturellen Hochlagen und in Sattelstrukturen zutage treten. Eine Begrenzung des großräumigen Aquifersystems ergibt sich an der Basis durch die praktisch wasserun-

durchlässigen Salzgesteine des Zechstein. Der nach Norden gerichtete Grundwasserabstrom wird durch Süd-Nord-streichende Salzstöcke und Salzstockmauern seitlich begrenzt.

Die Wirtsgesteine der radioaktiven Abfälle streichen unter quartärem Lockergestein weit nördlich des Grubengebäudes im Allertal bei Calberlah aus. Dort sind hydraulische Kontakte mit näher an der Oberfläche gelegenen Wasserleitern gegeben. An keiner anderen Stelle im Modellgebiet sind hydraulische Kontakte über ähnliche gut durchlässige Schichtausbisse oder Klüfte bzw. Störungszonen zu hangenden Grundwasserleitern bekannt. Vermutete Verkarstungserscheinungen im Kontaktbereich zu den transgredierenden Unterkreideschichten lassen nur lokal größere Durchlässigkeiten erwarten.

Eine Übertragbarkeit der hydrogeologischen Ergebnisse aus dem Grubengebäude und dessen Nahbereich auf das übrige Untersuchungsgebiet ist aufgrund des geologisch-hydrogeologisch weitgehend einheitlichen Aufbaues des Modellgebietes fachlich begründet und zulässig.

#### - Grundwasserbeschaffenheit und Grundwasserbewegung

Die Grundwasserbeschaffenheit gibt generell Hinweise auf die Vorbelastung, Herkunft, Genese und Bewegung des Grundwassers. Anthropogene Verunreinigungen im oberflächennahen Grundwasser erlauben allerdings im Modellgebiet nur in wenigen Fällen eine hydrogeologische Interpretation. Hinweise auf einen Wasserzustrom über Störungszonen in den oberflächennahen Grundwasserbereich sind anhand der hydrochemischen Untersuchungsergebnisse nicht zu erkennen. Der Abstrom im oberflächennahen Grundwasser ist - sofern nicht anthropogen beeinflusst - auf die Vorfluter eingestellt, die in nördliche Richtungen entwässern. Für das erdoberflächennahe Grundwasser ergeben sich relativ hohe Fließgeschwindigkeiten mit entsprechend kurzen Transportwegen für Wasserinhaltsstoffe. Eine Nutzung des oberflächennahen Grundwassers erfolgt für die öffentliche Wasserversorgung, zur Energiegewinnung sowie zu Wasserversorgungszwecken von Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft. Desweiteren wird oberflächennahes Grundwasser im Rahmen von Wasserhaltungsmaßnahmen

entnommen. Bewegungen bzw. Austauschvorgänge zwischen oberflächennahem und tiefem Grundwasser sind aufgrund der vorhandenen hydraulischen Barrieren nicht anzunehmen.

Mit zunehmender Tiefe sind die Grundwässer überwiegend durch Natriumchlorid stärker mineralisiert. Es handelt sich sowohl um Formationswässer als auch um Ablaugungswässer von Salzstöcken. Die heute bestehenden hydrochemischen und isotopenchemischen Verhältnisse sind ein Ergebnis sehr langsamer über sehr lange Zeiträume ablaufender Prozesse.

Der Grundwasserabstrom in den tiefen Grundwasserleitern ist vom Einstromgebiet im Salzgitter-Höhenzug generell nach Norden gerichtet. Ein überwiegend durch Diffusion geprägter Transportmechanismus für den Lösungsinhalt der Tiefenwässer, wie vom Antragsteller unterstellt, läßt sich unserer Ansicht nach nicht ausreichend belegen. Allerdings gehen auch wir davon aus, daß das flächenhafte Auftreten hochsaliner Tiefengrundwässer und das sich darbietende hydrochemische und isotopenchemische Erscheinungsbild des Tiefenwasserkörpers nicht das Ergebnis kurzzeitiger Vorgänge sein kann. Somit ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit eine nur sehr geringe advective Komponente der Grundwasserbewegung möglich. Eine Bewegung des tiefen hochsalinen Grundwassers findet infolgedessen praktisch nicht statt.

Für weitreichende hydraulisch wirksame Hohlräume, wie z.B. offene Kluftzonen, Karsthohlräume o.ä., gibt es weder in der Grube noch andernorts Anzeichen. Aus den beim bergmännischen Auffahren von Strecken usw. angetroffenen Klüften und Störungszonen sind keine oder nur sehr geringe Mengen an Formationswässern ausgetreten (s. Kap. 2.4.1.2, 3.2.2.2, 3.2.3.1.2 und 3.5.1.2). Aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten ist ein unbeherrschbarer Wassereinbruch in die Grube während der vorgesehenen Betriebszeit nicht zu erwarten.

#### - Dichtigkeit alter Tiefbohrungen und der Schächte

Aus der Explorationstätigkeit in der Vergangenheit sind im Modellgebiet eine Anzahl von Tiefbohrungen vorhanden, die potentielle Ausbreitungspfade für radionuklidbelastete Tiefenwässer darstellen. Zum Nachweis der Dichtigkeit dieser verfüllten Bohrungen sowie der zu verfüllenden Schächte der Grube Konrad wurden vom Antragsteller Feld- und Laboruntersuchungen sowie Modellrechnungen durchgeführt. Die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen sind von den Gutachtern der Genehmigungsbehörde nach ihren verschiedenen fachlichen Aspekten, wie Gebirgsmechanik (durch das [REDACTED] [REDACTED]), Spülungs- und Verfüllungstechnik (durch [REDACTED]), Plausibilität der vorgelegten Unterlagen (durch das OBA), Geologie und Hydrogeologie (durch das NLfB) überprüft worden. Vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt/GRS wurden außerdem Grundwasserpotentiale gerechnet. Dabei hat sich ergeben, daß die vom Antragsteller vorgelegten Nachweise plausibel und ausreichend sind. Die Gutachter der Genehmigungsbehörde kommen insgesamt zu dem Ergebnis, daß die alten Tiefbohrungen keine Wegsamkeiten für eine bevorzugte Ausbreitung von Radionukliden darstellen.

#### - Kenndaten zur Grundwasserhydraulik und Sorption

Die Ausbreitung von Radionukliden in der Nachbetriebsphase des geplanten Endlagers wird von den hydraulischen Eigenschaften und den Rückhalteeigenschaften des Gebirges beeinflusst. Aufgrund der ausserordentlich kleinen Fließgeschwindigkeiten in den Tiefenwasserleitern und der Komplexität des hydraulischen Systems ist eine Ausbreitung von Radionukliden nur mit Hilfe von Modellrechnungen abschätzbar. Mögliche Strömungswege und Laufzeiten von Grundwasser und dessen Inhaltsstoffen können so simuliert werden. Die in die Grundwasserströmungsmodelle eingehenden Annahmen und Randbedingungen beruhen auf den Kenntnissen der hydrologischen Verhältnisse, des hydrogeologischen Stockwerksbaus des Gebirges, der Grundwasserbeschaffenheit und der Grundwasserbewegung. Weiterhin werden die hydraulischen Eigenschaften der einzelnen Gebirgseinheiten in Form von Durchlässigkeiten ( $k_f$ -Werte) und effektiven Porositäten

( $p^*$ ) sowie die Sorptionseigenschaften (KD-Werte) der verschiedenen Gesteine für die Modellrechnungen benötigt.

Die aus dem Modellgebiet vorliegenden Meßwerte der einzelnen hydraulischen Parameter (aus Gelände- und Laboruntersuchungen) resultieren überwiegend aus bestimmten regionalen Detailuntersuchungen, wie z.B. dem Grubengebäude, der Bohrung K 101 oder aus verschiedenen Explorationsbohrungen. Sie sind somit nicht räumlich gleichmäßig im Modellgebiet verteilt, reichen aber wegen des relativ einheitlichen Gebirgsaufbaus für die Begutachtung und Bewertung im gesamten Modellgebiet aus. Anhand der Kenntnisse über die petrographischen und tektonischen Gegebenheiten und des geologisch-hydrogeologisch weitgehend einheitlichen Aufbaus des Modellgebietes konnten über Analogieschlüsse für die verschiedenen hydrogeologischen Einheiten jeweils Bandbreiten von Kennwerten, die auch Inhomogenitäten dieser Schichten mit berücksichtigen, abgeleitet werden. Aus diesen Bandbreiten wurde schließlich im Rahmen der geowissenschaftlichen Gesamtanalyse der für die hydraulischen Gebirgskennwerte einer Modellschicht repräsentative Wert für die Modellrechnungen eingeschätzt. Der Einfluß von Störungzonen auf den regionalen Tiefenwasserstrom wurde in der Weise berücksichtigt, daß für die tektonisch beanspruchten Schichten höhere Gebirgsdurchlässigkeiten und -porositäten im Grundwasserströmungsmodell angesetzt wurden.

Diese Vorgehensweise ist international üblich und Stand von Wissenschaft und Technik. Sie wurde vom Antragsteller praktiziert und bei den eigenen Prüfarbeiten angewandt. Die von uns ermittelten Kennwerte unterscheiden sich teilweise von denen, die der Antragsteller seinen Rechnungen zugrunde gelegt hat, liegen aber alle innerhalb der Bandbreite. Die Ergebnisse der Prüfrechnungen des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt/GRS haben gezeigt, daß diese Unterschiede zu keinen wesentlich anderen Grundwasserlaufzeiten und Ausbreitungswegen führen.

Die Sorptionskoeffizienten aller relevanten Gesteine und Radionuklide wurden vom Antragsteller durch Laboruntersuchungen bestimmt. Die Daten werden für die Berechnung des Nuklidtransports durch die

Geosphäre verwendet. Vom NLFb wurde aus den vorliegenden experimentellen Daten und von anderer Seite vorliegenden Literaturdaten ein eigener Modelleingabedatensatz erstellt, der sich bei einigen Nukliden aufgrund eigener Einschätzungen für einzelne hydrogeologische Einheiten geringfügig von dem des Antragstellers unterscheidet und in den Prüfrechnungen der Gutachter berücksichtigt wurde.

#### Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung

Die Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung und zum Stofftransport, die von Seiten des Antragstellers durchgeführt wurden, werden auf Gutachterseite vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt bewertet. Der hydrogeologisch relevante Anteil dieser Untersuchungen wurde von uns bewertet. Bei Unterstellung eines advektiven Strömungsverhaltens und konstanter Wasserdichte in den Modellrechnungen sind minimale Grundwasserlaufzeiten von ca.  $3 \times 10^5$  Jahren aus dem Endlagerbereich bis in die Biosphäre errechnet worden. Bei Berücksichtigung der tatsächlichen salinaren Verhältnisse im Tiefen Grundwasser ist aber mit wesentlich längeren Laufzeiten zu rechnen. Die von uns erarbeiteten, gegenüber den Antragsunterlagen z.T. abweichenden Modelleingabedaten haben nur geringe Unterschiede in den Rechenergebnissen erbracht. Die Rechnungen des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt/GRS bestätigen damit im wesentlichen die Angaben des Antragstellers.

#### Geologische und hydrogeologische Langzeitprognose

Zur geologischen Langzeitprognose haben wir geologische Prozesse und Ereignisse geprüft und beurteilt, die eine Schwächung oder Zerstörung der natürlichen geologischen Barrieren des geplanten Endlagers bewirken könnten. Hierzu gehören mögliche Auswirkungen einer globalen Klimaveränderung, ferner einer von Erosion begleiteten epirogenen Hebung der Endlagerregion sowie der zukünftigen Entwicklung benachbarter Salzstrukturen und schließlich die Auftretenswahrscheinlichkeit intrusiv-magmatischer Prozesse und vulkanischer Ereignisse und dadurch bedingte petrographisch-mineralogische und geochemische Veränderungen der Gebirgsbarrieren und der

Einlagerungsschichten sowie damit verbundene Erdbeben einschließlich Bewegungen an den Störungssystemen und der Bildung von Tiefenbrüchen. Unsere Prüfarbeiten ergaben, daß die Auswirkungen klimatischer Veränderungen auf die natürlichen Gegebenheiten in den nächsten Jahrhunderttausenden die Sicherheit des geplanten Endlagers, soweit sie von natürlichen Barrieren zu gewährleisten ist, nicht gefährden werden. Mit dem für die Langzeitprognose gewählten Zeitrahmen von einigen  $10^5$  Jahren wird berücksichtigt, daß wesentliche geologische Veränderungen der Umwelt Nordwesteuropas in den letzten Jahrhunderttausenden auf Klimawechsel zurückgeführt werden können, deren Periodizität auf astrophysikalischen Gesetzmäßigkeiten beruht. Danach ist von einer neuen, bedeutenden, die Endlagerregion durch aus der jüngeren geologischen Vergangenheit bekannte exogene Einwirkungen verändernden Eiszeit innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre auszugehen.

Über diesen Zeitrahmen hinausgehende Prozesse und Ereignisse der exogenen Dynamik, wie z.B. ein zukünftig innerhalb einiger  $10^5$  bis  $10^6$  Jahre möglicher mehrfacher Wechsel von Kalt- und Warmzeiten, sind nicht mit gleicher Schärfe zu fassen. Sie sind deshalb wie die an keine bisher erkennbare, für den Standort relevante Periodizität gebundenen endogenen geologischen Prozesse in ihren Auswirkungen auf das geplante Endlager nur abzuschätzen. In diesem Zeitrahmen bilden weder epirogene Hebungen der Region und damit verbundene Erosion noch weitere Entwicklungen benachbarter Salzstrukturen und im Untergrund gelegener Salzfolgen ein Sicherheitsrisiko für das geplante Endlager. Ebenso können die Auswirkungen eines zukünftig nicht völlig auszuschließenden Plutonismus und Vulkanismus auf die Endlagersicherheit vernachlässigt werden; denn die Endlagerregion ist tektonisch weitestgehend stabil und erdbebenarm. Die Wahrscheinlichkeit der Neubildung bedeutender Tiefenbrüche sowie des Einsetzens magmatischer Prozesse ist als äußerst gering einzustufen. Die Einschätzungen des Antragstellers entsprechen den Ergebnissen unserer geologischen Langzeitprognose.

Im Rahmen der hydrogeologischen Langzeitprognose werden Ereignisse betrachtet, die eine Ausbreitung von Schadstoffen über den Wasserpfad beeinflussen können. Dies sind neben den vom Antragsteller

behandelten geologischen Prozessen (s.o.) die von uns zusätzlich in die Bewertung einbezogenen epirogenen Bewegungen, magmatischen und vulkanischen Aktivitäten sowie eine mögliche Umkehr der hydraulischen Verhältnisse durch Permafrost. Unsere Prüfung ergab, daß keine wesentlichen hydrogeologischen Veränderungen für die zu betrachtenden zukünftigen Zeiträume (einige hunderttausend Jahre) zu erwarten sind.

#### Geologische und hydrogeologische Bewertung der Langzeitsicherheit

Auf der Grundlage der vorgelegten Unterlagen und unter Berücksichtigung unserer eigenen Stichprobenuntersuchungen sowie der einschlägigen Literatur ergab unsere Prüfung, daß eine Ausbreitung von Radionukliden aus dem Endlagerbereich auf kurzem Wege durch die hangenden Barrierschichten in die Biosphäre wirksam behindert wird und aufgrund der prognostizierbaren geologischen Entwicklungen über lange geologische Zeiträume nicht zu erwarten ist. Die Ergebnisse der mit Süßwasser durchgeführten Modellrechnungen weisen auf sehr lange Laufzeiten ( $3 \times 10^5$  Jahre) des tiefen Grundwassers hin; bei Berücksichtigung der tatsächlich anzunehmenden hochsalinen Tiefengrundwasserverhältnisse muß mit noch wesentlich längeren Laufzeiten gerechnet werden.

Unsere Prüfung hat ergeben, daß der Antragsteller aus geowissenschaftlicher Sicht den Nachweis der Eignung und Langzeitsicherheit der Schachtanlage Konrad als Endlager für schwach radioaktive, gering wärmeentwickelnde Abfälle nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erbracht hat.

# 1 EINFÜHRUNG ( [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] )

## 1.1 Veranlassung

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) hat mit Schreiben vom 31. August 1982, ergänzt durch Antrag vom 27.12.1985, beim Niedersächsischen Sozialministerium (MS) beantragt, ein Planfeststellungsverfahren gemäß § 9 b AtG zur Errichtung und zum Betrieb der Schachtanlage Konrad als Anlage des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung durchzuführen. Die Zuständigkeit des MS ging zum 01.10.1982 auf den Niedersächsischen Minister für Bundesangelegenheiten (MB) und Mitte 1986 auf den Niedersächsischen Umweltminister (MU) über. Die Zuständigkeit des Antragstellers PTB wechselte 1989 auf das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in Salzgitter.

Der Niedersächsische Sozialminister (MS) übersandte am 09.09.1982 den Planfeststellungsantrag der PTB an das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung (NLfB) zur Kenntnisnahme und mit der Bitte, eine erste übersichtsmäßige Durchsicht vorzunehmen.

Der Niedersächsische Minister für Bundesangelegenheiten (MB) erteilte dem NLfB bei einer Besprechung am 12.10.1982 den Auftrag zur Prüfung der Antragsunterlagen "Schachtanlage Konrad".

Mit Erlaß vom 12.01.1983 (Az 45-40326/03-4/1) zog der MB im Einvernehmen mit dem Niedersächsischen Minister für Wirtschaft und Verkehr (MW) das NLfB als Sachverständigen nach §20 AtG hinzu und beauftragte das NLfB schriftlich mit der "Begutachtung der Antragsunterlagen und der sicherheitstechnischen Realisierbarkeit der Anlage aus geowissenschaftlicher Sicht". Mit Erlaß vom 12.10.1983 (Az 45-40326/03-4/1) folgte unter Angabe der Rahmenbedingungen der vollständige Auftrag des MB an das NLfB zur Begutachtung der Antragsunterlagen.

Für die gutachterliche Tätigkeit des NLfB gelten hiernach unter anderem die folgenden Rahmenbedingungen:

"Nach der Vorlage vollständiger, prüffähiger Unterlagen erstellt das NLfB eine sicherheitstechnische Beurteilung der Anlage aus geowissenschaftlicher Sicht nach dem Stand von Wissenschaft und Technik. Dabei handelt es sich insbesondere um die Beurteilung des Standortes und des Konzeptes."

Bei dieser Gutachtertätigkeit des NLfB sind die "Rahmenrichtlinien für Gutachter in atomrechtlichen Genehmigungsverfahren" (GMBI 1984 Nr. 2, S. 21, "Rahmenrichtlinien über die Gestaltung von Sachverständigengutachten in atomrechtlichen Verwaltungsverfahren" - Bek. d. BMI vom 15.12.1983 - RS I 6 - 513 820/4 -) zu beachten.

Wesentlichste Grundlage für das vorliegende geowissenschaftliche Gutachten sind der Planfeststellungsantrag "Plan Endlager für radioaktive Abfälle - Schachanlage Konrad/Salzgitter" 9/86 in der Fassung vom April 1990, im folgenden kurz Plan 4/90 oder Plan Konrad 4/90 genannt, sowie die zugeordneten Erläuternden Unterlagen (EU).

## 1.2 Datenbasis

Unter dem Begriff Datenbasis werden alle Unterlagen zusammengefaßt, die von Antragstellerseite zur Stützung der Planaussagen erarbeitet oder herangezogen und/oder die vom NLfB zusätzlich zur Beurteilung und Bewertung benutzt wurden.

Es lassen sich drei Gruppen von Unterlagen unterscheiden, die im folgenden Text unterschiedlich gekennzeichnet und im Schriftenverzeichnis getrennt aufgelistet sind:

- 1) Allgemein zugängliche Fachliteratur, die im fortlaufenden Text unter Angabe des Autors und des Erscheinungsjahres in runden Klammern zitiert wird.

Beispiel: MÜLLER (1983)

- 2) Nicht publizierte Unterlagen werden unter Angabe des Autors und des Erscheinungsjahres in eckigen Klammern zitiert.

Beispiel: MEYER [1983]

- 3) Offiziell vom Antragsteller in das Verfahren eingebrachte, sogenannte Erläuternde Unterlagen (EU), die nur mit der Dokumentationsnummer des Antragstellers zitiert werden.

Beispiel: EU 232

Ausgangspunkt für die Einreichung des Planfeststellungsantrages für die Umrüstung der Schachanlage Konrad zum Endlager für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung war der Abschlußbericht der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) über die Ergebnisse der Forschungs- und Erkundungsarbeiten in den Jahren 1975 bis 1982 [GSF 1982], in welchem die Eignung der ehemaligen Eisenerzgrube als Endlager festgestellt wurde.

In den Jahren von 1982 bis 1993 hat der Antragsteller (PTB bzw. BfS) teilweise aufgrund von Nachforderungen der Gutachter der Genehmigungsbehörde zusätzliche Nachweise erarbeitet und überwiegend unter der Bezeichnung Erläuternde Unterlage (EU) in das Verfahren eingebracht. Diese Erläuternden Unterlagen (EU) stellen neben dem Plan Konrad 4/90 für unsere Begutachtung des Planfeststellungsantrages die wesentlichen Grundlagen dar. Zusätzlich verweist der Antragsteller zu vielen Details auf die zugrunde liegende Fachliteratur.

Über die vom Antragsteller vorgelegten Daten hinausgehend liegen uns, als Ergänzung dazu, weitere Literaturangaben und geowissenschaftliche Fachberichte sowie die Ergebnisse eigener Stichprobenuntersuchungen von Gesteinen und eigener Auswertungen von geophysikalischen Bohrlochdiagrammen und von reflexionsseismischen Messungen aus dem Modellgebiet Konrad vor. Als niedersächsische Fachoberbehörde verfügen wir aufgrund gesetzlicher Regelungen und eigener Untersuchungs- und Auswertungsarbeiten über umfangreiche Daten und Unterlagen, die uns eine Überprüfung und Bewertung der

Angaben des Antragstellers im Plan Konrad 4/90 und in den Erläuternden Unterlagen ermöglichen bzw. erleichtern. Somit stehen uns sowohl eine ausreichende Datenbasis zur geologischen und hydrogeologischen Bestückung des hydrogeologischen Modelles Konrad der Gutachter als auch genügend Daten und Unterlagen zur Prüfung und Bewertung der geowissenschaftlichen Aussagen und Interpretationen des Antragstellers im Hinblick auf das Modellgebiet Konrad zur Verfügung.

Das Modellgebiet ist rund 613 km<sup>2</sup> groß; davon entfallen 358 km<sup>2</sup> auf den Südteil und 255 km<sup>2</sup> auf den Nordteil. Nach unseren Unterlagen liegen innerhalb des Modellgebietes 472 Tiefbohrungen mit jeweils über 100 m Teufe, davon 229 im Südteil und 243 im Nordteil.

Die Bohrdichte ist in Bereichen erdölhöffiger bzw. erdölführender Strukturen am größten. Aber auch im Verbreitungsgebiet des Oxford mit den Korallenoolith-Eisenerzen ist eine Häufung und eine relativ gleichmäßige Verteilung der Tiefbohrungen im Modellgebiet zu verzeichnen; denn das gesamte Eisenerzgebiet ist gemutet und vollständig mit verliehenem Bergwerkseigentum, d.h. mit Normalgrubenfeldern gemäß dem Preußischen Allgemeinen Berggesetz überdeckt, was mindestens eine Bohrung pro 2,2 km<sup>2</sup> voraussetzt, und darüberhinaus sind neben den Mutungsbohrungen häufig noch zusätzliche Eisenerz-Untersuchungsbohrungen und/oder Erdölbohrungen niedergebracht worden.

Von einer großen Anzahl der genannten Tiefbohrungen liegen nicht nur die üblichen Unterlagen wie Lagepläne, Bohr-, Verrohrungs- und Verfüllungsberichte sowie Schichtenverzeichnisse und geophysikalische Bohrlochdiagramme, sondern, wie aus den beiden Konrad-Schächten, auch Gesteinsproben vor, was der Antragsteller für Revisionen, d.h. für eine Überarbeitung der Bohrergebnisse nach neuestem geowissenschaftlichen Stand, genutzt hat. Diese Arbeiten wurden von uns gefordert und begutachtet. Insgesamt sind 256 Bohrungen revidiert worden, von denen 221 Bohrungen im Modellgebiet Konrad und 35 Bohrungen in der nächsten Umgebung des Modellgebietes liegen.

Somit liegen für unsere Begutachtung der Antragsunterlagen umfangreiche Daten zur Verbreitung, Mächtigkeit, Ausbildung, zu Fazieswechseln, zur Bio- und Lithostratigraphie sowie zur Petrographie, Mineralogie und Geochemie der im Modellgebiet vorkommenden Gesteinsschichten von der Erdoberfläche bis zum Zechstein vor. Die Lagerungsverhältnisse dieser Gesteinsschichten (Tektonik, Strukturgeologie, Kleintektonik) sind ebenfalls durch die Bohrerergebnisse, ferner durch kleintektonische Untersuchungen in der Grube Konrad und benachbarten Tagesaufschlüssen sowie insbesondere durch reflexionsseismische Meßergebnisse belegt. Für unsere Begutachtung der Antragsunterlagen haben wir 44 Seismikprofile mit insgesamt rund 380 km Länge ausgewertet, von denen 41 Profile mit rund 360 km Länge innerhalb des Modellgebietes Konrad und 3 Profile in dessen nächster Umgebung liegen. Die seismischen Profile sind gleichmäßig über das Modellgebiet Konrad verteilt.

Schließlich sei angemerkt, daß die Geologie im Modellgebiet Konrad in mehreren amtlichen geologischen Kartenwerken erfaßt und dargestellt ist, darunter in der Geologischen Karte 1 : 200 000, in der Geologischen Karte 1 : 25 000 mit Erläuterungen, in der Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen 1 : 200 000, in der Karte der oberflächennahen Rohstoffe 1 : 200 000 mit Erläuterungen und in der Geologischen Wanderkarte 1 : 100 000 des Braunschweiger Landes mit Erläuterungen (2. Auflage 1986). Beim Druck der letzteren Karte wurden sämtliche Erkenntnisse, also auch bisher unveröffentlichte Kartiererergebnisse aus geologischen Manuskriptkarten 1 : 25 000 berücksichtigt; insoweit ist diese Geologische Wanderkarte die modernste vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung herausgegebene geologische Karte des dargestellten Gebietes. Zur Begutachtung der Antragsunterlagen standen uns auch unveröffentlichte Strukturkarten, Mächtigkeitspläne und Profilschnitte des tieferen Untergrundes, ferner Archivunterlagen sowie das umfassende geologische Reißwerk der Grube Konrad zur Verfügung.

Nach Erfüllung unserer Nachforderungen hat sich, wie im einzelnen aus den folgenden Fachkapiteln zu entnehmen ist, die Datenbasis

für die geowissenschaftliche Prüfung und Bewertung der Antragsunterlagen als ausreichend erwiesen.

### 1.3 Vorgehensweise

Wir stützen uns bei der Abfassung des vorliegenden Gutachtens i.w. auf die Anforderungen, wie sie in den "Rahmenrichtlinien über die Gestaltung von Sachverständigengutachten in atomrechtlichen Verwaltungsverfahren" (GMB1 1984, Nr. 2) formuliert wurden (s. Kap. 1.1). Hierbei sind die einschlägigen Regelwerke, Regeln, Richtlinien oder Normen zu beachten. Nach DIN standardisierte Analyseverfahren gibt es in dem geowissenschaftlichen Bereich, der bei der Auftragserfüllung durch uns abzudecken ist, nur vereinzelt (Analyseverfahren, Darstellungsnormen).

Formal ist das Gutachten wie folgt aufgebaut:

Für die einzelnen Fachkapitel wird in möglichst enger Anlehnung an den Plan Konrad 4/90 zuerst der Originaltext oder eine Kurzfassung der Planaussagen wiedergegeben, anschließend erfolgt i.a. eine eigene zusammenfassende Darstellung und als Ergebnis die Bewertung nach dem Stand von Wissenschaft und Technik. Eine darüberhinausgehende Einschätzung wird von uns in den Fällen gegeben, wo als Beleg für eine Aussage vom Antragsteller Ergebnisse von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten (F + E) vorgelegt wurden.

Neben den Anforderungen an das Datenmaterial für die rein geowissenschaftliche Bewertung sind für die Beurteilung der Aussagekraft und der Qualität der Unterlagen die Anforderungen von Seiten der Rechenmodellierung an die Eingangsparameter zu berücksichtigen. Schließlich weisen wir darauf hin, daß bei allen geowissenschaftlichen Bearbeitungen und Bewertungen zur Erstellung dieses Gutachtens jeweils die im Zusammenhang mit dem Erörterungstermin Konrad 1992 und 1993 vorgebrachten, schriftlichen und mündlichen, fachspezifischen Einwendungen berücksichtigt wurden.

## 2 GEOLOGIE

### 2.1 Standortbeschreibung Geologie

#### 2.1.1 Regionaler Überblick ( [REDACTED] )

##### 2.1.1.1 Darstellung des Antragstellers

Zur räumlichen Lage der Schachtanlage Konrad und des im Rahmen der hydrogeologischen Modellrechnungen betrachteten Modellgebietes Konrad sind im Plan 4/90 in den Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 Aussagen gemacht.

Im Plankapitel 3.1.1 "Zusammenfassung" werden neben der räumlichen Lage der Schachtanlage Konrad zwischen Braunschweig und Salzgitter die geologische Situation des Standortes, die hydrogeologischen Verhältnisse, die Ergebnisse hydrogeologischer Modellrechnungen, die gebirgsmechanische Beurteilung der Schachtanlage, die seismologische Bewertung und die geologische Langzeitprognose angesprochen.

Das Plankapitel 3.1.2 "Geographische Lage" enthält kurzgefaßte Angaben über die topographische Lage des Standortes Konrad bzw. der Schächte Konrad 1 und Konrad 2:

"Die Schachtanlage Konrad liegt im südöstlichen Niedersachsen zwischen Braunschweig und Salzgitter-Lebenstedt" (Plan 4/90, Anl. 3.1.2/1, 3.1.2/2 und 3.1.2/3)."

"Die Schächte Konrad 1 und Konrad 2 liegen auf dem Gebiet der Stadt Salzgitter."

"Das Grubengebäude ist ungefähr 1 km breit und erstreckt sich über eine Länge von ca. 3 km vom Werk Salzgitter der [REDACTED] [REDACTED] im Süden bis nach Salzgitter-Sauingen im Norden" (Plan 4/90, Anl. 3.1.2/4).

Die geographischen Koordinaten der Schächte Konrad 1 und Konrad 2 werden angegeben.

"Der Standort liegt im Übergangsbereich vom Mitteldeutschen Bergland zum Norddeutschen Flachland."

"Die Höhenunterschiede sind relativ gering. Die Höhen liegen zwischen 75 m und 108 m über NN; das Gelände steigt generell von Nord nach Süd an."

Die Angaben für die topographische Höhenlage weisen für Schacht Konrad 1 98,5 m über NN, für Schacht Konrad 2 90,0 m über NN aus.

#### 2.1.1.2 Stellungnahme des NLFb

Den Angaben des Antragstellers zur räumlichen Lage der Schachtanlage Konrad und des hydrogeologischen Modellgebietes Konrad ist nichts hinzuzufügen.

Zu der im Kapitel 3.1.1 des Planes 4/90 vorgenommenen Zusammenfassung von Kapitel 3.1.10 "Geowissenschaftliche Bewertung" nehmen wir im Kapitel 2.4 "Geologische Bewertung" dieses Textes Stellung.

Die wesentlichen, von uns zusammengestellten topographischen Angaben sind der Anlage 2.1.1/1 zu entnehmen. Dort sind die Blattnummern der topographischen Karten im Maßstab 1 : 25 000, die Koordinaten der Eckpunkte der von uns erstellten West-Ost- und Nord-Süd-Profile und des Modellgebietes Konrad sowie einige markscheiderische Koordinaten des Grubengebäudes und der Schächte Konrad 1 und 2 aufgeführt. Das schwerpunktmäßig bearbeitete Gebiet ist durch Verbindungslinien seiner Eckkoordinaten umgrenzt (Anl. 2.1.1/1) und wird entsprechend den im Verfahren gebräuchlichen Begriffen als Modellgebiet, Arbeitsgebiet oder Projektgebiet Konrad bezeichnet. Als Datenbasis für räumliche und zweidimensionale Darstellungen im Modellgebiet erarbeiteten wir eine "Tiefbohrdatei" und eine "Seismikdatei". In letzterer wurden die einzelnen Schußpunkte der seismischen Profile als "theoretische Bohrungen" erfaßt.

Die Angaben des Antragstellers über die topographischen Höhenlagen in der Umgebung des Standortes sind für das Modellgebiet Konrad dahingehend zu ergänzen, daß die größte Höhe innerhalb des Modellgebietes im Salzgitter-Höhenzug nahe der Südwestecke des Arbeitsgebietes bei 264 m über NN und der tiefste Punkt mit 55 m über NN im Bereich der Allerniederung bei Calberlah, d.h. nahe der Nordgrenze des Modellgebietes, liegen.

#### 2.1.2 Stratigraphie (Anl. 2.1.2/1) ( [REDACTED] )

##### Vorbemerkungen zur Zielsetzung, zur Darstellung des Antragstellers und zu unseren Stellungnahmen

Im Kapitel Stratigraphie wird die räumliche Verteilung und die zeitliche Aufeinanderfolge der geologischen Schichten und Formationen sowie deren Gesteinsbestand (Lithostratigraphie), Fossilinhalt (Biostratigraphie) und altersmäßige Zuordnung behandelt. Stratigraphie und Tektonik (s. Kap. 2.1.4) bilden zusammen die Grundlage für die geowissenschaftliche Untersuchung und Bewertung des Endlagervorhabens in der Grube Konrad. Nur auf ihrer Basis kann man die natürliche Abschirmung des geplanten Endlagers gegen die Biosphäre, d.h. insbesondere gegenüber oberflächennahen Grundwasserleitern, ermitteln und aufzeigen sowie ausreichende Vorgaben zum hydrogeologischen Bau und damit zur Berechnung von Grundwassermodellen und zur Langzeitsicherheit machen.

Der Antragsteller beschreibt im Plankapitel 3.1.9.1, Seiten 3.1.9.1-1 bis 3.1.9.1-29, nachstehende Schichtenfolge:

- Quartär
- Tertiär
- Oberkreide
- Alb
- Wealden bis Apt
- Portland

- Kimmeridge
- Oxford
- Bathonium bis Callovium
- Obertoarcium bis Bajocium
- Lias (Hettangium bis Untertoarcium)
- Keuper
- Oberer Buntsandstein bis Muschelkalk
- Unterer bis Mittlerer Buntsandstein
- Zechstein

Die Untergliederung dieser Schichten ist im wesentlichen an im Modellgebiet Konrad seismisch kartierbaren Reflektoren orientiert. Die Beschreibung schließt ein Literaturverzeichnis, sechs Abbildungen und zwei Anlagen ein (Abb. 3.1.9.1/1 bis 3.1.9.1/6, Anl. 3.1.9.1/1 und 3.1.9.1/2).

Entgegen der Darstellung des Antragstellers im vorgenannten Plankapitel werden im vorliegenden Text die Stratigraphie und die Sedimentpetrographie getrennt betrachtet (s. Kap. 2.1.3 Petrographie, Mineralogie und Geochemie). Zur besseren Übersichtlichkeit unserer Ausführungen fassen wir außerdem die Schichten vom Zechstein bis zur Oxfordbasis als Liegendschichten sowie die Schichten vom Kimmeridge bis zum Quartär als Hangendschichten (Deckgebirge) des für die Einlagerung vorgesehenen Oxford zusammen.

#### 2.1.2.1 Liegendschichten (Zechstein bis Oxfordbasis)

##### 2.1.2.1.1 Darstellung des Antragstellers

Die ältesten in der Umgebung der Schachanlage Konrad untersuchten Schichten gehören zum Zechstein. Sie kommen im Salzgitter-Höhenzug, in den benachbarten Salzstöcken und als Unterlage der mesozoischen Schichten (Trias, Jura, Kreide; s. Anl. 2.1.2/1) zwischen den Salzstöcken vor (vgl. Kap. 2.1.4.2). Zechstein-Aufschlüsse gab

es in den ehemaligen Kalisalzbergwerken Thiederhall im Salzstock Thiede, Friedrichroda im Salzstock Flachstöckheim, im Schacht Bismarck im Salzgitter-Höhenzug und einigen Bohrungen auf dem Salzstock Broistedt. Nähere Aussagen über Mächtigkeiten und Ausbildung der Zechsteinschichten im Standortbereich werden nicht gemacht, da nur sehr allgemein gehaltene Beschreibungen vorliegen. Jedoch sind in der ca. 15 km südöstlich der Schachtanlage Konrad gelegenen Schachtanlage Asse, die als einziger modern beschriebener Aufschluß betrachtet wird, die Staßfurt-, Leine- und Aller-Folge des Zechstein erschlossen. Die basalen Zechsteinschichten (Kupferschiefer, Zechsteinkalk, Werra-Anhydrit) sind aus verschiedenen Bohrungen der weiteren Umgebung bekannt. Für den Standort Konrad wird eine gleichartige Zechsteinausbildung wie in diesen Bohrungen und in der Schachtanlage Asse unterstellt.

Die Schichten des Unteren bis Mittleren Buntsandstein fehlen in der Umgebung der Schachtanlage Konrad nur dort, wo sie durch aufgedrungene Zechsteinsalze verdrängt wurden, also im Bereich der Salzstöcke, sowie in einem kleinen Gebiet westlich von Cramme. Bohraufschlüsse dieser Schichten gibt es an der Nordflanke des Salzstockes Broistedt, Tagesaufschlüsse am Salzstock Thiede sowie insbesondere im Salzgitter-Höhenzug. Ihre Mächtigkeit beträgt meist ca. 300-400 m. Östlich der Immendorfer Störung (vgl. Kap. 2.1.4.2) erreichen sie 600 m Mächtigkeit, während sie westlich davon, bei Barum, unter transgressivem Oberem Buntsandstein (Röt) fast völlig fehlen.

Der Untere Buntsandstein ist aus roten und graublauen Tonmergeln mit darin eingeschalteten, teilweise schräggeschichteten Sand- und Kalksandsteinlagen sowie karbonatischen Rogensteinbänken aufgebaut. Der in Volpriehausen-, Detfurth-, Hardeggen- und Solling-Folge gegliederte Mittlere Buntsandstein beginnt mit dem grobkörnigen Volpriehausen-Sandstein, über dem die sandig-tonige Volpriehausen-Wechselfolge und das sandige und sandig-kalkoolithische Haupt-Gervillienlager liegen. Die Detfurth-Folge gliedert sich in die grobsandige "Unterbänk", das vorwiegend tonige "Zwischenmittel" und in die sandige "Oberbänk". Die meist tonige Hardeggen-Folge beginnt mit einem basalen Sandstein. Die Solling-Folge

transgrediert mit einem mächtigen Sandstein von Nordwest nach Südost über die Hardeggen-, Detfurth- und Volpriehausen-Folge.

Die Schichten von Oberem Buntsandstein bis Muschelkalk sind im Standortbereich nach Angabe des Antragstellers meist etwa 400-450 m mächtig und fehlen nur in den Salzstockbereichen und den zentralen Teilen des Salzgitter-Höhenzuges. Bohraufschlüsse dieser Schichten liegen an der Nordflanke des Salzstockes Broistedt sowie am Salzstock Thiede, Tagesaufschlüsse im Salzgitter-Höhenzug und lokal bei Thiede.

Der Obere Buntsandstein (Röt) tritt in toniger und evaporitischer Fazies auf; in seinem unteren Teil kommt Steinsalz im Wechsel mit Anhydrit- und Tonlagen vor. Der Untere Muschelkalk besteht aus dünnen, schwach mergeligen, flaserig-welligen Kalksteinlagen (Wellenkalk) mit eingeschalteten festen, markanten Kalksteinbänken (Oolithbank, Terebratelbänke, Schaumkalkbänke). Der Mittlere Muschelkalk ist aus klastischen und karbonatischen Gesteinen sowie aus Anhydritstein, Gipsstein und Steinsalz aufgebaut.

Aufgrund paläogeographischer Erkenntnisse aus Nachbargebieten rechnet der Antragsteller mit dem Vorkommen eines fast 100 m mächtigen Steinsalzlagers im Mittleren Muschelkalk des Standortbereiches. Ausgenommen hiervon sind einige Bereiche mit Hochlagen (z.B. am Salzstock Thiede) und solche, die in der erdgeschichtlichen Vergangenheit einmal Hochlagen waren (z.B. an den Flanken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde, die zu einem dort ehemals vorhandenen Salzkissen gehören). Der Obere Muschelkalk gliedert sich in die bankigen Kalksteine der Encrinus-Schichten (Trochitenkalk) und in die Kalkstein-Tonstein-Wechselfolge der Ceratiten-Schichten.

Die Verbreitung des Keuper im Standortbereich gleicht der des Oberen Buntsandstein und Muschelkalk. Tagesaufschlüsse dieser Schichten gibt es im Salzgitter-Höhenzug und lokal bei Thiede, Bohraufschlüsse an der Nordflanke des Salzstockes Broistedt und am Salzstock Thiede, wo auch im Schacht Thiede 3 Keuper-Schichten durchteuft wurden. Die Keuper-Mächtigkeit beträgt meist etwa 400 m,

jedoch erreicht sie auf der Westscholle der Immendorfer Störung etwa 760 m (vgl. Kap. 2.1.4.2) und an den Flanken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde auf dem dort ehemals vorhandenen Salzkissen nur etwa 200 m.

Die Fazies der Keuper-Sedimente ist teils marin, teils brackisch bis fluviatil-limnisch. Im Unteren Keuper (Lettenkohlenkeuper) treten Tonsteine sowie Fein- und Mittelsandsteine auf. Im Mittleren Keuper (Gipskeuper) kommen, auch nach Aufschlüssen am Nordosthang des Thieder Lindenberges, bunte Mergelsteine vor sowie lokal Wechselfolgen von dünnen Sand- und Tonsteinlagen. Der Obere Keuper (Rhät) besteht aus Tonstein-Sandstein-Wechselfolgen, wobei im Unter- und Oberrhät Tonsteine und im Mittelrhät Sandsteine überwiegen.

Als Lias faßt der Antragsteller die Schichten vom Hettangium bis zum Untertoarcium zusammen (s. Anl. 2.1.2/1); denn bei der reflexionsseismischen Kartierung des Untergrundes erscheint das Untertoarcium als gut ausgeprägter Reflektor, der zur Abgrenzung Lias/Dogger herangezogen werden kann, zumal die Schichten des Obertoarcium im allgemeinen nur relativ geringmächtig sind. Die Verbreitung des Lias im Standortbereich gleicht der des Oberen Buntsandstein und Muschelkalk, jedoch ist sie an den Flanken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde etwas geringer und in der Überdeckung des Salzstockes Thiede etwas größer. Tagesaufschlüsse dieser Schichten gibt es an den Flanken des Salzgitter-Höhenzuges; aus Bohraufschlüssen sollen insgesamt wenig Informationen vorliegen, weil Bohrungen meist nach Erreichen des Lias eingestellt wurden. Lias-Schichten sind, z.B. am Salzgitter-Höhenzug, in erheblichem Umfang unter der auflagernden Unterkreide gekappt und stellenweise erodiert. Ihre Mächtigkeitsverteilung ähnelt der des Keuper. Auf der Westscholle der Immendorfer Störung sowie nahe vom Salzstock Thiede werden um 400 m Lias-Mächtigkeit erreicht, nahe der Salzstöcke Broistedt und Vechelde nur etwa 150-250 m.

Der Lias besteht vorwiegend aus tonigen Gesteinen. Im Hettangium sind darin tonflaserige und karbonatische Sandsteinbänke eingeschaltet. Im Sinemurium und im Unterpliensbachium kommen darin im

nördlichen Harzvorland Kalkstein-, Kalkoolith- und Eisenoolithbänke vor. Das Oberpliensbachium ist aus schluffreichen Tonsteinen mit wechselnden Kalkgehalten aufgebaut. Das Untertoarcium schließlich besteht aus bituminösen Ton- und Mergelsteinen (Posidonien-schiefer) mit eingelagerten dünnen Kalksteinbänken und -geoden.

Als Dogger faßt der Antragsteller die Schichten vom Obertoarcium bis zum Callovium zusammen (s. Anl. 2.1.2/1) und gliedert sie wegen der Sandsteinführung des Unterbathonium (mit einem entsprechenden seismischen Reflektor) in den unteren Teil "Obertoarcium bis Bajocium" und in den oberen Teil "Bathonium bis Callovium".

Infolge verschiedener späterer Abtragungsvorgänge ist die Verbreitung von Obertoarcium bis Bajocium wesentlich kleiner als die der älteren Schichteinheiten und wiederum auf die Gebiete zwischen den Salzstöcken begrenzt. Unter dem geplanten Endlager sind diese Schichten flächenhaft verbreitet, aber an den Flanken der Salzstöcke Broistedt, Vechelde und Thiede fehlen sie infolge der späteren Abtragung "weitgehend". An den Flanken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde dürften sie entsprechend der halokinetischen Position am Rande des dort ehemals vorhandenen Salzkissens schon primär geringmächtiger gewesen sein als abseits dieser Strukturen. In Gebieten ohne spätere Abtragung sind sie meist 200-250 m mächtig. Tagesaufschlüsse dieser Schichten bzw. von Teilen davon gibt es im Salzgitter-Höhenzug. Bohraufschlüsse umfassen teilweise nur bestimmte Abschnitte dieser Schichten.

Das Obertoarcium besteht aus schluffigen und schwach kalkigen Tonsteinen mit einem basalen organo-detritischen Konglomerathorizont. Auch das Aalenium ist aus tonig-schluffigen Gesteinen aufgebaut, doch sind in seinem höheren Teil die sogenannten Dogger-beta-Sandsteine eingeschaltet, die an der Westflanke der Oderwaldstruktur zwischen Wolfenbüttel und Braunschweig erfolglos auf Kohlenwasserstoffe exploriert worden sind. Die Sandsteine haben dort zwar gute Speichereigenschaften, sind aber verwässert. Im Unterbajocium finden sich vorwiegend tonig-schluffige bis feinstsandige Gesteine, im Mittelbajocium unter dem geplanten Endlager vorwiegend tonige Sedimente und im Oberbajocium wieder vorwiegend tonig-schluffige

Gesteine, in denen jedoch die sogenannten Deltasande vorkommen. In Bohraufschlüssen am Ostrand des "Gifhorner Troges" transgrediert Oberbajocium auf Mittelbajocium, und in der Bohrung Konrad 101 liegt ähnlich wie bei Wendhausen am Hildesheimer Wald höheres Oberbajocium transgressiv auf tieferem Oberbajocium.

Die Verbreitung von Bathonium bis Callovium ist im Vergleich zu der von Obertoarcium bis Bajocium im Osten und im Süden des Standortbereiches, bedingt durch Kappungen vor der Unterkreide-Transgression, deutlich geringer. Dagegen reichen diese Schichten nach Westen transgressiv über tieferen Dogger und Lias bis an die Flanke des Salzstockes Vechelde. Diese Schichten streichen im Standortbereich nicht zu Tage aus. Ihr höherer Teil ist in der Grube Konrad aufgeschlossen. In der Bohrung Konrad 101 wurden sie komplett gekernt. Ihre Mächtigkeit beträgt im Südteil des Standortbereiches 100-150 m, als Äquivalent des Salzstockdurchbruches in der östlichen Randsenke des Salzstockes Vechelde aber etwa 400 m und in seiner westlichen Randsenke etwa 500 m.

Nach Bohraufschlüssen tritt im Standortbereich Unterbathonium-Sandstein (Cornbrash) mit nach Süden abnehmender Mächtigkeit auf: In der Bohrung Konrad 101 fand man etwa 9 m karbonatischen Feinsandstein. Vor der Oberbathonium-Transgression sind Mittelbathonium und Teile des Unterbathonium erodiert worden. Nach Westen transgrediert Oberbathonium auf immer ältere Schichten, wodurch der Unterbathonium-Sandstein etwa 1 km östlich der Salzstöcke Broistedt und Vechelde gekappt ist. Auf die tonig-schluffigen Gesteine des Oberbathonium transgredieren tonig-schluffige Schichten des Untercallovium; in den letzteren fand sich in der Bohrung Konrad 101 die Calloviense-Zone, die im Raum Hildesheim fehlt. Das Mittelcallovium transgrediert mit den schluffigen Tonsteinen mit Karbonatgeoden der Jason-Zone. Im höchsten Teil des Mittelcallovium bildet die Gryphäenbank einen wichtigen Leithorizont. Das tonig-schluffige Obercallovium ist wenige Dezimeter bis 6 m mächtig.

### 2.1.2.1.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zum Zechstein beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- BEST (1989), DAHLGRÜN (1939a), DIEM (1984), ESSAID & KLARR (1982), FULDA (1935), JARITZ (1973), KELCH & PAULUS (1980), KÜHNE (1932), LOTZE (1938), PHILIPP (1960), PREUL (1968), RICHTER-BERNBURG (1955), SIMON & HALTENHOF (1970), WOLDSTEDT (1932, 1933).

- [REDACTED] [1981].

Danach sind im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) Zechstein-Schichten in Bohrungen sowie in den folgenden Schachtanlagen angetroffen worden:

Antonsglück bei Rolfsbüttel, Asse bei Wolfenbüttel, Bismarck in Salzgitter, Ehmen bei Fallersleben, Friedrichroda bei Flachstöckheim, Hannoversche Kaliwerke-Berkhöpen bei Oedesse, Hedwigsburg-Neindorf bei Wolfenbüttel, Thiederhall bei Thiede und Wilhelmshall-Ölsburg bei Ilsede. Von diesen Schachtanlagen ist nur Asse II bei Wolfenbüttel derzeit befahrbar und deshalb am modernsten untersucht, doch liegen auch von den übrigen Anlagen Daten über den Zechstein vor. Die Bohrungen wurden teils auf den Salzstöcken, teils in den Gebieten zwischen den Salzstöcken angesetzt und sind von besonderem Interesse, wenn sie möglichst vollständige, von der Salzwanderung wenig beeinflusste Zechstein-Profile durchörtert haben, wie z.B. "Calberlah Z 1", "Elm 2" und "Velstove Z 1" (PHILIPP 1960) sowie "Velpke-Asse Devon 1" (KELCH & PAULUS 1980).

Der Zechstein ist im gesamten Modellgebiet verbreitet (vgl. Kap. 2.1.4.2). Seine Basis liegt im Südteil des Gebietes, im Raum Salzgitter, etwa 2500-2600 m unter NN, im Bereich des geplanten Endlagers 2600-2700 m unter NN und im Raum östlich Vechelde bis etwa 3200 m unter NN. Im Nordteil des Modellgebietes sinkt die Zechsteinbasis von Calberlah bis Gifhorn von etwa 2100 m bis auf etwa

3400 m unter NN; westlich der Salzstöcke Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel findet sie sich bis über 4200 m unter NN.

Von den in NW-Deutschland bekannten sieben salinaren Zechstein-Folgen sind im Modellgebiet Konrad im wesentlichen Zechstein 2, 3 und 4 (Staßfurt-, Leine- und Aller-Folge) vollständig salinar ausgebildet; Zechstein 2 und 3 führen neben Steinsalz auch Kalisalze. Der Zechstein 1 ist lediglich aus dem Zechsteinkonglomerat/"Mutterflöz", dem Kupferschiefer, dem Zechsteinkalk und dem Werra-Anhydrit aufgebaut. Zechstein 6 und 7 (Friesland- und Mölln-Folge) dürften im Modellgebiet ebenso salzfrei ausgebildet sein, während Ohre-Steinsalz (Zechstein 5) im Westteil des Modellgebietes in geringer Mächtigkeit vorkommen kann (BEST 1989).

Die bedeutendste lithostratigraphische Einheit des Zechstein im Modellgebiet ist das Staßfurt-Steinsalz (Zechstein 2). Dieses erreicht bis 500 m Mächtigkeit und ist damit meist mächtiger als alle übrigen Zechstein-Schichten zusammen. Bei der Salzwanderung (Halokinese) gilt es als Träger des Salzaufstieges (Diapirismus). In den Salzstöcken ist es oft zu großen Massen angestaut; Leine- und Aller-Salze (Zechstein 3 und 4) treten dagegen an Bedeutung zurück. Das zwischen dem Staßfurt-Steinsalz und dem Schichtenkomplex Grauer Salzton/Hauptanhydrit (Zechstein 3) gelegene Kalisalzflöz Staßfurt (Zechstein 2) ist wesentlich weiter verbreitet und deutlich mächtiger (in Asse II bis etwa 50 m) als die Kalisalzflöze Ronnenberg und Riedel (Zechstein 3), die nicht in allen Salzstöcken im Modellgebiet nachgewiesen sind. In den Gebieten zwischen den Salzstöcken sind die salinaren Zechstein-Schichten meist infolge der Salzabwanderung in die Salzstöcke hinein nur noch in Relikten vorhanden; dies gilt auch für den Bereich unter dem geplanten Endlager (zur Verbreitung der Kalisalze siehe auch Kap. 2.1.5).

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Zechstein für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

Unsere Stellungnahme zum Unteren und Mittleren Buntsandstein beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- ARBEITSAUSSCHUSS BUNTSANDSTEIN DER GEOLOGISCHEN LANDESÄMTER (1974), BEST (1989), BOIGK (1952, 1959, 1961), BRÜNING (1984, 1986), BRÜNING & RÖHLING (1987), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), HERRMANN (1964), KELCH & PAULUS (1980), KÜHNE (1932), LEPPER (1979), PAUL (1982), PHILIPP (1960), RICHTER-BERNBURG (1974), RÖHLING (1989a, 1989b, 1991a, 1991b, 1994), SUBKOMMISSION PERMIAN (1993), WOLDSTEDT (1933).

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) haben Bohrungen die Schichten des Buntsandstein angetroffen. Weit verbreitete Tagesaufschlüsse gibt es im Salzgitter-Höhenzug einschließlich des Lichtenberger Höhenzuges und in der Asse, kleinere Tagesaufschlüsse dagegen am Ösel, am Thieder Lindenberg und am Nußberg im Stadtgebiet von Braunschweig.

Im Salzgitter-Höhenzug erreicht der Buntsandstein nördlich von Salzgitter-Bad Höhen um etwa 230 m über NN. Die Buntsandsteinbasis fällt von dort in nördlicher Richtung ein und liegt im Bereich unter dem geplanten Endlager um etwa 2500 m unter NN sowie östlich Vechelde um etwa 2900 m unter NN. Im Nordteil des Modellgebietes sinkt die Buntsandsteinbasis von Calberlah bis Gifhorn von etwa 2000 m bis auf etwa 3200 m unter NN; westlich der Salzstöcke Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel findet sie sich bis etwa 4000 m unter NN.

Das Modellgebiet Konrad befindet sich im Bereich der "Eichsfeld-Altmark-Schwelle", einer vor allem in der Zeitspanne Unterer bis Mittlerer Buntsandstein aktiven, komplexen Horststruktur mit entsprechend unterschiedlicher Verbreitung, Ausbildung und Mächtigkeit dieser Schichten. In diesem Bereich ist speziell vom Mittleren Buntsandstein nur die Solling-Folge generell verbreitet und etwa 60-90 m mächtig (RÖHLING 1989a, 1989b, 1991a, 1991b). Sie

besteht im Westteil der Schwelle im unteren Teil vorwiegend aus tonigen Gesteinen und im oberen Teil aus einer Sandstein-Tonstein-Wechselfolge, während sie im Ostteil der Schwelle mit einem 35-40 m mächtigen Basissandstein beginnt, auf dem eine Sandstein-Tonstein-Wechselfolge liegt.

Die Solling-Folge liegt nach RÖHLING (1989a, 1989b, 1991a, 1991b) im Bereich der Schwelle und damit im Modellgebiet Konrad über der sogenannten H-Diskordanz teils auf tieferem Mittlerem, teils auf Unterem Buntsandstein und lokal auf Zechstein (auf letzterem im Bereich der Salzstöcke Gifhorn und Flachstökheim sowie, außerhalb des Modellgebietes, im Raum Bechtsbüttel-Braunschweig und bei Lutter). In unseren geologischen Schnitten (vgl. Kap. 2.1.4.2) erscheint diese Diskordanz als Basis vom Oberen Buntsandstein (Röt, so); in den letzteren sind die Schichten der Solling-Folge, soweit sie dort ausgebildet sind, einbezogen, weil sie sich reflexionsseismisch nicht abtrennen lassen.

In den Räumen zwischen den Salzstöcken Wendeburg-Rolfsbüttel und Bechtsbüttel sowie zwischen dem Salzstock Broistedt und Salzgitter-Bad und damit auch unter Teilen des geplanten Endlagers liegt die Solling-Folge transgressiv auf der Volpriehausen-Folge und lokal auf der Detfurth-Folge. Zwischen der Immendorfer Störung und den Salzstöcken Thiede und Werlaburgdorf liegt sie ausschließlich auf der Volpriehausen-Folge des Mittleren Buntsandstein. Sonst liegt die Solling-Folge in einem Gebietsstreifen vom Salzstock Flachstökheim im Süden über Teilbereiche des geplanten Endlagers und am Salzstock Vechelde bis zum Salzstock Gifhorn im Norden transgressiv auf Unterem Buntsandstein. Somit fehlen im gesamten Modellgebiet Konrad die Hardeggen-Folge und in seinem größten Teil auch die Detfurth-Folge des Mittleren Buntsandstein. Von der dort vorkommenden Volpriehausen-Folge sind im allgemeinen nur der Basissandstein und Teile der sandig-tonigen Wechselfolge ausgebildet. Nur wo auch Teile der Detfurth-Folge auftreten (Teilgebiet vom Lichtenberger Höhenzug bis etwa Gebhardshagen und östlich Vechelde), ist mit dem Vorkommen der Volpriehausen-Aviculaschichten zu rechnen. Der Mittlere Buntsandstein ohne die Solling-Folge

ist nach RÖHLING (1991a, 1991b) im Modellgebiet maximal etwa 100 m mächtig.

Der Untere Buntsandstein gliedert sich in die Untere Folge (Calvörde-Folge nach SUBKOMMISSION PERM-TRIAS 1993), die in 10 Kleinzyklen unterteilt wird (BRÜNING 1984, 1986; BRÜNING & RÖHLING 1987; RÖHLING 1989a, 1991a, 1991b), und in die Obere Folge (Bernburg-Folge nach SUBKOMMISSION PERM-TRIAS 1993), die in 14 Kleinzyklen aufgeteilt wird (RÖHLING 1989a, 1991a, 1991b). Von den letzteren sind auf der "Eichsfeld-Altmark-Schwelle" jedoch nur 8-9 Kleinzyklen erhalten, der Rest ist unter der H-Diskordanz (Soling-Folge) bzw. der V-Diskordanz (Volpriehausen-Folge) des Mittleren Buntsandstein gekappt. Unter der Unteren Folge des Unteren Buntsandstein liegt die Übergangsfolge mit den Bröckelschiefern, die von RÖHLING (1989a, 1991a, 1991b) und BEST (1989) sowie nach einer von der Subkommission Perm-Trias der DUGW (Deutsche Union Geologischer Wissenschaften) im Mai 1991 in Würzburg getroffenen Vereinbarung dem Zechstein, von anderen Bearbeitern (z.B. BRÜNING 1986) dem Unteren Buntsandstein zugeordnet wird.

Für den gesamten Unteren Buntsandstein ist die vielfache zyklische Wechsellagerung von Feinsandsteinen und vorwiegend schluffig-tonigen Gesteinen charakteristisch. Die sandigen Lagen sind teilweise kalkig und führen oft Kalkooide bzw. Kalkoolithlagen (Rogensteine). Besonders im Kleinzyklus 4 bis 7 der Oberen Folge kommen Rogensteinbänke vor, die bis etwa 10 m mächtig werden. Innerhalb der Rogensteinzone finden sich z.B. im Salzgitter-Höhenzug und in der Asse Stromatolithe (Algenkalke). Der Untere Buntsandstein ist im Modellgebiet nach RÖHLING (1989b) bei "kompletter Ausbildung" in Bereichen ohne größere spätere Wiederabtragung 280-300 m mächtig. Damit erreicht die Gesamtmächtigkeit des Unteren und Mittleren Buntsandstein im Modellgebiet maximal etwa 450 m, wobei im Bereich des geplanten Endlagers mit etwa 300 m zu rechnen ist (auf die Verhältnisse an der Immendorfer Störung wird im Kap. 2.1.4.2 eingegangen).

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung des Unteren und Mittleren Buntsandstein im Standortbereich im Detail ein differenzierteres

Bild des stratigraphischen Aufbaues als es der Antragsteller im Plan beschrieben hat. Die "Eichsfeld-Altmark-Schwelle" ist im Plan nicht angesprochen, obwohl dort besonders der Mittlere Buntsandstein nur unvollständig ausgebildet ist. Im gesamten Modellgebiet Konrad fehlt die Hardeggen-Folge und in seinem größten Teil auch die Detfurth-Folge des Mittleren Buntsandstein. Die Volpriehausen-Folge des Mittleren Buntsandstein sowie der Untere Buntsandstein sind nur unvollständig ausgebildet. Dagegen ist die Solling-Folge des Mittleren Buntsandstein im Modellgebiet allgemein verbreitet.

Somit haben unsere Prüfarbeiten hinsichtlich des Unteren und Mittleren Buntsandstein eine Vervollständigung und Aktualisierung der Standortbeschreibung ergeben. Die dargelegten zusätzlichen Details sind in unsere Bewertungen eingegangen (s. Kap. 2.1.2.4).

Unsere Stellungnahme zum Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NlfB

- ARBEITSAUSSCHUSS BUNTSANDSTEIN DER GEOLOGISCHEN LANDESÄMTER (1974), BOIGK (1959, 1961), BRÜCKNER-RÖHLING & LANGBEIN (1993), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), FULDA (1935), GAERTNER & RÖHLING (1993), GROETZNER (1962), HERRMANN (1964), HINZE (1967), HOFMEISTER et al. (1972), JORDAN (1986), KELCH & PAULUS (1980), KÜHNE (1932), LANGER (1989), PHILIPP (1960), RICHTER-BERNBURG (1974), SCHULZ (1972), SCHWAHN & GAHRMANN (1976), SEIDEL (1974), STEIN (1968), SUBKOMMISSION PERM-TRIAS (1993), TRUSHEIM (1971), WOLDSTEDT (1933), ZUNCKE (1957).

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) haben Bohrungen die Schichten des Muschelkalk angetroffen. Weit verbreitete Tagesaufschlüsse von Muschelkalk sowie Oberem Buntsandstein (Röt) gibt es im Salzgitter-Höhenzug einschließlich des Lichtenberger Höhenzuges und in der Asse, kleinere Tagesaufschlüsse dagegen am Ösel und am Thieder Lindenberg.

Im Salzgitter-Höhenzug erreicht der Muschelkalk am Hamberg bei Kniestedt (nördlich Salzgitter-Bad) eine Höhe von 275 m über NN. Oberer Buntsandstein und Muschelkalk fallen vom Salzgitter-Höhenzug in nördlicher Richtung ein; ihre Basis liegt im Bereich unter dem geplanten Endlager um etwa 2300 m unter NN und östlich Vechelde um etwa 2600 m unter NN. Im Nordteil des Modellgebietes sinkt diese Basis von Calberlah bis Gifhorn von etwa 1700 m bis auf etwa 3000 m unter NN; westlich der Salzstöcke Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel findet sie sich bis etwa 3500 m unter NN.

Die Schichten des Buntsandstein und des Muschelkalk waren in der ehemaligen Schachtanlage Bismarck in Salzgitter sowie in der früheren Eisenerzgrube Fortuna bei Groß-Döhren aufgeschlossen.

Oberer Buntsandstein und Muschelkalk des Modellgebietes sind im Gegensatz zum Mittleren Buntsandstein von der paläogeographisch-tektonischen Entwicklung der "Eichsfeld-Altmark-Schwelle" wenig beeinflusst und deshalb im allgemeinen ohne größere Schichtlücken ausgebildet. Der Obere Buntsandstein (Röt) gliedert sich in vier Folgen, die vorwiegend aus tonigen Gesteinen mit unterschiedlichen Farben bestehen (HINZE 1967).

In der Grauen bzw. Grüngrauen Folge (Röt 1) findet sich ein 80-120 m mächtiges Steinsalzlager (Unteres Röt-Salinar) mit maximal drei geringmächtigen, aber horizontbeständigen, tonig-anhydritischen Zwischenmitteln. Das Steinsalz wird an seiner Basis und am Top von dem jeweils geringmächtigen und tonigen Sohl- bzw. Deckanhydrit begrenzt (TRUSHEIM 1971). In der Bunten Folge (Röt 2) mit ihren violettroten und grüngrauen tonigen und teilweise feinsandigen Gesteinen kommen bis mehrere Meter mächtige Anhydrit- bzw. Gipssteinbänke sowie lokal ein bis etwa 10 m mächtiges Steinsalzlager vor (Oberes Röt-Salinar). Die meist braunroten Tonsteine der Rotbraunen Folge (Röt 3) enthalten teilweise kleine Anhydrit- bzw. Gipskonkretionen. Die Grauviolette Folge (Röt 4) schließlich führt neben violettroten und grauen Tonsteinen dünne Anhydrit- bzw. Gips- sowie Schluff- und Feinsandsteinlagen. Diese oberste lithostratigraphische Einheit des Röt wird als Myophorienschichten bezeichnet (SUBKOMMISSION PERM-TRIAS 1993).

Der Obere Buntsandstein ist im Modellgebiet, je nach Ausbildung bzw. Erhaltung der Steinsalzlager, etwa 100 bis über 200 m mächtig. Die Steinsalzlager sind im Modellgebiet einschließlich seiner näheren Umgebung nur von einigen Bohrungen nachgewiesen worden (PHILIPP 1960, KELCH & PAULUS 1980, Archivunterlagen des NLfB). Die flächige Verbreitung von Röt-Steinsalz im Modellgebiet ist somit im einzelnen nicht genau bekannt. Im Bereich größerer Störungszonen z.B. könnte es nur lückenhaft ausgebildet sein. An den Flanken der Salzstöcke ist nach Seismikbefunden vielfach Zechsteinsalz halotektonisch in das Rötsteinsalz eingedrungen und hat sogenannte Salzkeile gebildet (vgl. Kap. 2.1.4.2). Über derartige "Mischungen" von Röt- und Zechsteinsalzen wird auch aus der früheren Schachtanlage Bismarck in Salzgitter berichtet (FULDA 1935). Am Salzgitter-Höhenzug dürfte sonst das Röt-Steinsalz, sofern es abgelagert war, tiefgründig abgelaugt worden sein. Gipseinschlaltungen in den Röt-Tonen vertreten und belegen dort wohl teilweise als Ablaugungsrelikte die Salinarhorizonte in den Tagesaufschlüssen.

Der Untere Muschelkalk ("Wellenkalk") beginnt nach STEIN (1968) mit dem Bereich der Basiskonglomeratbänke (teilweise mit Gelbkalken an der Röt-/Muschelkalkgrenze; die Subkommission Perm-Trias (1993) definiert einen "Grenzgelbkalk" als Basishorizont des Unteren Muschelkalk). Darüber folgen der Wellenkalk 1, der Bereich der Oolithbänke (mit markantem Gelbkalk), der Wellenkalk 2, der Bereich der Terebratelbänke, der Wellenkalk 3 und der Bereich der Schaumkalkbänke (mit Basisgelbkalk). Die Mächtigkeit vom Unteren Muschelkalk beträgt im Salzgitter-Höhenzug bis etwa 150 m und nimmt im Modellgebiet nach Norden ab: In der Bohrung Weyhausen Z 1 liegt sie deutlich unter 100 m und in der Bohrung Velpke-Asse Devon 1 bei knapp 65 m (DAHLGRÜN 1939a, 1939b; PHILIPP 1960, KELCH & PAULUS 1980).

Der Mittlere Muschelkalk beginnt mit einer tonig-mergeligen Dolomit-Folge. Darüber liegen eine aus Dolomit-, Ton- und Anhydrit- bzw. Gipsstein aufgebaute Gips-Dolomit-Folge (Sulfat-Folge) sowie eine weitere Dolomit-Folge. Die letztere weist in der ehemaligen

Grube Fortuna bei Groß-Döhren einen 0,7 m mächtigen dunklen Tonsteinfuß auf, der schwach diskordant über der Gips-Dolomit-Folge lagert. Teilweise läßt sich in der oberen Dolomit-Folge noch eine weitere Sulfat-Folge ausgliedern (SEIDEL 1974, JORDAN 1986).

Die Sulfat-Folgen enthalten im Bereich ehemaliger Becken Steinsalzlager (TRUSHEIM 1971; GAERTNER & RÖHLING 1993). Diese sind im Modellgebiet einschließlich seiner näheren Umgebung nur von einigen Bohrungen nachgewiesen worden (PHILIPP 1960, KELCH & PAULUS 1980, Archivunterlagen des NLfB). Ihre flächige Verbreitung im Modellgebiet ist somit im einzelnen nicht genau bekannt (vgl. Kap. 2.1.4.2). In der Bohrung Burgdorf Z 1 (bei Werlaburgdorf) ist das untere Steinsalzlager etwa 50 m, das obere etwa 30 m mächtig; in den Bohrungen Weyhausen Z 1 und Velpke-Asse Devon 1 traf man nur das etwa 50 m mächtige untere Steinsalz an, das im Modellgebiet das bedeutendere ist (über seine Verbreitung am Salzstock Broistedt-Vechelde s. Kap. 2.1.4.2). Am Salzgitter-Höhenzug dürfte das Muschelkalk-Steinsalz in Oberflächennähe, sofern es abgelagert war, tiefgründig abgelaugt worden sein; Gipseinschaltungen in den Dolomitmergeln vertreten und belegen dort wohl teilweise als Ab-laugungsrelikte das Salinar in den Tagesaufschlüssen. Der salzfreie Mittlere Muschelkalk ist nur 50-80 m mächtig; in Gebieten mit Steinsalz werden deutlich über 100 m Mächtigkeit erreicht.

Der Obere Muschelkalk wird allgemein zweigeteilt. Der Obere Muschelkalk 1 (Encrinus-Schichten) beginnt mit einer Folge mergeliger, dolomitischer und kalkiger sowie kalkoolithischer Gesteine, den Gelben Basisschichten, auf denen die Flaser- und die gebankten bis massigen Schillkalksteine des Haupttrochitenkalkes liegen. Der Obere Muschelkalk 2 (Ceratitenschichten einschließlich toniger Grenzschichten zum Keuper) ist aus einer Wechsellagerung von harten Kalk- und Schillkalksteinbänkchen mit mürben bis weichen Ton- bis Mergelsteinlagen aufgebaut (sogenannte Tonplatten), in die lokal die bankigen Schillkalksteine des Oberen Trochitenkalk eingeschaltet sind.

Im nördlichen Salzgitter-Höhenzug, bei Kniestedt und Gebhardshagen, sind die Gelben Basisschichten 2 m, der Haupttrochitenkalk

7-8 m, die Unteren Tonplatten 6-7 m und der Obere Trochitenkalk 2 m mächtig (GROETZNER 1962, HOFMEISTER et al. 1972). Der gesamte Obere Muschelkalk ist am Salzgitter-Höhenzug 50-70 m, in der Bohrung Velpke-Asse Devon 1 aber nur 30 m mächtig, d.h. die Mächtigkeit nimmt im Modellgebiet nach Norden leicht ab (KÜHNE 1932, WOLDSTEDT 1933, DAHLGRÜN 1939a, 1939b; KELCH & PAULUS 1980).

Vom Oberen Buntsandstein (Röt) und Muschelkalk ist insgesamt der stratigraphische Aufbau im Detail mit der Vielfalt klastischer, karbonatischer und salinärer Gesteine wichtig. Die flächige Verbreitung der Steinsalzlager ist im einzelnen nicht genau bekannt. Das Steinsalz im Mittleren Muschelkalk dürfte insbesondere aus paläogeographisch-faziellen und strukturgegeschichtlichen Gründen im Modellgebiet nicht flächendeckend verbreitet sein (vgl. Kap. 2.1.4.2). GAERTNER & RÖHLING (1993) unterscheiden nach Korrelationen von Bohrlochlogs (Gamma Ray und Sonic) bis zu sechs Salinare im Mittleren Muschelkalk des Nordwestdeutschen Beckens. Nach den von ihnen veröffentlichten Karten liegt das Modellgebiet Konrad hinsichtlich der primär-sedimentären Gegebenheiten des Mittleren Muschelkalk innerhalb des Verbreitungsgebietes von Steinsalz der Muschelkalk-Salinare 2 und 3.

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Oberen Buntsandstein und Muschelkalk für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

Unsere Stellungnahme zum Keuper beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB
- APPEL (1981), BATTERMANN (1989), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), HERRMANN (1964, 1968), JORDAN (1986), KELCH & PAULUS (1980), KOLBE (1954), KRUCK & WOLF (1975), KÜHNE (1932), PHILIPP (1960),

SCHOTT (1942), STINDER (1989), TRUSHEIM (1971), WILL (1969),  
WOLDSTEDT (1932, 1933), WURSTER (1964), ZEINO-MAHMALAT (1970).

- [REDACTED] [1987]

- EU 232

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) haben Bohrungen die Schichten des Keuper angetroffen; in Bohrungen innerhalb des Modellgebietes bzw. an seinen Rändern wurden auch Rhät-Sandsteine (Oberer Keuper) detailliert erfaßt. Untertägige Keuper-Aufschlüsse gab es ferner in den ehemaligen Schachtanlagen Haverlahwiese bei Salzgitter-Gebhardshagen und Thiede 3 in Thiede. Weit verbreitete Tagesaufschlüsse von Keuper gibt es im Salzgitter-Höhenzug einschließlich des Lichtenberger Höhenzuges und in der Asse, kleinere Tagesaufschlüsse dagegen am Ösel und am Thieder Lindenberg.

Im Salzgitter-Höhenzug erreicht der Keuper im Raum Gebhardshagen Höhen von 170-190 m über NN; von dort fallen die Keuper-Schichten in nördlicher Richtung ein. Ihre Basis liegt im Bereich unter dem geplanten Endlager etwa 1900-2000 m unter NN und östlich Vechelde um etwa 2300 m unter NN. Im Nordteil des Modellgebietes sinkt diese Basis von Calberlah bis Gifhorn von etwa 1100 m bis auf etwa 2800 m unter NN; westlich der Salzstöcke Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel findet sie sich bis etwa 3000 m unter NN.

Die Keuper-Mächtigkeit ist im Modellgebiet und seiner näheren Umgebung beachtlichen Schwankungen unterworfen. Am nördlichen Salzgitter-Höhenzug sowie im Bereich des geplanten Endlagers ist mit 300-350 m Keuper zu rechnen. Nach Osten nimmt diese Mächtigkeit deutlich zu; in der Bohrung Burgdorf Z 1 bei Werlaburgdorf traf man 515 m Keuper an (PHILIPP 1960). Vom Salzgitter-Höhenzug nach Westen (Lichtenberge, Hildesheimer Wald) ist eine nur leichte Mächtigkeitszunahme zu verzeichnen (HERRMANN 1964, 1968), während die Keuper-Mächtigkeit vom geplanten Endlagerbereich nach Westen zu den Salzstöcken Broistedt und Vechelde, also in Richtung auf das dort ehemals vorhandene Salzkissen, auf 200 m und darunter

abnimmt (über die Verhältnisse an der Immendorfer Störung vgl. Kap. 2.1.4.2). Auch nördlich des geplanten Endlagerbereiches nimmt allgemein die Keuper-Mächtigkeit vom zentralen Modellgebiet nach Westen zu den Salzstöcken Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel ab und nach Osten deutlich zu. Im nordöstlichen Teil des Modellgebietes kommen bis 1000 m Keuper vor. Jedoch in den Bohrungen Weyhausen Z 1 und Velpke-Asse Devon 1, 5 km bzw. 12 km östlich des Modellgebietes, traf man wiederum nur 350 m bzw. 250 m Keuper an (PHILIPP 1960, KELCH & PAULUS 1980).

Diese Mächtigkeitsschwankungen stehen meist mit der Wanderung des Zechsteinsalzes und der Entwicklung der Zechstein-Salzstrukturen (Salzkissen, Salzstöcke) in ursächlichem Zusammenhang. Inwieweit die einzelnen, im folgenden beschriebenen Keuper-Schichten von den Mächtigkeitsschwankungen und zu vermutenden Faziesunterschieden betroffen sind, ist im Modellgebiet und seiner näheren Umgebung hauptsächlich nur für das Rhät näher bekannt (SCHOTT 1942, APPEL 1981, BATTERMANN 1989). Große Keuper-Mächtigkeiten in der Nähe von Zechstein-Salzstrukturen beruhen teilweise auf Einschaltungen von Steinsalzlagerstätten im Gipskeuper (Mittlerer Keuper; TRUSHEIM 1971). Nördlich des Modellgebietes entfallen in der Bohrung Eldingen Z 1 von 840 m Keuper über 100 m auf Steinsalzlager (PHILIPP 1960).

Der Untere Keuper beginnt im Bereich nördlicher Salzgitter-Höhenzug/Lichtenberge mit tonig-dolomitischen Basisschichten und einer Folge von tonigen Gesteinen und Sandstein, dem unteren Lettenkohlsandstein. Darüber liegen der Hauptdolomit und die Unteren Bunten Mergel, eine Folge von Dolomitstein, Sandstein und tonigen Gesteinen. Schließlich folgen die Sandsteine und Tonsteine des Hauptlettenkohlsandsteins und die tonig-dolomitische Folge der Oberen Bunten Mergel einschließlich Grenzdolomit.

Im Bereich der Lichtenberge und westlich davon ist der Untere Keuper 55-60 m mächtig, am nördlichen Salzgitter-Höhenzug sowie in den Bohrungen Burgdorf Z 1, Weyhausen Z 1 und Velpke-Asse Devon 1 um 40 m (PHILIPP 1960, KELCH & PAULUS 1980).

Der Mittlere Keuper beginnt mit dem Gipskeuper (Gipsresiduen-schichten), einer Folge von grauen und bunten Ton- bis Tonmergelsteinen mit Karbonat- und Gipseinschaltungen. Darüber liegen die meist schluffig-tonig und nur lokal sandig ausgebildete Schilfsandsteinregion sowie die roten, teilweise gipsführenden (Grube Haverlahwiese) Tonsteine der sogenannten Roten Wand. Schließlich folgt der Steinmergelkeuper, eine Folge von teilweise kieseligen und dolomitischen Ton- bis Tonmergelsteinen mit Einschaltungen von Gips im unteren Teil und von Feinsand- und Kalksandstein im oberen Teil.

Der Mittlere Keuper ist im Bereich der Lichtenberge und des nördlichen Salzgitter-Höhenzuges etwa 180-250 m mächtig. In der Bohrung Burgdorf Z 1 erreicht er 338 m und in den Bohrungen Weyhausen Z 1 und Velpke-Asse Devon 1 nur 205 m bzw. 121 m Mächtigkeit. In der Weyhausen Z 1 fand man im Gipskeuper etwa 10 m Steinsalz (PHILIPP 1960, KELCH & PAULUS 1980).

Die Schilfsandsteinregion ist im Modellgebiet und seiner näheren Umgebung nach gegenwärtiger Kenntnis (EU 232) überwiegend aus rot-braunen schluffigen Tonsteinen mit nur lokal verbreiteten, grauen oder grünlichen, dünnen Sandsteinlagen aufgebaut ("Stillwasserfazies" ohne eigentliche "Sandsteinstränge" nach WURSTER 1964). Diese Fazies war an einer Böschung an der Straße von Lichtenberg nach Ölber und in der ehemaligen Grube Haverlahwiese aufgeschlossen; dort fanden sich am Schacht 1 auf der - 75-m-Sohle 16 m rot-braune Tonsteine mit einzelnen dm-dünnen grünen Sandsteinlagen [REDACTED]. Ähnliches gilt für die Bohrung Burgdorf Z 1. An der Autobahn bei Astenbeck, 13 km südwestlich des Modellgebietes, wurden dagegen 5 m tonig-karbonatischer Schilfsandstein angetroffen (HERRMANN 1968). In den Bohrungen Weyhausen Z 1 und Velpke-Asse Devon 1 ist nach den Bohrlochmessungen das Vorkommen von 8 m bzw. 4 m Schilfsandstein zu interpretieren. Somit sind in der Umgebung des Modellgebietes lokal auch Schilfsandsteinbänke nachgewiesen, für die aber keine flächendeckende Verbreitung im Modellgebiet angenommen werden kann.

Der Obere Keuper (Rhät) ist eine Folge von tonigen Sandsteinen und Tonsteinen (sogenannte Rhät-Schiefer), von denen die letzteren wechselnde Anteile an Sandsteinflasern, Sandsteinlinsen und dünnen Sandsteinlagen aufweisen. Das Rhät ist nach BATTERMANN (1989) in Unter-, Mittel- und Oberrhät mit nachstehender Schichtenabfolge zu gliedern: Unterrhät-Tonstein und -Sandstein; Untere Mittelrhät-Schiefer, Mittelrhät-Hauptsandstein, Mittlere Mittelrhät-Schiefer, Flasersandstein, Obere Mittelrhät-Schiefer; Untere Oberrhät-Schiefer, Oberrhät-Sandstein, Obere Oberrhät-Schiefer.

Rhät-Schichten sind im Modellgebiet insbesondere an den Strukturen Calberlah, Vordorf, Rühme, Broitzem, Vechelde, Fümmelse und Flachstöckheim erbohrt worden. Im Modellgebiet nördlich des geplanten Endlagerbereiches ist der Unterrhät-Sandstein etwa bis 10 m mächtig, der Mittelrhät-Hauptsandstein etwa 10-20 m, der Flasersandstein um 5 m und der Oberrhät-Sandstein um 15 m mächtig (BATTERMANN 1989). Die Rhät-Gesamtmächtigkeit liegt dort bei 100-120 m (116 m in der Bohrung Weyhausen Z 1, 139 m in der Burgdorf Z 1; nach SCHOTT (1942) bei Calberlah bis 170 m). Am Salzgitter-Höhenzug ist das Rhät dagegen nur 50-60 m mächtig, wovon bis zu 30 m auf den Hauptsandstein entfallen sollen (DAHLGRÜN 1939a). In der Bohrung Burgdorf Z 1 ist der Mittelrhät-Hauptsandstein 21 m mächtig.

Vom Keuper insgesamt sind der stratigraphische Aufbau im Detail mit der Vielfalt klastischer, karbonatischer und teilweise auch salinärer Gesteine, ferner die beachtlichen Mächtigkeitsschwankungen des gesamten Keuper und einzelner Keuper-Schichten sowie die Sandsteine im Rhät besonders wichtig. Die Sandsteine-führenden Schichten des Rhät und des Hettangium (s. folg. Abschn.) wurden von uns aufgrund ihrer lithologisch ähnlichen Ausbildung zu einer hydrogeologischen Einheit zusammengefaßt (s. Kap. 3.2.2.2 und 3.2.3.1.2).

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Keuper für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

Unsere Stellungnahme zum Lias beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLFb

- BOIGK (1981), BRAND & HOFFMANN (1963), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), FISCHER et al. (1983), HERRMANN (1964), HOFFMANN (1949, 1950, 1968, 1969a), HOFFMANN & JORDAN (1982), JARITZ (1986), JORDAN (1986), KOLBE (1954), KÜHNE (1932), PHILIPP (1960), PRAUSS (1989), WOICK (1986), WOLDSTEDT (1933).

- [REDACTED] [1987]

- EU 232

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) haben Bohrungen die Schichten des Lias angetroffen; in Bohrungen innerhalb des Modellgebietes bzw. an seinen Rändern wurden auch Lias-Sandsteine (meist Hettangium) detailliert erfaßt. Untertägige Lias-Aufschlüsse gab es ferner in der ehemaligen Eisenerzgrube Haverlahwiese bei Salzgitter-Gebhardshagen. Verbreitete Tagesaufschlüsse von Lias gibt es im Salzgitter-Höhenzug einschließlich des Lichtenberger Höhenzuges und in der Asse sowie im Raum nordöstlich von Braunschweig, kleinere Tagesaufschlüsse dagegen am Ösel und bei Salzdahlum.

Am Ausbiß im nördlichen Salzgitter-Höhenzug erreicht der Lias Höhen von 150-170 m über NN; von dort fallen die Lias-Schichten in nördlicher Richtung ein. Ihre Basis liegt im Bereich unter dem geplanten Endlager etwa 1400-1700 m unter NN und östlich Vechelde etwa 2000-2100 m unter NN. Im Nordteil des Modellgebietes sinkt diese Basis von Calberlah bis Gifhorn von etwa 300 m bis auf etwa 2600 m unter NN; westlich der Salzstöcke Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel findet sie sich bis etwa 2800 m unter NN.

Die Lias-Mächtigkeit ist im Modellgebiet und seiner näheren Umgebung deutlichen Schwankungen unterworfen. Im nördlichen Salzgit-

ter-Höhenzug und in den Lichtenbergen ist mit etwa 270-300 m Lias zu rechnen, jedoch sind die Schichten teilweise unter transgredierender Unterkreide gekappt, so daß z.B. im Bereich der ehemaligen Eisenerzgrube Haverlahwiese weniger als 200 m Lias erhalten sind. In der Bohrung Burgdorf Z 1 bei Werlaburgdorf wurden 343 m Lias unter der Unterkreide-Transgression angetroffen. Im Bereich des geplanten Endlagers und nördlich davon erreicht die Lias-Mächtigkeit 300 m bis über 400 m, nimmt aber nach Westen sowie auch nach Osten in Richtung auf die Salzstrukturen auf unter 200 m ab (über die Verhältnisse an der Immendorfer Störung vgl. Kap. 2.1.4.2). Im Ostteil des Modellgebietes sind die Mächtigkeit und Verbreitung des Lias weithin, ähnlich wie am Salzgitter-Höhenzug, durch Kapungen unter der Unterkreide-Transgression mitbestimmt. Jedoch sind Mächtigkeit und Fazies der Lias-Schichten auch von der speziellen paläogeographischen Situation sowie von der Entwicklung der benachbarten Salzstrukturen geprägt. Im nördlichsten Teil des Modellgebietes ist der Lias nur um oder unter 200 m mächtig.

Der Lias gliedert sich in die Schichten des Hettangium, Sinemurium, Pliensbachium (=Carixium + Domerium) und Toarcium, wobei hier mit Rücksicht auf die reflexionsseismische Kartierbarkeit die Grenze zwischen Unter- und Obertoarcium als Lias-/Dogger-Grenze angesetzt wird. In ehemaligen Beckenbereichen sind die relativ mächtigen Lias-Schichten überwiegend aus tonigen Gesteinen aufgebaut. In Richtung auf die Beckenränder bzw. auf Schwellenbereiche sind bei abnehmender Schichtenmächtigkeit zunehmend sandige und karbonatische Gesteine sowie auch Eisenoolithe eingeschaltet. Dies gilt besonders für das Hettangium, das untere Sinemurium und das untere Pliensbachium (Carixium).

Hettangium-Schichten sind im Modellgebiet insbesondere an den Strukturen Calberlah, Vordorf, Rühme, Broitzem, Vechelde, Fümmelse und Flachstökheim erbohrt worden. Es handelt sich um eine Folge von Sandsteinen und Tonsteinen, von denen die letzteren teilweise Sandsteinflasern, Sandsteinlinsen und dünne Sandsteinlagen führen (Sandstein-Tonstein-Wechselfolge). Die kompakten Sandsteinbänke sind nach Logauswertungen um 1 m bis etwa 7 m, ausnahmsweise 12 m bis 19 m mächtig (EU 232).

Im nördlichen Salzgitter-Höhenzug (Bereich ehemalige Grube Haverlahwiese) und in den angrenzenden Lichtenbergen ist das untere Hettangium (Lias alpha 1) um 20-25 m mächtig, vorwiegend tonig ausgebildet und führt an der Basis eine unter 1 m mächtige Kalksandsteinbank ("Pylonotenbank") und an der Obergrenze zwei etwas über 1 m mächtige Kalksandsteinbänke ("Grenzsandstein"). Das obere Hettangium (Lias alpha 2) ist dort 25-40 m mächtig, ebenfalls vorwiegend tonig ausgebildet und enthält eine um 1 m mächtige Kalksandsteinbank und eine ebenso mächtige sandig-tonige Bank (oberer alpha 2-Sandstein; "Angulatensandstein"). Bei Astenbeck, 13 km südwestlich des Modellgebietes, sind die tonigen Gesteine dieser Schichten rot und hellgrün gefärbt ("Bunte Serie"; HOFFMANN 1949, HERRMANN 1964, [1987]); solche Gesteine könnten auch im Modellgebiet vorkommen. In einer Bohrung wurden nach Log drei Hettangium-Sandsteine angetroffen, die 19 m, 4 m und 7 m mächtig sind; in einer anderen Bohrung sind der Pylonotensandstein 3,5 m und der Grenzsandstein 12 m mächtig; schließlich fand man in zwei weiteren Bohrungen über 7 m Angulatensandstein (EU 232). In der Bohrung Burgdorf Z 1 ist das gesamte Hettangium 92 m mächtig (PHILIPP 1960).

Das Sinemurium (Lias alpha 3 und Lias beta) ist im Bereich nördlicher Salzgitter-Höhenzug-Lichtenberge etwa 65 m mächtig, vorwiegend tonig bis tonmergelig ausgebildet und führt nur untergeordnet sandige Lagen, häufiger Toneisensteingeodenlagen sowie einzelne Kalksteinbänkchen ("Sauzeanum-", "Raricostaten-" und "Miles-Bank").

Im gleichen Gebiet ist das untere Pliensbachium (Carixium, Lias gamma) 0,5 m bis 18 m mächtig und kalkig bis tonmergelig ausgebildet, während das obere Pliensbachium (Domerium, Lias delta) 120 m Mächtigkeit erreicht und aus Ton- bis Tonmergelsteinen mit Toneisensteingeoden aufgebaut ist.

Das untere Toarcium (Posidonienschiefer, Lias epsilon) ist im genannten Gebiet um 35 m mächtig und besteht aus bituminösen, dünn-schichtigen bis blätterigen Tonmergel- bis Mergelsteinen mit ein-

zelenen dünnen Kalksteinbänkchen ("Monotisbank" etc.). In der Bohrung Burgdorf Z 1 ist das Sinemurium 66 m, das Pliensbachium 142 m und das untere Toarcium 40 m mächtig (PHILIPP 1960).

Das hier schon in den Dogger gestellte obere Toarcium (Dörntener Schiefer, Lias zeta) ist im genannten Gebiet nur bis etwa 4 m mächtig, tonig bis mergelig ausgebildet und beginnt mit einer basalen Aufarbeitungslage. Letztere belegt dort eine Schichtlücke. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß im Lias des genannten Gebietes wie des gesamten Modellgebietes mit mehreren Schichtlücken gerechnet werden muß (HOFFMANN 1949, 1950, 1969a). Bemerkenswert ist schließlich, daß bituminöse Gesteine nicht nur im unteren, sondern auch im oberen Toarcium vorkommen können (HOFFMANN 1968).

Vom Lias insgesamt sind die deutlichen Mächtigkeitsschwankungen, die Sandsteine im Hettangium sowie verbreitete Schichtlücken wichtig. Die Schichtlücken sind durch biostratigraphische Arbeiten von HOFFMANN (s.o.) belegt. Auf ihre Beschreibung im Detail wurde von uns verzichtet, weil sie sowohl für die Standortbeschreibung als auch für unsere Bewertung der meist tonigen bis tonmergeligen Lias-Schichten (Ausnahme: Hettangium) unerheblich sind. Die Sandsteine-führenden Schichten des Hettangium und des Rhät (s. vorhergehenden Abschn.) wurden von uns aufgrund ihrer lithologisch ähnlichen Ausbildung zu einer hydrogeologischen Einheit zusammengefaßt (s. Kap. 3.2.2.2 und 3.2.3.1.2).

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Lias für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

Unsere Stellungnahme zum Dogger beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB
- BÄUERLE (1980), BININDA (1985), BOIGK (1981), BRAND & HOFFMANN (1963), BRAND & JORDAN (1990), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), ECKHARDT

(1991), FAHRION (1953), FISCHER et al. (1983), HEDEMANN (1954), HERRMANN (1964), HOFFMANN (1949, 1969b), JARITZ (1986), KOLBE (1954), KÜHNE (1932), LUTZE (1960, 1963, 1967), MÖCKEL (1982), PRAUSS (1989), SCHWARZKOPF (1987), WOLDSTEDT (1933).

- EU 63.3, EU 178, EU 189, EU 232, EU 370.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) haben Bohrungen die Schichten des Dogger angetroffen. Innerhalb des Modellgebietes bzw. an seinen Rändern wurden auch Aalenium-Sandsteine (Dogger-beta-Sandsteine) und Unter-Bathonium-Sandsteine (Cornbrash) in Bohrungen detailliert erfaßt. Untertägige Dogger-Aufschlüsse fanden sich ferner in der ehemaligen Eisen-erzgrube Haverlahwiese bei Salzgitter-Gebhardshagen. Einzelne Tagesaufschlüsse von Dogger gibt bzw. gab es in der Asse, im Raum östlich Braunschweig, in den Stadtgebieten von Fallersleben und Wolfsburg sowie an Straßeneinschnitten westlich der Lichtenberge.

In den östlichen Lichtenbergen und im nördlichen Salzgitter-Höhenzug geht der Dogger infolge Kappung unter der Unterkreide-Transgression und/oder Überdeckung durch Quartär-Schichten meist nicht zu Tage aus, wurde aber in Bohrungen sowie in den tiefen Tagebauen und in den untertägigen Aufschlüssen des ehemaligen Eisenerzbergbaues nachgewiesen. Im Bereich der Grube Haverlahwiese hat man unter der Unterkreide nur Relikte von Obertoarcium und Aalenium (Opalinuston) angetroffen. Nahe der Grenzlerburg südlich von Salz- gitter-Bad ist jedoch ein annähernd vollständiges Doggerprofil be- kannt geworden (DAHLGRÜN 1939a, KOLBE 1954).

Die Doggerbasis fällt vom nördlichen Salzgitter-Höhenzug in nörd- liche Richtung ein und liegt im Bereich unter dem geplanten Endla- ger etwa 900-1500 m unter NN und im Raum östlich Vechelde etwa 1800-1900 m unter NN. Im Nordteil des Modellgebietes sinkt diese Basis von Calberlah bis Gifhorn etwa von NN bis auf etwa 2300 m unter NN; westlich der Salzstöcke Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel findet sie sich zwischen etwa 1500 m und etwa 2600 m unter NN. Schichten des höheren Dogger (Bathonium, Callovium) sind in der

Grube Konrad auf der 3. Sohle am Schacht 2 und auf der 4. Sohle im Ort 410 N, also in Teufen zwischen 900 und 1000 m unter NN, aufgeschlossen.

Die Dogger-Mächtigkeit ist im Modellgebiet und seiner näheren Umgebung teilweise beachtlichen Schwankungen unterworfen. Analog zum Lias und Keuper hängt dies jeweils mit der speziellen paläogeographischen Situation, mit der Entwicklung der benachbarten Salzstrukturen und mit Kappungen unter der Unterkreide-Transgression ursächlich zusammen. Im Bereich des geplanten Endlagers ist mit 200-300 m Dogger zu rechnen, wobei diese Mächtigkeit nach Westen und Osten abnimmt und der Dogger östlich des Endlagers unter der Unterkreide gekappt ist (s. Kap. 2.1.4.2).

Im Modellgebiet nördlich des geplanten Endlagerbereiches, östlich der Salzstöcke Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel, erreicht die Dogger-Mächtigkeit etwa 400-800 m, nimmt aber wiederum nach Westen in Richtung auf die genannten Salzstöcke sowie auch in Richtung auf die Salzstrukturen am Ostrand des Modellgebietes meist rasch ab. Am Salzstock Calberlah gehen Dogger und Lias unter quartären bzw. tertiären Schichten oberflächennah aus (FAHRION 1953). Am Salzstock Gifhorn dürfte der Dogger etwa 200 m Mächtigkeit erreichen.

Der Dogger gliedert sich in die Schichten des Aalenium (+ Ober-toarcium, s.o.), Bajocium, Bathonium und Callovium. Diese Schichten sind zwar vorwiegend aus tonigen bis tonmergeligen Gesteinen aufgebaut, doch kommen im Modellgebiet insbesondere im Aalenium und Bathonium auch sandige und kalkig-sandige Gesteine vor. In den Aufschlüssen westlich der Lichtenberge konnten alle Dogger-Schichten, wenn auch mit einzelnen Schichtlücken, nachgewiesen werden; sie sind insgesamt 300-330 m mächtig (HERRMANN 1964).

Davon entfallen auf das Aalenium 80-110 m; dieses ist aus tonigen Gesteinen mit eingeschalteten Kalkgeoden, -bänkchen und "Tutenmergeln" aufgebaut. Sandsteine (Dogger-beta-Sandsteine) fehlen dort, von geringmächtigen sandigen Lagen abgesehen.

Das Bajocium ist dort 115 m mächtig, wovon 45 m auf Unterbajocium, 20 m auf Mittelbajocium und 50 m auf Oberbajocium entfallen. Diese Schichten sind aus Ton- bis Tonmergelsteinen mit Geoden und Geodenlagen aufgebaut; an der Oberbajocium-Basis ist eine Schichtlücke nachgewiesen.

Das Bathonium ist in diesem Raum 65 m mächtig, wovon 50-55 m auf Unterbathonium und 11 m auf Oberbathonium entfallen. Das Unterbathonium beginnt mit 9,5 m Kalksandstein, darüber folgen 12 m Tonmergelstein und 2,5 m toniger schillführender Kalksandstein (Württembergica-Sandsteine, Cornbrash) und schließlich Tonmergelsteine. Das Oberbathonium beginnt mit 2,5 m tonigem Kalksandstein, darüber folgen 3 m Tonmergelstein, 0,45 m schillführender Kalksandstein mit Eisenoiden (Aspidoides-Sandsteine) und schließlich 5 m Tonmergelstein mit Geoden.

Das Callovium ist dort rund 40 m mächtig. Es beginnt mit 2 m sandig-kalkigem Tonmergelstein des Untercallovium, über denen eine Schichtlücke angenommen wird, zumal an der Basis des Mittelcallovium eine Aufarbeitungslage gefunden wurde. Mittel- und Obercallovium sind mehr als 35 m mächtig und aus Tonmergelstein aufgebaut.

Im westlich angrenzenden Raum (Hildesheimer Jurazug) sind Belege dafür gefunden worden, daß das gesamte Mittelbathonium fehlt (LUTZE 1967; BRAND & JORDAN 1990), ein Befund, der für weite Teile NW-Deutschlands und auch für das Modellgebiet Konrad gilt. Ferner ist die erwähnte Schichtlücke an der Oberbajocium-Basis durch neuere Untersuchungen bestätigt worden ("Dogger-epsilon-Transgression" nach MÖCKEL 1982); sie tritt auch nahezu am gesamten Ostrand des Modellgebietes auf: Parkinsonien-Schichten transgredieren unter Ausfall von Garantianen- und Subfurcaten-Schichten auf Coronaten-Schichten und örtlich auf Ludwigien-Schichten (Aalenium/ Unterbajocium). Diese Schichtlücken sind für das hier begutachtete Vorhaben dann von Bedeutung, wenn sie die Verbreitung und Mächtigkeit von Sandsteinen beeinflussen (Einzelheiten s.u.).

In der Bohrung Konrad 101 transgredieren 75 m mächtige Parkinsonien-Schichten auf geringmächtige Garantianen- und Subfurcaten-

Schichten (Kondensationshorizont). Ferner transgredieren Ober- auf Unterbathonium, Untercallovium auf Oberbathonium, Mittel- auf Untercallovium und Oxford auf Obercallovium. Unter- und Obercallovium sind nur in Form geringmächtiger Erosionsrelikte vorhanden. Das Unterbathonium besteht aus 18 m sandigem Kalkstein bis Kalksandstein (Cornbrash), der Schill und im unteren Teil Tonlagen führt. Das 25 m mächtige Oberbathonium ist aus Tonsteinen aufgebaut, die an der Basis feinsandführend sind. Das 86 m mächtige Mittelcallovium ist überwiegend tonig ausgebildet und führt Kalkgeoden (EU 63.3).

Analoge stratigraphische Verhältnisse fanden sich in der Grube Konrad am Schacht 2 auf der 3. Sohle: Der tonig-karbonatische Unterbathonium-Sandstein (Cornbrash) ist dort erbohrt worden (EU 189, EU 370). Das Oberbathonium transgrediert mit an der Basis feinsandführenden Ton- bis Tonmergelsteinen, die im Bereich des Schachtquerschlages am Schacht 2 auf der 3. Sohle 25 m mächtig sind. Es folgen 25 m mächtige tonige Gesteine des Untercallovium. Nach einer Schichtlücke (Ausfall der Calloviense-Subzone) transgrediert das Mittelcallovium, eine etwa 60 m mächtige Folge von schwach sandig-schluffigen Ton- bis Tonmergelsteinen mit einzelnen großen Kalkgeoden sowie mit der "Gryphäenbank" an der Obergrenze. Das dort insgesamt knapp 100 m mächtige Callovium schließt mit den 8-13 m mächtigen schluffigen Tonmergelsteinen des Obercallovium (EU 178, EU 370) ab. Tonige bis mergelige Gesteine des Callovium sind in der Grube Konrad auch auf der 4. Sohle im Ort 410 N aufgeschlossen.

Aalenium-Sandsteine (Dogger-beta-Sandsteine) sind im Modellgebiet bzw. an seinen Rändern besonders an den Strukturen Calberlah, Vordorf, Rühme, Broitzem und Fümmlse sowie bei Leiferde und Hillerse-Rolfsbüttel erbohrt worden. Meist sind dort nur ein oder zwei, stellenweise aber auch bis zu vier "Sandsteinlager" (Sinon- und Staufensis-Sandstein) mit tonigen Zwischenmitteln ausgebildet. Die einzelnen "Sandsteinlager" sind im allgemeinen unter 10 m, örtlich aber bis 28 m mächtig. Im Grubenbereich Konrad scheint der Dogger-beta-Sandstein von Osten nach Westen zu "vertönen", denn in der Bohrung Bleckenstedt 3 östlich der Grube fanden sich 2 m Kalksand-

stein und in Bohrungen westlich bzw. südwestlich der Grube kein Sandstein mehr, sondern nur tonige Sandflaserschichten im gleichen stratigraphischen Niveau. Im Nordosten des Modellgebietes, im Stadtgebiet von Wolfsburg, geht der Dogger-beta-Sandstein zu Tage aus.

Unterbathonium-Sandstein (Cornbrash) ist im Modellgebiet bzw. an seinen Rändern besonders an den Strukturen Calberlah, Rühme und Vechelde sowie bei Leiferde und im Bereich der Grube Konrad erbohrt worden (Konrad 101; 3. Sohle am Schacht 2; s.o.). Die Sandstein- bzw. Kalksandstein-Mächtigkeiten erreichen dort 10 m bis über 30 m. Teilweise sind jedoch nur wenige Meter Cornbrash als Erosionsrelikt unter dem transgressivem Oberbathonium erhalten. Es wird vermutet, daß dieser Sandstein nach Süden "vertont", d.h. im südlichsten Teil des Modellgebietes oder südlich davon, zumal dieser Sandstein nicht wie der Dogger-beta-Sandstein aus östlicher, sondern aus nördlicher Richtung geschüttet sein soll (BOIGK 1981).

Die Tatsache, daß sowohl im Toarcium als auch im Bathonium seismische Reflektoren kartierbar sind, erlaubt eine Interpretation der Verbreitung und Mächtigkeit der Dogger-Schichten besonders in der Randsenke östlich des Salzstockes Vechelde, also im Nordteil des geplanten Endlagerbereiches und unmittelbar nördlich davon. Die Schichten vom Obertoarcium bis einschließlich Unterbathonium sind dort nur im Ostteil der Randsenke verbreitet. Sie werden im Hangenden und nach Westen vom transgressiven Oberbathonium gekappt, das seinerseits vom transgressiven Callovium gekappt ist. Letzteres greift nach Westen, vor dem Salzstock Vechelde, bis auf Lias herunter (JARITZ 1986). Im Osten gehen alle genannten Schichten unter der transgressiven Unterkreide aus. Sedimentation und Mächtigkeitsmaximum der Dogger-Schichten wanderten also von Osten nach Westen. Daraus ergibt sich als wichtigste Schlußfolgerung, daß Dogger-beta-Sandsteine und Cornbrash dort nur in Teilen der Randsenke vorkommen und wahrscheinlich nicht bis an den Salzstock Vechelde reichen.

Vom Dogger insgesamt sind somit die deutlichen Mächtigkeitsschwankungen und die teilweise begrenzte Verbreitung, ferner mehrere Schichtlücken sowie die meist damit verbundenen, aber begrenzt verbreiteten und wechselnd ausgebildeten Sandsteine im Aalenium (Dogger-beta-Sandstein) und im Unterbathonium (Cornbrash) und, südwestlich vom Modellgebiet, im Oberbathonium besonders wichtig. Im Gegensatz zum Lias (s. vorhergehenden Abschn.) wurde auf die Schichtlücken im Dogger im einzelnen eingegangen, weil sie mit den genannten Sandsteinen verbunden sind und damit sowohl für die Standortbeschreibung als auch für die Hydrogeologie der Schichtenfolge von Belang sind (s. Kap. 3.2.2.2 und 3.2.3.1.2).

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Dogger für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

## 2.1.2.2 Einlagerungsschichten (Oxford)

### 2.1.2.2.1 Darstellung des Antragstellers

Die Verbreitung der Oberjura- (Malm-) Schichten im Modellgebiet Konrad ist wesentlich geringer als die der Dogger-Schichten und an die Randsenken der Salzstöcke Broistedt, Vechelde, Wendeburg-Rolfsbüttel und Gifhorn gebunden; nach Norden setzt sie sich nördlich des Modellgebietes von Gifhorn bis zum Salzstock Vorhop fort. Die Malm-Mächtigkeit erreicht bei Alvesse, östlich des Salzstockes Vechelde, ein Maximum von etwa 800 m und nimmt von dort nach Süden ab. Bei Salzgitter-Hallendorf gehen die Malm-Schichten wie nahezu am gesamten Ostrand der genannten Randsenken unter der Unterkreide-Transgression aus. Malm-Tagesaufschlüsse gibt es in der Umgebung der Grube Konrad nicht. Alle Kenntnisse über diese Schichtenfolge im Modellgebiet beruhen auf Bohrungen sowie den beiden Schächten Konrad 1 und 2 und den untertägigen Aufschlüssen in der Grube Konrad.

Von dem knapp 60 km langen und maximal 14 km breiten Vorkommen von Oxford in dem Randsenkensystem von Broistedt bis Vorhop betrachtet der Antragsteller den südlichsten Abschnitt, in dem die Schachtanlage Konrad liegt, näher. In diesem Bereich östlich des Salzstockes Broistedt hat das Oxford-Vorkommen eine Breite (in West-Ost-Richtung) von 3700-4000 m, wovon am Ost- und Südrand in einem 400-600 m breiten Streifen infolge Kappung vor der Unterkreide-Transgression nicht mehr die vollständige Schichtenfolge erhalten ist. Die Oxford-Mächtigkeit beträgt im Zentrum dieses Bereiches generell über 150 m, nimmt zu den Rändern hin aber ab, was sich auch in der Fazies der Schichten widerspiegelt. Nach Grubenaufschlüssen treten besonders im Unteren Korallenoolith stärkere Mächtigkeitsschwankungen auf.

Im genannten näher betrachteten Bereich transgredieren die Heersumer Schichten auf Callovium. Diese Schichten umfassen das Unter-oxford und das untere Mitteloxford, und zu ihnen gehören schluffige bis feinsandige bioturbate Tonmergelsteine, verkieselte Kalksteine sowie auch die oolithischen Kalksteine des "Trümmer-

kalk" (die letzteren sind in der Literatur und in der montangeologischen Praxis bislang in den Unteren Korallenoolith gestellt worden). Das obere Mitteloxford besteht aus dem "Fladentonstein" des Unteren Korallenoolith. Mit dem "Erzkalk" des Unteren Korallenoolith beginnt das Oberoxford. Fladentonstein und Teile des Erzkalk fehlen stellenweise. Zum Oberoxford gehören schließlich der Mittlere und der Obere Korallenoolith.

Der Mittlere Korallenoolith besteht aus zwei durch ein tonmergeliges Zwischenmittel getrennten Eisenerzlagern, dem Unteren und dem Oberen Lager. Der Obere Korallenoolith ist aus dickbankigen oolithischen Kalksteinen und aus Tonmergelsteinlagen aufgebaut. Die Abgrenzung zum Kimmeridge erfolgte mikropaläontologisch.

#### 2.1.2.2.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zum Oxford beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB
- DENEKE (1978), DENGLER (1954), DENGLER & SIMON (1969), FAHRION (1953), FISCHER et al. (1983), GLASHOFF (1964), GOLESTANEH (1964, 1968), GOLESTANEH & URBAN (1973), GOLESTANEH et al. (1975), GRAMANN (1962, 1994), HERRMANN (1964), JARITZ (1986), KOLBE (1966a, 1970, 1975), KOLBE & SIMON (1969), KUNZ (1990), LUTZE (1960, 1963), PLOTE (1958), SCHLOENBACH (1985), SCHOTT (1949), SEITZ (1950), SIMON (1969), VINKEN (1971), VINKEN et al. (1974).
- [REDACTED] [1993]
- EU 63.3, EU 178, EU 307, EU 367, EU 370, EU 418.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) sind Schichten des Oxford in Bohrungen sowie in den beiden Konrad-Schächten angetroffen worden. Innerhalb der Grube Konrad

sind Oxford-Schichten auf allen sechs Sohlen und in Rampen, Wendeln etc. direkt zugänglich. Oxford-Tagesaufschlüsse gibt es nur in größerer Entfernung vom Modellgebiet, z.B. im Hildesheimer Jurazug und am nördlichen Harzrand. Ein Korallenoolith-Aufschluß im Raum Fallersleben-Ehmen wurde vor Jahren verfüllt und einplaniert.

Im Nordteil des Modellgebietes, nämlich am Salzstock Calberlah und nordöstlich davon, gehen die Oxford-Schichten in Oberflächennähe unter relativ geringmächtigen Quartär- und teilweise Tertiär-Schichten aus (FAHRION 1953) und fallen von dort in westlicher Richtung ein: Von Calberlah bis Gifhorn tauchen sie etwa von NN bis etwa 2000 m unter NN ab. Weiter südlich sind diese Schichten am Ostrand und auch am Südrand (bei Salzgitter-Hallendorf) der Salzstock-Randsenken Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt in Tiefen von etwa 500-600 m unter NN unter der Unterkreide-Transgression gekappt und fallen von dort ebenfalls in westlicher Richtung ein: sie erreichen am Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel um etwa 1500 m unter NN, östlich Vechelde etwa 1200 m unter NN und im Bereich des geplanten Endlagers um 1400 m unter NN; westlich der genannten Salzstöcke liegen sie bis in Tiefen um etwa 1500 m unter NN.

Die maximale Oxford-Mächtigkeit beträgt im Bereich des geplanten Endlagers etwa 150 m, in den Zentren der Salzstock-Randsenken Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel und Gifhorn bis etwa 200 m und westlich der genannten Salzstöcke bis um etwa 150 m. Zu den Grenzen der Randsenken nimmt diese Mächtigkeit meist relativ kontinuierlich ab. Damit verbundene Fazieswechsel der Schichten deuten an, daß die Mächtigkeitsabnahme primär-sedimentär angelegt und nicht allein auf die Kappung unter der Unterkreide zurückzuführen ist.

Das Oxford wird biostratigraphisch in Unter-, Mittel- und Oberoxford, lithostratigraphisch in Heersumer Schichten sowie Unteren, Mittleren und Oberen Korallenoolith gegliedert. Die Heersumer Schichten gehören dem Unteroxford und dem unteren Mitteloxford an. Der Korallenoolith wird dem oberen Mitteloxford und dem Oberoxford zugeordnet, wobei die Grenze Mittel-/Oberoxford im Unteren Korallen-

lenoolith liegt. Von einigen Autoren wird zwischen den Heersumer Schichten und dem Callovium noch ein Oxford-Tonstein an der Basis des Unteroxford ausgehalten (VINKEN 1971, VINKEN et al. 1974).

In dem 15-20 km südwestlich des Modellgebietes gelegenen Hildesheimer Jurazug ist der Oxford-Tonstein des unteren Unteroxford (Mariae-Zone) 5-10 m mächtig und besteht aus teilweise glaukonitischen Ton- bis Tonmergelsteinen. Die Heersumer Schichten umfassen dort das obere Unteroxford (Cordatum-Zone) sowie das Mitteloxford und sind 25-29 m mächtig; sie sind aus bioturbaten, schwach sandigen, meist spiculitischen und teilweise ooidführenden Mergel- bis Kalkmergelsteinen aufgebaut, in deren oberem Teil zunehmend Kalk- und Kalkmergelsteinbänke eingeschaltet sind. Der Korallenoolith (Oberoxford) ist dort 80-95 m mächtig und beginnt mit einer 0,7 m dicken korallenführenden Kalksteinbank; darüber liegen die Untere Oolithkalkstein-Folge, die Kalkig-kieselige Folge (Karbonatgesteine mit Hornsteinen) und die Obere Oolithkalkstein-Folge.

In der Grube Konrad liegt das Oxford transgressiv auf Callovium, denn die Lamberti-Zone des Obercallovium fehlt teilweise. Die Oxford-Schichten weisen in der Grube wie im gesamten Modellgebiet meist eine andere Fazies und Mächtigkeit als im Hildesheimer Jurazug auf. Im Grubenbereich wird besonders im Unter- und Mitteloxford mit Fazieswechseln, Schichtausfällen und Mächtigkeitschwankungen gerechnet (EU 178, EU 367, EU 370).

Die typischen bioturbaten, sandigen und spiculitischen Tonmergelsteine der Heersumer Schichten sind relativ geringmächtig (auf der 4. Sohle z.B. 6 m) und nur lückenhaft verbreitet. An ihrer Basis wurde zwar wie im Hildesheimer Jurazug ein tonmergeliger Glaukonithorizont gefunden, doch sie wurden dem unteren Unteroxford (Mariae-Zone) zugeordnet. Die bislang in der Literatur und in der montangeologischen Praxis in den Unteren Korallenoolith gestellten, bis 25 m mächtigen, feinkonglomeratischen bis brecciösen und oolithischen Kalksteine des "Trümmerkalk" sowie die im Westteil der Grube im Bereich der 6. Sohle aufgeschlossenen harten spiculitischen Kalksteine hat der Antragsteller dagegen, wenn auch mit Vorbehalten, dem oberen Unteroxford (Cordatum-Zone) und dem unte-

ren Mitteloxford zugeordnet, also mit den Heersumer Schichten der Typlokalität im Hildesheimer Jurazug korreliert (EU 178). Dies ist für das hier begutachtete Vorhaben ohne Bedeutung.

Sandig-mergelige und kalkige Heersumer Schichten wurden nördlich der Grube Konrad bei Vechelde mit über 50 m, bei Wendezelle mit über 60 m und bei Isenbüttel-Gifhorn mit über 20 m Mächtigkeit erbohrt (KOLBE 1975, SEITZ 1950).

Als oberes Mitteloxford folgt in der Grube der "Fladentonstein", eine 10-20 m mächtige Schicht aus Tonmergelsteinen mit Toneisensteingeoden und -lagen. Darüber liegt als Abschluß des Unteren Korallenoolith der dem unteren Oberoxford zugeordnete, bis 15 m mächtige "Erzkalk", eine Folge von oolithischen, lagenweise eisenoolithischen, schillführenden, sandigen und feinkonglomeratischen Kalksteinen mit einzelnen Tonlösern. Diese beiden Schichtabschnitte fehlen z.B. im Ort 660 A (s.u.) und kommen nach EU 178 nur im Mittel- und Ostteil des Grubenfeldes, östlich der 5. Sohle, vor. Die Gesamtmächtigkeit von Heersumer Schichten und Unterem Korallenoolith bzw. deren Äquivalenten (Unteroxford, Mitteloxford, unteres Oberoxford) beträgt in der Bohrung Konrad 101 63 m (EU 178), im Schacht Konrad 2 56 m und im Schacht Konrad 1 über 47 m (EU 178).

Mergelige, sandig-kalkige, kalkoolithische und teilweise dolomitische Gesteine des Unteren Korallenoolith wurden nördlich der Grube Konrad bei Vechelde mit 15-25 m und im Raum Ribbesbüttel-Isenbüttel-Gifhorn mit 25-60 m Mächtigkeit erbohrt (KOLBE 1975, SEITZ 1950).

Der Mittlere Korallenoolith (etwa mittleres Oberoxford) ist in der Grube Konrad etwa 45-50 m mächtig und wird in Unteres Lager, Zwischenmittel und Oberes Lager gegliedert. Das Untere Lager war bis 1976 Gegenstand des Eisenerzbergbaues und soll die wichtigste Einlagerungsschicht des geplanten Endlagers werden, wobei die Korallenoolith-Schichten in seinem Liegenden und Hangenden nicht ausgespart werden sollen.

Das Untere Lager besteht aus meist schräggeschichtetem Brauneisenoolith mit einzelnen geringmächtigen kalkigen und tonigen Lagen. Die Obergrenze des Lagers ist stellenweise (z.B. Ort 210 A), die Untergrenze praktisch generell durch einen geringmächtigen Aufarbeitungshorizont gekennzeichnet ("Grobkornlage", Basalkonglomerat). Die Lagermächtigkeit erreicht in der Grube um 22 m, davon wurden seiner Zeit etwa 12-18 m abgebaut.

Das Mächtigkeitsmaximum (Gebiet mit 15 m bis über 22 m Lagermächtigkeit) erstreckt sich in NNW-Richtung zwischen den Bohrungen Bleckenstedt 4 und 1 und dem Schacht Konrad 1. Nach Osten nimmt die Lagermächtigkeit langsam ab; gleichzeitig sinkt der Fe- und steigt der  $\text{SiO}_2$ -Gehalt des Lagers. In der Bohrung Konrad 101 fanden sich nur 4,5 m Unteres Lager. Nach Westen geht die Lagermächtigkeit teilweise deutlich schneller zurück als nach Osten, und im Ort 660 A wurde die Randfazies (Vertaubung) des Lagers angetroffen: Massiver Brauneisenoolith verzahnt sich auf kurze Distanz mit Algenkalkstein, der aus goethitisch pigmentierten stromatolithischen Algenmatten sowie etwas Kalkmikrit mit Goethit- und Chamositoiden und Fossilresten aufgebaut ist. Dieses Lageräquivalent liegt schwach diskordant auf harten spiculitischen Kalksteinen, die den Heersumer Schichten zugeordnet werden (EU 63.3, EU 178, EU 367, EU 370, EU 418).

Das Zwischenmittel ist im Grubenbereich 20-25 m, in der Bohrung Konrad 101 knapp 15 m mächtig und meist deutlich zweigeteilt: Der untere Teil besteht aus Ton- bis Kalkmergelsteinen mit Austernschill, Eisenoiden und auffälligen, relativ großen Onkoiden. Der obere Teil ist aus teilweise sandigen und eisenoidführenden Kalk- und Kalkmergelsteinen aufgebaut. Im Südwestteil des Grubenfeldes (Ort 601 S) besteht das Zwischenmittel aus oolithischen, teilweise mergeligen und eisenoidführenden und stark sandigen Kalksteinen; Tonmergelsteine treten dort zurück. Lokal, besonders im Ostteil des Grubenfeldes von Schacht Konrad 2 nach Norden, tritt im Zwischenmittel der bis etwa 4 m mächtige tonmergelige Brauneisenoolith des "Mittellagers" auf.

Das Obere Lager ist im Grubenbereich wie in der Bohrung Konrad 101 um 4 m mächtig und aus schillführendem, schräggeschichtetem, oolithischem Kalkstein mit wechselnden Eisenoidanteilen aufgebaut. Sein Eisengehalt nimmt in der Grube nach Westen und Osten ab. Die Lagerobergrenze weist wie die Lagerbasis teilweise einen Aufarbeitungshorizont auf: Im Ort 300 und im Bunkerort 601 S ist das Lager nur etwa 3 m bzw. 1,5 m mächtig, wovon die oberen 0,5 m als Geröllhorizont ausgebildet sind; und im Ort 402 fand sich an der Lagerobergrenze das Erosionsrelikt eines Schillkalksteinbänkchens (EU 178, EU 367, EU 418). In der Abwettersammelstrecke 110 ist das Obere Lager 5 m mächtig (EU 367).

Nördlich der Grube Konrad wurde der Mittlere Korallenoolith im Raum Üfingen-Alvesse-Wierthe-Sonnenberg ähnlich wie im Grubenbereich mit etwa 50 m Mächtigkeit, im Raum Vechelde-Wedtlenstedt-Bortfeld und bei Adenbüttel jedoch nur mit etwa 20-40 m Mächtigkeit erbohrt. In den Bohrungen bei Vollbüttel und Ribbesbüttel fand man 50-70 m und bei Isenbüttel-Gifhorn bis etwa 90 m Mittleren Korallenoolith (KOLBE & SIMON 1969, SEITZ 1950). Auch in diesen Gebieten ist der Mittlere Korallenoolith in Unteres Lager, Zwischenmittel (z.T. mit Mittellager) und Oberes Lager gegliedert. Jedoch sind die Lager teilweise aus zwei oder mehreren Erzbänken mit geringmächtigen Zwischenmitteln aufgebaut, was besonders beim Unteren Lager auffällt und für SEITZ (1950) der Anlaß zur Ausgliederung von "Flözgruppen" war. Das Obere Lager ist nördlich der Grube Konrad oft deutlich mächtiger als im Grubenbereich (bei Bortfeld um 10 m); bei Adenbüttel z.B. ist es mächtiger als das Untere Lager.

Der Obere Korallenoolith (etwa oberes Oberoxford) ist in der Grube Konrad um 30-50 m mächtig (42 m im Schacht Konrad 1, 30 m im Schacht Konrad 2, 50 m in der Bohrung Konrad 101; EU 63.3, EU 178, EU 367). Er beginnt vielfach mit 1-4 m auffälligem weißem Schillkalkstein und schillführendem Kalkmergelstein (Ort 110, 202, 210 A, 300, 400 A, 402), unter denen geringmächtige Kalkmergel- und Tonmergelsteine mit Eisenoiden und auf denen teilweise einige Meter Kalkoolith und eisenoidführender Kalk- und Kalkmergelstein liegen (Ort 110; EU 307, EU 367). Der Habitus und die Lagerung des

weißen Schillkalksteins vermitteln den Eindruck einer submarinen Rutschmasse (EU 367). Es folgen bis maximal 7 m mächtige, teilweise gebräuche, feinschichtige und gebänderte Tonmergelsteine mit Geoden und darüber mehr als 10 m dickbankige bis massige, teilweise schräggeschichtete und schill- und fossilführende Kalkoolithe (Ort 202 etc.). Im oberen Teil finden sich schließlich neben Kalkoolithen auch Kalk- und Kalkmergelsteine mit tonigen und organodetritischen Lagen (EU 307, EU 367, EU 418).

Nördlich der Grube Konrad wurde der Obere Korallenoolith im Raum Üfingen-Alvesse-Sonnenberg-Vechelde-Wedtlenstedt ähnlich wie im Grubenbereich mit etwa 50 m Mächtigkeit, im Raum Bortfeld jedoch nur mit 30-45 m Mächtigkeit erbohrt. In den Bohrungen bei Adenbüttel fand man 25-35 m und im Raum Vollbüttel-Ribbesbüttel-Isenbüttel 15-25 m Oberen Korallenoolith (KOLBE & SIMON 1969, SEITZ 1950). In diesen Gebieten kommen im Oberen Korallenoolith neben Tonmergelsteinen, schillführenden Kalksteinen und Kalkoolithen teilweise auch Kalksandsteine sowie Eisenoolith vor ("Vorlager", Flözgruppe IV).

Vom Oxford insgesamt sind die begrenzte Verbreitung sowie die Mächtigkeitsschwankungen und die Vielfalt karbonatischer, eisen-erzführender und klastischer Gesteine im Modellgebiet Konrad wichtig. Im Grubenbereich Konrad selbst fallen Mächtigkeitsschwankungen und Fazieswechsel teilweise mit Schichtausfällen fast im gesamten Oxford, vor allem jedoch in seinem unteren und mittleren Teil, besonders auf. Eine vom Antragsteller vorgenommene, vom Stand der Literatur und der bisherigen montangeologischen Praxis abweichende stratigraphische Einordnung ("Trümmerkalk", s.o.) ist für das hier betrachtete Vorhaben nicht relevant.

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Oxford für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

### 2.1.2.3 Hangendschichten (Kimmeridge bis Quartär)

#### 2.1.2.3.1 Darstellung des Antragstellers

Die Verbreitung des Kimmeridge im Modellgebiet Konrad ist geringer als die des Oxford. Im Bereich der Schachtanlage Konrad, also im südlichsten Abschnitt des Randsenkensystems der Salzstöcke Broistedt bis Vorhop, hat das Kimmeridge-Vorkommen eine Breite (in West-Ost-Richtung) von etwa 3200 m. Die Maximalmächtigkeit von etwa 300 m findet sich im Raum Alvesse nördlich von Schacht Konrad 1; nach Süden erfolgt bis zum Einsetzen der Kappung unter der Unterkreide-Transgression eine Mächtigkeitsabnahme auf etwa 150 m.

Im Unterkimmeridge folgt über marinen Kalken und Tonmergelsteinen die Untere Anhydritserie, eine Wechsellagerung von mehreren, 0,5-1 m mächtigen Anhydritbänken mit rotbraunen, grünen und dunkelgrauen Tonmergeln. Im Übergangsbereich zum Mittelkimmeridge treten limnische Kalke auf. Die darüber folgende Obere Anhydritserie ist aus geringmächtigen Anhydritbänken sowie Tonmergel-, Kalkmergel- und Kalkstein aufgebaut. Das Oberkimmeridge besteht aus Tonmergelsteinen mit wechselnden Kalkgehalten und fehlt vermutlich über dem Grubengebäude, ist aber mit der Bohrung Hüttenberg 1 im tieferen Teil der Randsenke nachgewiesen.

Die Verbreitung des Portland im Modellgebiet ist geringer als die aller übrigen Jura-Stufen. Sie greift aber im Süden und Südwesten, also am Salzstock Broistedt südwestlich der Schachtanlage Konrad, etwas über das Verbreitungsgebiet des Kimmeridge hinaus. Im Bereich der Schachtanlage Konrad hat das Portland-Vorkommen eine Breite (in West-Ost-Richtung) von etwa 2000-2800 m.

Als Portland faßt der Antragsteller die Folge von den Gigas-Schichten bis zum Serpulit zusammen (Obermalm 1 bis 6). Infolge präkretazischer Kappung scheint diese Schichtenfolge im Standortbereich nirgends vollständig erhalten zu sein. Daher sind nur Restmächtigkeiten zu betrachten, deren Maxima mit etwa 350 m "im Norden" liegen.

Über den hellen Kalk- und Kalkmergelsteinen der Gigas-Schichten folgen die rotbraunen und grüngrauen Tonmergelsteine der Münder-Mergel, in deren mittleren Teil im Schacht Konrad 1 Kalkoolithe, Schillkalksteine und Kalksandsteine eingeschaltet sind. Serpentalke des Serpulit schließen das Portland im Modellgebiet ab.

Die Unterkreide wird in zwei Abschnitten beschrieben, nämlich Wealden bis Apt und Alb. Wealden und Valangin sind im Modellgebiet "nur lokal" vorhanden, vor allem westlich der Salzstöcke Broistedt und Vechelde. Erst das Hauterive hat sich transgressiv ausgebreitet und kommt ebenso wie Barrême und Oberapt im Modellgebiet flächenhaft vor. Davon ausgenommen sind nur die Salzstöcke Broistedt und Vechelde, Teile des Salzstockes Thiede und der Salzgitter-Höhenzug. Diese Schichtabfolge ist aber nicht vollständig, denn viele Bohrungen belegen eine Schichtlücke an der Mittel-/Oberbarrême-Grenze und das Fehlen des Unterapt. Aufschlüsse des tieferen Abschnittes der Unterkreide gibt bzw. gab es an den Flanken des Salzgitter-Höhenzuges, wo früher Eisenerzbergbau umging, ferner in den Schächten Konrad 1 und 2 und Thiede 2 und 3 sowie in zahlreichen Bohrungen.

Die Verteilung der Mächtigkeiten dieser Schichtabfolge ist vom Antragsteller in einem Teufendifferenzplan (zwischen Basis und Oberfläche dieser Schichten) dargestellt (Abb. 3.1.9.1/5 im Plan Konrad 4/90), der wie analoge Pläne des Oxford und des Alb nur den südlichsten Teil des Modellgebietes von Salzgitter-Gebhardshagen bis Alvesse umfaßt. Steilstellungen der Schichten am Nord- und Ostrand des Salzstockes Broistedt täuschen teilweise zu große Mächtigkeiten vor. Im Bereich der Schachtanlage Konrad bildet sich der Konrad-Graben (s. Kap. 2.1.4.2) durch größere Mächtigkeiten ab: Im Graben ist diese Schichtabfolge 250-450 m mächtig, auf den angrenzenden Hochschollen nördlich und südlich des Grabens nur 150-350 m. Etwas weiter südwestlich, an der Ostflanke des Salzstockes Broistedt, ist diese Schichtabfolge in der Bohrung Engelnstedt 1 in flacher Lagerung mit über 600 m Mächtigkeit angetroffen worden.

Im Wealden sind in den westlichen Randsenken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde in größerer Mächtigkeit feinkörnige Sandsteine mit Pflanzenresten (limnische "Fuhse-Fazies") abgelagert worden. Östlich dieser Salzstöcke wurde Wealden in den Bohrungen Engelnstedt 1, Broistedt 34 und Gebhardshagen 3 sowie, nördlich eines Wealden-freien Bereiches rund um die Schachanlage Konrad, von der Bohrung Wedtlenstedt 3 an nach Norden angetroffen. Die Revision der in dem Wealden-freien Bereich gelegenen Bohrungen mit früher als Wealden angesprochenen Schichten ergab, daß diese als Mündermergel, Serpulit bzw. Unterhauterive einzustufen sind.

Im Valangin wurden mittel- bis grobkörnige marine Sandsteine gebildet, die z.B. in den Bohrungen Engelnstedt 1 und Broistedt 34 innerhalb des Modellgebietes aufgeschlossen wurden. In der Bohrung Watenstedt 1 fand sich nur toniges Obervalangin. Weiter nach Norden und Osten und damit auch im Deckgebirge der Schachanlage Konrad fehlt Valangin. Erst nördlich der Bohrung Bortfeld Erz 3 setzt tonig-sandiges Valangin im Modellgebiet wieder ein.

Das Unterhauterive beginnt teilweise mit einem Transgressionshorizont mit kleinen Geröllen, Brauneisenooidanreicherungen und dünnen glaukonitischen Sandlagen, auf dem Ton- und Tonmergelsteine mit geringmächtigen karbonatischen Bänken liegen. Im Bereich der Schachanlage Konrad nimmt die Unterhauterive-Mächtigkeit von Westen nach Osten bis zum Auskeilen bei Thiede stetig ab. Das Oberhauterive ist aus eintönigen Ton- und Tonmergelsteinen aufgebaut; diese enthalten etwa 40-55 % (Massenanteil) Tonminerale, etwa 15-30 % Karbonat und in den höheren Teilen bis etwa 40 % Schluff.

Das Barrême besteht aus Ton- und Tonmergelsteinen mit merklichen Gehalten an organischem Material. Im Unterbarrême finden sich Blättertone ("Schwarzschiefer") mit etwa 4 % organischem Kohlenstoff. Die Blättertone im Mittelbarrême haben geringere Gehalte an organischem Kohlenstoff. Diese Gesteine enthalten (Massenanteil) mehr als 60 % Tonminerale, etwa 20 % Schluff und Feinsand, weniger als 5 % Karbonat, reichlich Pyrit und etwas Glaukonit. Über unter-

schiedlich stark gekapptem Mittelbarrême liegen die Ton- und Tonmergelsteine des Oberbarrême mit dünnen Feinsandlagen an ihrer Basis.

Die "Fischschiefer" des Unterapt enthalten organischen Kohlenstoff und ähneln den Blättertonen des Unter- und Mittelbarrême. Jedoch ist Unterapt im Standortbereich nur südöstlich der Grube Konrad in der Tongrube Fümmelse und am Heidberg bei Adersheim nachgewiesen, so daß wegen der lückenhaften Verbreitung des Unterapt vorwiegend Mittelapt auf Oberbarrême transgrediert. In den Schächten Konrad 1 und 2 und in der Bohrung Konrad 101 liegt Oberapt auf Oberbarrême. Mittel- und Oberapt sind aus Ton- und Tonmergelsteinen aufgebaut, die etwa (Massenanteil) 45-60 % Tonminerale, 12-35 % Quarz, mehr als 10 % Karbonat, etwa 5 % Pyrit und in einzelnen Lagen Glaukonit sowie Tuffmaterial enthalten (Bohrung Konrad 101). Von Schacht Konrad 1 über Schacht Konrad 2 bis zur Bohrung Konrad 101 nimmt der Tonmineralanteil von 60 auf 45 % ab und der Quarzanteil von 12 auf 35 % zu, was mit Beckenrandeinflüssen erklärt wird.

Das Alb ist zwischen den Salzstrukturen flächenhaft verbreitet. Im Bereich des Salzstockes Thiede ist es jedoch infolge späterer Heraushebung und Abtragung geringer verbreitet als die tiefere Unterkreide. Der Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Broistedt und Vechelde sowie Teile des Salzstockes Vechelde sind vom Alb überdeckt, während es über dem Salzstock Broistedt und im Salzgitter-Höhenzug fehlt. Tagesaufschlüsse gibt bzw. gab es an den Flanken des Salzgitter-Höhenzuges und des Salzstockes Thiede, bei Adersheim, Geitelde und Broitzem sowie bei Engelnstedt an den Salzstöcken Broistedt und Vechelde. Schließlich wurde das Alb in den Schächten Konrad 1 und 2 und in zahlreichen Bohrungen angetroffen.

Über der Grube Konrad ist das Alb etwa 200-300 m mächtig. Zwischen den Salzstöcken Thiede und Broistedt erreicht die Alb-Mächtigkeit zwischen 100 m und 700 m (Abb. 3.1.9.1/6 im Plan Konrad 4/90). Das Alb ist nur dort weniger als 100 m mächtig, wo es später teilweise wieder abgetragen wurde.

Das Unteralb beginnt mit dem durch Glaukonit grün gefärbten Hilssandstein, der im Raum Salder-Gebhardshagen 100 m Mächtigkeit erreicht, nach Norden rasch an Mächtigkeit verliert und über der Grube Konrad zwischen den beiden Schächten auskeilt (Abb. 3.1.9.1/6 im Plan Konrad 4/90). Nördlich seiner Verbreitungsgrenze wurden zur gleichen Zeit schluffige Tone abgelagert. Über dem Hilssandstein folgen schluffige bis feinsandige, bioturbate Tonsteine mit etwa 20 % quellfähigen Tonmineralen (Massenanteil).

Das Mittelalb transgrediert mit einer geringmächtigen, tonflaserigen, glaukonitischen Sandschüttung. Darüber folgt der Minimuston mit etwa 55 % Tonmineralen und 20 % Quarz; sein Massenanteil quellfähiger Tonminerale beträgt etwa 27 %. Konkordant darauf liegt der Flammenmergel des Oberalb, eine Folge von schluffigen bis feinsandigen, unterschiedlich stark verkieselten Mergel- und Mergeltonsteinen. Die Verkieselungen finden sich besonders in den oberen Schichtabschnitten.

Die Verbreitung der Oberkreide im Standortbereich ist etwas geringer als die des Alb. Vertreten sind die Stufen Cenoman und Turon sowie Coniac und Santon ("Emscher-Mergel"), während die höheren Oberkreide-Stufen fehlen. Spätere Hebungen und Abtragungen haben die genannten Stufen teilweise reduziert. Das Gebiet zwischen den Salzstöcken Broistedt, Vechelde und Thiede sowie dem Salzgitter-Höhenzug weist eine zusammenhängende Oberkreide-Bedeckung auf. Die genannten Salzstöcke selbst und der Salzgitter-Höhenzug (zentraler Teil) sind dagegen frei von Oberkreide, während der Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Broistedt und Vechelde eine Oberkreide-Überdeckung besitzt.

Da Tertiär-Ablagerungen im Oberkreide-Verbreitungsgebiet im Standortbereich fehlen, gehen die Oberkreide-Schichten an der Oberfläche zu Tage aus oder sind durch geringmächtige Quartär-Schichten verdeckt. Besonders bei Broitzem, Geitelde und Thiede bilden die relativ erosionsresistenten Kalksteine des Obercenoman und Unterturon auffällige Gelände-Erhebungen.

Infolge der späteren Abtragung sind von der Oberkreide nur Restmächtigkeiten zu betrachten, die zwischen den Salzstöcken Broistedt-Vechelde und Thiede 400 m, in den Randsenken rund um den Salzstock Broistedt 500-1000 m erreichen. Das Oberkreide-Mächtigkeitsmaximum südlich des Salzstockes Broistedt ist "polygenetisch" bedingt, weil es von der Salzstockrandsenke in den "Randtrog vor dem Schollenrand des Salzgitter-Höhenzuges" überleitet.

Das Untercenoman beginnt mit glaukonitischen "Tonsteinen" mit etwa 60 % Tonmineralen (Massenanteil), über denen zunehmend kalkigere Gesteine liegen. Nahe seiner Liegend- und Hangendgrenze treten dünne Mergelsteinlagen mit Gehalten von etwa 20 % Smektit auf, die möglicherweise als umgebildete Tuffe anzusprechen sind. Das Mittelenoman ist aus grauen und grüngrauen Kalkmergelsteinen, das Obercenoman aus weißen Kalksteinen aufgebaut.

Das Unterturon transgrediert "in mehreren Phasen" auf Obercenoman, dessen höhere Partien gekappt sind. Über der Aufarbeitungslage im Bereich der Plenus-Bank folgen knollige und flaserige, graue Kalkmergel- und Kalksteine sowie "Rotpläner", die aus blaßroten Kalksteinen und braunroten Mergelsteinlagen bestehen. Das Mittelturon beginnt mit ebenfalls rotgefärbten, flaserigen und plattigen, unterschiedlich mächtigen Kalksteinbänken, doch liegen darüber die hellen Kalk- und Kalkmergelsteine der "Weißpläner". Das Oberturon ist aus grauweißen, plattigen, klüftigen Kalksteinen und geringmächtigen dunkleren Mergelsteinlagen aufgebaut.

Im hohen Mittelturon findet sich eine über weite Entfernungen verfolgbare Mergelsteinlage mit 15 % Smektit, die als Tuff bzw. Tuffit gedeutet werden kann. Derartige Lagen kommen auch im Oberturon im Standortbereich vor.

Infolge Heraushebung und Erosion sind Gesteine des Coniac und Santon im Standortbereich nur lückenhaft verbreitet und nur im Norden, Süden und Südwesten der Schachtanlage Konrad in größerer Mächtigkeit erhalten. Die Schichten des Coniac bestehen aus Kalkstein-Mergelkalkstein-Wechselfolgen, an deren Basis Feuersteinknollen auftreten. Das Santon ist aus glaukonitischen, sandigen

Mergelsteinen aufgebaut und liegt transgressiv vorwiegend auf Turon; das Coniac war vielfach bereits vor der Ablagerung des Santon erodiert worden. Westlich der Salzstöcke Broistedt-Vechelde entstanden im Mittelsanton Trümmereisenerze, auf denen Trümmerkalk-, Kalkmergel- und Mergelsteine liegen.

Schichten des Tertiär (etwa Oligozän) kommen in einer Subrosions-senke über dem Salzstock Broistedt vor. Sie sind nach Bohrungen etwa 50 m mächtig und bestehen aus Kalksandsteinen und tonig-schluffigen bis feinsandigen Gesteinen.

Der Antragsteller erwähnt ein in der Literatur beschriebenes Ba-salt-Vorkommen im Hutgestein des Salzstockes Wendeburg-Rolfsbüttel etwa 24 km nördlich der Grube Konrad, das dem Tertiär zugeordnet wurde, ohne daß eine Altersbestimmung vorlag. Dieses Vorkommen ist zweifelhaft, weil sich in den Schichtenverzeichnissen der in der Literatur hierfür herangezogenen Bohrungen kein Hinweis auf Basalt findet. Neuere magnetische Messungen in dem fraglichen Gebiet weisen jedoch auf einen etwa Nord-Süd-streichenden Störkörper hin, dessen Oberfläche etwa 35-75 m unter Gelände liegen soll. Drei vom Antragsteller im Zentrum dieser magnetischen Anomalie niedergebrachte Bohrungen ergaben keinen Hinweis auf Basalt. Unter mehr als 90 m mächtigen quartären Ablagerungen traf man auf gelbliche Mergel von vermutlich tertiärem Alter.

Lockergesteine des Quartär sind im Standortbereich flächenhaft verbreitet und in Subrosionssenken über den Salzstöcken Thiede, Broistedt und Vechelde am mächtigsten. Die Quartär-Decke ist auf topographischen Erhebungen in der Regel geringmächtig; in tiefer gelegenen, schwach welligen Landschaftsteilen erreicht sie durchschnittlich 10-20 m und in den sogenannten Rinnen bis über 100 m Mächtigkeit (z.B. westlich Fümmelse und östlich Lebenstedt). Die Quartär-Rinnen werden vom heutigen Gewässernetz teilweise "nachgezeichnet".

Der Schacht Konrad 2 liegt am Schnittpunkt einer Südost-Nordwest-verlaufenden und einer Süd-Nord-verlaufenden Quartär-Rinne mit 30-50 m Quartär-Mächtigkeit. Die letztere "mündet" westlich Groß-

Gleidungen in die Subrosionssenke über dem Salzstock Vechelde. Beim Schacht Konrad 1 ist das Quartär dagegen weniger als 5 m mächtig.

Von den Lockergesteinen des Quartär sind nur Löß und Lößlehm sowie Geschiebemergel und Geschiebelehm, wenn auch als meist relativ dünne Deckschichten, im Standortbereich flächenhaft verbreitet. Die fluviatilen und glazifluviatilen Sande und Kiese, die Beckentone und -schluffe sowie Auelehm und Niedermoortorf kommen nur lückenhaft vor und "zeichnen sich durch starke laterale und vertikale Wechsel aus".

Eine stratigraphisch eindeutige Zuordnung dieser Schichten war in vielen Fällen nicht möglich, weil Ablagerungen der Holstein- und Eem-Warmzeit fehlen und weil sich die Ergebnisse von Kiesanalysen nicht mit solchen aus der weiteren Umgebung korrelieren ließen. Ablagerungen der Elster-Kaltzeit konnten nicht zweifelsfrei belegt werden, doch könnten Beckentone und -schluffe und kiesige Sande mit nordisch geprägtem Kiesspektrum an der Quartär-Basis dieser Kaltzeit zugeordnet werden. Die Grenze zwischen diesen Schichten und solchen, die vermutlich der Saale-Kaltzeit angehören, nämlich Sande und Kiese mit vorwiegend einheimischem Kiesspektrum sowie Geschiebemergel mit nordisch geprägtem Kiesspektrum, konnte ebenfalls nicht zweifelsfrei ermittelt werden. Löß und Lößlehm sind der Weichsel-Kaltzeit, Auelehme und Niedermoortorf dem Holozän zugeordnet worden.

#### 2.1.2.3.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zum Kimmeridge beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB
- FAHRION (1953), FISCHER et al. (1983), KOLBE (1975), KOLBE & SIMON (1969), KUNZ (1990), LOOK (1985), PAPE (1970), VINKEN (1971), VINKEN et al. (1974).

- [REDACTED] [1993]

- EU 63.3, EU 178, EU 232, EU 370.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) sind Schichten des Kimmeridge in Bohrungen sowie in den beiden Konrad-Schächten angetroffen worden. Innerhalb der Grube Konrad sind auf allen sechs Sohlen und in Rampen, Wendeln etc. lediglich Schichten des Unterkimmeridge aufgeschlossen (z.B. Ort 102, 202 A, 203, 300, 302/302 A, 310 N/A, 353, 370 A, 390, 400 A, 602, 610 N; EU 178). Kimmeridge-Tagesaufschlüsse gibt es nur in größerer Entfernung vom Modellgebiet, z.B. im Hildesheimer Jura-zug, am nördlichen Harzrand und bei Fallersleben-Sülfeld.

Im Nordteil des Modellgebietes, nämlich am Salzstock Calberlah und nordöstlich davon, gehen die Kimmeridge-Schichten in Oberflächennähe unter relativ geringmächtigen Quartär- und teilweise Tertiär- und Unterkreide-Schichten aus (FAHRION 1953), und sie fallen von dort in westlicher Richtung ein. Von Calberlah bis Gifhorn tauchen sie etwa von NN bis etwa 1800 m unter NN ab. Weiter südlich sind diese Schichten am Ostrand und auch am Südrand (bei Salzgitter-Hallendorf) der Salzstock-Randsenken Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt in Tiefen von etwa 500-700 m unter NN unter der Unterkreide-Transgression gekappt und fallen von dort ebenfalls in westlicher Richtung ein. Sie erreichen am Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel etwa 1100-1400 m unter NN, östlich Vechelde etwa 1000-1100 m unter NN und im Bereich des geplanten Endlagers bis um 1300 m unter NN. Westlich der genannten Salzstöcke liegen sie bis in Tiefen um etwa 1300-1400 m unter NN.

Das Kimmeridge wird in Unter-, Mittel- und Oberkimmeridge gegliedert, deren Verbreitung und Mächtigkeit im Modellgebiet von der jeweiligen Position innerhalb der oben genannten Salzstock-Randsenken sowie von Kappungen unter den transgredierenden Gigas-Schichten (Obermalm 1) und unter der Unterkreide-Transgression abhängen (EU 232). Im Bereich des geplanten Endlagers und im nördlich benachbarten Raum Üfingen-Alvesse-Wierthe erreicht die

Kimmeridge-Gesamtmächtigkeit im Randsenkengebiet Broistedt-Vechelde etwa 250-300 m. Vom Schacht Konrad 1 über den Schacht Konrad 2 bis zur Bohrung Konrad 101 lassen sich die Mächtigkeitsabnahme und die Kappung des Kimmeridge unter transgredierenden Gigas-Schichten und unter der Unterkreide-Transgression vom Zentrum zum Ostrand der Randsenke verfolgen.

Im Schacht Konrad 1 sind Unter-, Mittel- und Oberkimmeridge 260 m mächtig und von transgredierenden Gigas-Schichten überlagert; im Schacht Konrad 2 liegen unter transgredierendem Unterhauterive nur gut 100 m Unter- und Mittelkimmeridge (EU 178, EU 370); in der Bohrung Konrad 101 schließlich gibt es unter dem transgredierenden Unterhauterive nur ein 8 m mächtiges Erosionsrelikt von Unterkimmeridge (EU 63.3).

Nördlich des Bereiches Grube Konrad-Üfingen-Alvesse-Wierthe erreicht die Kimmeridge-Mächtigkeit im Raum Sonnenberg um 200 m, in den Räumen Bortfeld und Adenbüttel-Schwülper etwa 100-150 m und im Raum Ribbesbüttel-Isenbüttel-Gifhorn um 700 m bis über 1000 m ("Gifhorner Loch" = Randsenke des Salzstockes Gifhorn).

Nach EU 232 transgredieren die Gigas-Schichten bzw. die Unterkreide in den Bohrungen bei Üfingen, Alvesse, Wierthe, Sonnenberg, Vechelde, Bortfeld, Schwülper, Adenbüttel und Rötgesbüttel meist auf Mittelkimmeridge, aber bei Ribbesbüttel, Isenbüttel und Gifhorn meist auf Oberkimmeridge. KOLBE & SIMON (1969) kamen nach Logkorrelationen zu der Auffassung, daß das Oberkimmeridge in allen genannten Räumen und somit im gesamten Modellgebiet vorkommt, wenn auch mit meist deutlich geringeren Mächtigkeiten als jeweils Mittel- und Unterkimmeridge.

In dem 15-20 km südwestlich des Modellgebietes gelegenen Hildesheimer Jurazug sind unter der Unterkreide- (Hauterive-) Transgression nur Unter- und Mittelkimmeridge erhalten. Das maximal 120 m mächtige Unterkimmeridge besteht aus Mergelsteinen und sechs sogenannten "harten Bänken" (= Wechselfolgen von vorwiegend Kalksteinen/Schillkalksteinen und Mergelsteinen), die im Gelände Schichtrippen bilden. Das 30-35 m mächtige Mittelkimmeridge ist

aus feinoolithischen Kalksteinen mit Schillkalksteinlagen aufgebaut (VINKEN 1971, VINKEN et al. 1974).

Bei Fallersleben-Sülfeld, etwa 5 km östlich des Modellgebietes, sind 10-12 m Kalk- und Mergelsteine ebenfalls des Unter- und Mittelkimmeridge aufgeschlossen (LOOK 1985). Dagegen finden sich bei Oker am nördlichen Harzrand, knapp 20 km südlich des Modellgebietes, unter der transgredierenden Unterkreide (Hauterive) rund 95 m Unter-, Mittel- und Oberkimmeridge. Unter- und Mittelkimmeridge bestehen dort aus Kalk-, Schillkalk- und Kalkmergelsteinen sowie Kalkoolithen und Dolomitstein, das Oberkimmeridge aus Mergelsteinen und Characeenkalk (PAPE 1970).

Im Grubenfeld Konrad wie im gesamten Modellgebiet sind die Kimmeridge-Schichten faziell anders ausgebildet als in den vorgenannten Bereichen. Das Unterkimmeridge beginnt mit Ton- und Kalkmergelsteinen und darin eingelagerten Geröllhorizonten, die als Aufarbeitungslagen gedeutet werden (z.B. Ort 302 A und Bohrung Konrad 101; EU 63.3, EU 178, E 370). Darüber folgen biomikritische Kalksteine, Kalkmergelsteine und schillführende Tonmergelsteine sowie schließlich rotbraune und grüngraue Tonmergelsteine mit eingeschalteten knolligen Anhydritlagen und 0,5-1 m mächtigen Anhydritbänken (z.B. Ort 300, 610 N). Die Mächtigkeit dieser Schichten erreicht im Grubenfeld maximal etwa 110 m (KOLBE 1975).

Das höhere Kimmeridge ist im Grubenbereich Konrad nur in den Schächten Konrad 1 und 2 und, wie im weiteren Modellgebiet, in Bohrungen aufgeschlossen worden. Das Mittelkimmeridge ist aus einer Folge von grauen Tonmergel- und Kalkmergelsteinen, Kalksteinen, Knollenkalk- und Schillkalksteinen aufgebaut, in deren unterem Teil Anhydritlagen und -bänke mit ähnlicher Mächtigkeit wie im Unterkimmeridge eingeschaltet sind. Im Grubenbereich ist das Mittelkimmeridge bis etwa 100 m mächtig (KOLBE 1975). Das Oberkimmeridge besteht aus Tonmergel- und Tonsteinen, die im oberen Teil grüngrau und rot, im unteren Teil aber vorwiegend grau gefärbt sind und dabei Einschaltungen von feinsandigen Kalkfasern, Mergelknollen und Dolomit enthalten. Die Mächtigkeit des Oberkimmeridge soll im Grubenbereich 40-50 m erreichen (KOLBE & SIMON

1969). Kalksteine des Mittelkimmeridge und tonige Gesteine des Oberkimmeridge weisen hinsichtlich ihrer Entstehung teilweise Süßwassereinflüsse auf. Dagegen belegen die Anhydritsteine im Unter- und Mittelkimmeridge hypersalines, die Schillkalksteine normalmarines Ablagerungsmilieu.

Vom Kimmeridge insgesamt sind die begrenzte Verbreitung und die Mächtigkeitsschwankungen im Modellgebiet und seine enorme Mächtigkeitzunahme im nördlichsten Teil des Modellgebietes wichtig. Besonders erwähnenswert ist ferner das Vorkommen von Anhydritlagen und -bänken im Unter- und Mittelkimmeridge, die in der weiteren Umgebung des Modellgebietes, soweit bekannt, fehlen. Kimmeridge und Oxford (Einlagerungsschichten) sind vorwiegend aus karbonatischen Gesteinen aufgebaut und im geplanten Endlager gemeinsam und eng benachbart aufgeschlossen; sie bilden insoweit eine Einheit.

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Kimmeridge für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

Unsere Stellungnahme zum Portland beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB
- DÖRHÖFER (1974), FAHRION (1953), FISCHER et al. (1983), HUCKRIEDE (1967), JAHNKE & RITZKOWSKI (1980), JORDAN (1971), KEMPER (1973a), KOLBE (1975), KOLBE & SIMON (1969), MUTTERLOSE (1984), SCHÖNFELD (1979), SCHOTT (1949), SCHUDACK (1993), TRUSHEIM (1971).
- [REDACTED] [1993]
- EU 178, EU 232, EU 370.

Der Antragsteller hat die Schichten vom Obermalm 1 bis 6, also Gias-Schichten, Eimbeckhäuser Plattenkalk, Unteren, Mittleren und Oberen Münder-Mergel sowie Serpulit, als Portland zusammengefaßt. Dies beruht auf der früheren Übertragung englischer Gliederungen und Schichtbezeichnungen in die nordwestdeutsche Stratigraphie. Das englische Portland entspricht aber nur etwa dem Mittleren Münder-Mergel. Deshalb werden die genannten Schichten heute nach internationalem Standard als Tithon zusammengefaßt, einem Begriff, der aus der Oberjura-Gliederung in der Tethys übertragen wurde. Die einschlägigen Autoren haben aber meist nur die Schichten vom Obermalm 1 bis 4 dem Tithon zugeordnet und Obermalm 5 und 6, also Oberen Münder-Mergel und Serpulit, in die tiefste Unterkreide, das Berrias, gestellt (z.B. KEMPER 1973a; SCHUDACK 1993; HEUNISCH 1993). Da die genaue Abgrenzung des Berrias (Unter- und Obergrenze) jedoch bisher international nicht festgelegt wurde, legen wir die Berrias-Untergrenze aus praktischen Gründen an die Basis des "nordwestdeutschen Wealden" und stellen Obermalm 5 und 6 mit zum Tithon. Der Begriff Portland wird also durch Tithon ersetzt; dies gilt auch für unsere geologischen Pläne und Schnitte.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) sind Schichten des Tithon in Bohrungen sowie im Schacht Konrad 1 angetroffen worden. In den Grubenbauen der 1. bis 6. Sohle ist kein Tithon aufgeschlossen. Tithon-Tagesaufschlüsse gibt es weder im Modellgebiet noch in seiner näheren Umgebung.

Im Nordteil des Modellgebietes, nämlich am Salzstock Calberlah und nordöstlich davon, gehen die Tithon-Schichten in Oberflächennähe unter relativ geringmächtigen Quartär- und teilweise Tertiär- sowie Wealden- und anderen Unterkreide-Schichten aus (FAHRION 1953) und fallen von dort in westlicher Richtung ein. Von Calberlah bis Gifhorn tauchen sie etwa von NN bzw. 100 m unter NN bis etwa 1000 m unter NN ab. Weiter südlich sind diese Schichten am Ostrand und auch am Südrand (bei Salzgitter-Hallendorf) der Salzstock-Randsenken Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt in Tiefen von etwa 500-700 m unter NN unter Wealden bzw. Hauterive (Unterkreide-Transgression) gekappt und fallen von dort ebenfalls in westlicher Richtung ein. Sie erreichen am Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel

etwa 900 m bis über 1000 m unter NN, östlich Vechelde etwa 800-900 m unter NN und im Bereich des geplanten Endlagers bis um 1000 m unter NN. Südwestlich vom Grubenbereich Konrad reicht die Tithon-Basis ebenso wie westlich der genannten Salzstöcke bis in Tiefen um etwa 1300 m unter NN.

Verbreitung und Mächtigkeit des Tithon im Modellgebiet hängen von der jeweiligen Position innerhalb der oben genannten Salzstock-Randsenken sowie von Kappungen unter der Unterkreide und auch von Schichtlücken ab. Im Bereich des geplanten Endlagers ist das Tithon im Gebiet Schacht Konrad 1 - Bohrung Bleckenstedt 4 50-60 m mächtig; es fehlt jedoch im Schacht Konrad 2, und es ist in Bohrungen westlich des Grubenbereiches nur 15 m bzw. 6 m mächtig (EU 232, EU 370).

Im Zentralbereich der Randsenken Broistedt-Vechelde nordwestlich der Grube Konrad erreicht die Tithon-Mächtigkeit im Raum Hüttenberg-Alvesse-Wierthe über 300 m bis 375 m und im Gebiet Sonnenberg-Vechelde 200-250 m. Die teilweise rasche Mächtigkeitsabnahme nach Osten ist in den Räumen Üfingen, Sonnenberg und Denstorf durch Bohrungen belegt (EU 232). Weiter nördlich erreicht die Tithon-Mächtigkeit bei Bortfeld um 150-200 m, im Gebiet Schwülper-Adenbüttel um 150 m und bei Vollbüttel über 200 m. Schließlich wurden im Raum Isenbüttel bis 240 m, bei Ribbesbüttel 200-350 m und bei Gifhorn bis 570 m Tithon gefunden ("Gifhorner Loch" = Randsenke des Salzstockes Gifhorn, analog zum Kimmeridge). Auch in diesen Gebieten ist die Mächtigkeitsabnahme nach Osten jeweils durch Bohrungen belegt (EU 232).

Das Tithon beginnt mit dem im Modellgebiet meist transgredierenden Schichtenkomplex Gigas-Kalk (Gigas-Schichten)/Eimbeckhäuser Plattenkalk (Obermalm 1 und 2). Diese Schichten sind im Grubenbereich Konrad etwa 8 m mächtig und bestehen aus teilweise plattigen Kalkmergel- und Kalksteinen im Wechsel mit gelblich-grüngrauen Mergelsteinen mit Kalkflasern; darin eingeschaltet sind 1-3 m rote Tonmergelsteine. Im Nordteil des Modellgebietes sind diese Schichten bis 25 m mächtig (KOLBE 1975).

Die Unteren Münder-Mergel (Obermalm 3) bestehen aus wechselnd braun-violettroten und grüngrauen, rot- bis gelbfleckigen, kalkigen Tonsteinen mit dünnen Kalk- und Kalksandsteinlagen. Die im Modellgebiet teilweise transgredierenden Mittleren Münder-Mergel (Obermalm 4) sind aus Mergelsteinen mit eingeschalteten Kalkoolithen, Schillkalksteinen, Kalksandsteinen und Dolomitstein sowie lokal einer glaukonitischen Tonlage aufgebaut. Die Oberen Münder-Mergel (Obermalm 5) schließlich bestehen aus bunten (rot-grunviolettfarbenen) feingebänderten und "gemaserten" Ton- und Mergelsteinen mit dünnen Kalksteinlagen und Kalksandsteinlinsen. Die Unteren und Oberen Münder-Mergel weisen hinsichtlich ihrer Entstehung vielfach Suwassereinflusse auf, die Mittleren Münder-Mergel dagegen meist marines Milieu (KOLBE 1975).

In der Randsenke vom Salzstock Gifhorn ("Gifhorner Loch") sind bis 50 m Serpulit (Obermalm 6) erbohrt worden. Dabei handelt es sich weniger um Serpelkalke als um tonige Kalksteine und um Dolomitsteine von schaumiger Struktur durch herausgelöste Kalkooide und mit Schill und Stromatolithen (KOLBE 1975). Im Grubenbereich Konrad fehlt der Serpulit, er wurde aber nördlich der Grube im Zentrum der Randsenken Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel erbohrt.

Vom Tithon, mit dem wir im Gegensatz zum Antragsteller den Obermalm 1-6 zusammenfassen, sind insgesamt die begrenzte und lückenhafte Verbreitung sowie die Mächtigkeitsschwankungen im Modellgebiet und seine besondere Mächtigkeitszunahme im nördlichsten Teil des Modellgebietes, die mit Transgressionen und Schichtlücken im Zusammenhang mit der Entwicklung der Salzstock-Randsenken zu erklären sind, besonders wichtig.

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Tithon für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

Unsere Stellungnahme zu Wealden bis Apt beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- CEPEK & KEMPER (1981), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), ECKHARDT (1991), FAHRION (1953), FALKE (1944), GAIDA et al. (1978, 1981), GEORGI et al. (1979), JARITZ (1969), KEMPER (1971a, 1971b; 1973a, 1973b, 1973c; 1979; 1982), KEMPER et al. (1978), KÖLBEL (1944), KOLBE (1954, 1962, 1966b, 1970, 1975, 1976), KOLBE & SIMON (1969), KÜHNE (1932), LOOK (1985), MICHAEL & PAPE (1971), MUTTERLOSE (1984), RIEDEL (1941), SCHOTT et al. (1969), SCHUDACK (1993), SEITZ (1949), WOLDSTEDT (1932, 1933).

- [REDACTED] [1993]

- EU 63.3, EU 178, EU 232, EU 370, EU 450, EU 452.

Unter "Wealden" verstehen Antragsteller und Gutachter mit KEMPER (1973a) den "nordwestdeutschen Wealden", der mit dem englischen stratigraphisch nicht identisch ist, sondern nur faziell bedingte Ähnlichkeiten hat, und der dem Berrias zugeordnet wird (MUTTERLOSE 1984). Dabei sei daran erinnert, daß die Berrias-/ Valangin-Grenze bisher international nicht festgelegt wurde (s.a. KEMPER 1971a).

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) sind Wealden-Schichten, die dort früher in der Literatur teilweise als "Fuhse-Schichten" beschrieben wurden, in Bohrungen angetroffen worden. In den Schächten und sonstigen Bauen der Grube Konrad ist kein Wealden nachgewiesen. Wealden-Tagesaufschlüsse gibt es weder im Modellgebiet noch in seiner näheren Umgebung (Ausnahme: Gebiet um Oberg, etwa 8 km westlich Vechelde).

Wealden-Schichten sind im Modellgebiet vor allem südlich und westlich der Salzstock-Kette Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel sowie im Raum zwischen den Salzstöcken Wendeburg-Rolfsbüttel, Calberlah und Gifhorn verbreitet.

Vom Grubenbereich Konrad erstreckt sich an der Ostseite des Salzstockes Vechelde in nördlicher Richtung bis in den Raum Wedtlenstedt-Bortfeld-Wendezelle ein etwa 10 km langes Gebiet, in dem

Wealden fehlt (EU 232). Westlich und südwestlich dieses Bereiches kommen Wealden-Schichten in einem etwa 1,5 - 3 km breiten Gebietsstreifen an der Ost- und Südseite des Salzstockes Broistedt vor und gehen nach Osten und Süden unter anderen Unterkreide-Schichten (meist Hauterive-Transgression) aus. Sie liegen dort etwa 800-1600 m unter NN und sind bei Engelnstedt etwa 10-40 m, bei Gebhardshagen und Lichtenberg etwa 10-30 m mächtig.

Nördlich des genannten Wealden-freien Gebietes treten Wealden-Schichten zwischen Wedtlenstedt und Adenbüttel in einem 1-3 km breiten Gebietsstreifen an der Ostseite des Salzstockes Wendeburg-Rolfsbüttel auf und gehen nach Osten unter Hauterive bzw. Valangin aus. Sie liegen dort etwa 600-800 m unter NN und sind bei Wedtlenstedt nur 7 m, bei Bortfeld bis 50 m und bei Schwülper bis 120 m mächtig. Nach Osten geht die Mächtigkeit jeweils rasch zurück, was durch Bohrungen belegt ist.

Westlich der Salzstöcke Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel liegt die Wealden-Basis in Tiefen bis über 1200 m unter NN; die Schichten sind z.B. westlich Vechelde, also westlich des genannten Wealden-freien Gebietes an der Ostseite des Salzstockes Vechelde, etwa 10-60 m mächtig.

Im Nordteil des Modellgebietes, nämlich am Salzstock Calberlah und nordöstlich davon, gehen die Wealden-Schichten in Oberflächennähe unter relativ geringmächtigen Quartär- und teilweise Tertiär- sowie anderen Unterkreide-Schichten aus (FAHRION 1953) und fallen von dort in westlicher Richtung ein. Von Calberlah bis zum Salzstock Rolfsbüttel tauchen sie etwa von NN bzw. 100 m unter NN bis etwa 1000 m unter NN ab. Auch im Gifhorn-Calberlah-Graben sinkt die Wealden-Basis von Südosten nach Nordwesten von etwa 100 m bis etwa 1000 m unter NN, steigt aber nach Nordwesten zum Salzstock Gifhorn wieder an und liegt dort etwa 200-300 m unter NN. An und auf dem Salzstock Gifhorn liegt Wealden unter Tertiär.

In dem Gebiet zwischen den Salzstöcken Rolfsbüttel, Gifhorn und Calberlah sind die Wealden-Schichten bei Rethen-Vollbüttel um 100 m, bei Rötgesbüttel 50-70 m, bei Ribbesbüttel bis 170 m, bei

Calberlah bis 120 m, bei Gifhorn bis 180 m und im Raum Isenbüttel bis 280 m mächtig. Die Mächtigkeitsabnahme nach Osten ist z.B. im Raum Isenbüttel durch Bohrungen belegt.

Die Wealden-Schichten bestehen im Modellgebiet meist aus einer "Wechselagerung" von feingeschichteten bis dünnbankigen vorwiegend tonigen und vorwiegend sandigen Sedimentgesteinen, wobei teilweise relativ mächtige Sandsteinbänke vorkommen, aber meist nicht sicher von einer Bohrung zur anderen korreliert werden können. Nach Auswertungen von Bohrlochlogs treten westlich bis südwestlich der Grube Konrad 4-5 m mächtige Sandsteinbänke innerhalb der "Wechselagerung" auf. Im Raum Vordorf-Adenbüttel sind die Wealden-Sandsteinbänke etwa 4-8 m, im Raum Isenbüttel bis etwa 10 m mächtig. Westlich des Salzstockes Vechelde erreicht ihre Mächtigkeit etwa 6-10 m, lokal ausnahmsweise bis 20 m (EU 232).

Paläogeographisch liegt der Wealden des Modellgebietes am Ostrand des nordwestdeutschen Wealden-Beckens. In den zwischen Weser und Ems gelegenen zentralen Teilen dieses Beckens sind die Wealden-Schichten vorwiegend tonig ausgebildet und teilweise 400-500 m mächtig und werden in Wealden 1 bis 6 bzw. Bückeberg-Folge 1 bis 3 gegliedert (KEMPER 1973a). Diese Unterteilung konnte bisher nicht in das Modellgebiet übertragen werden.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) sind Schichten des Valangin in Bohrungen angetroffen worden. In der Grube Konrad ist kein Valangin nachgewiesen. Über- und untertägige Valangin-Aufschlüsse gibt bzw. gab es im ehemaligen Eisenerz-Bergbaurevier im Salzgitter-Höhenzug (z.B. Grenzlerburg südlich Salzgitter-Bad). Valangin-Tagesaufschlüsse fehlen sonst im Modellgebiet. Im Nordteil des Modellgebietes, nämlich im Bereich des Salzstockes Calberlah und nordöstlich davon, gehen Valangin-Schichten teilweise in Oberflächennähe unter relativ geringmächtigen Quartär-Schichten aus (FAHRION 1953).

Valangin-Schichten sind analog zu den Wealden-Schichten im Modellgebiet vor allem südlich und westlich der Salzstock-Kette Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel sowie im Raum zwischen den

Salzstöcken Wendeburg-Rolfsbüttel, Calberlah und Gifhorn verbreitet. Sie liegen dort in ähnlichen Teufenbereichen und weisen jeweils ähnliche Mächtigkeiten wie die Wealden-Schichten auf. Vom Grubenbereich Konrad erstreckt sich an der Ostseite des Salzstockes Vechelde in nördlicher Richtung bis in den Raum Wedtlenstedt-Bortfeld-Wendezelle ein etwa 10 km langes Gebiet, in dem Valangin- und Wealden-Schichten fehlen (EU 232).

An der Ost- und Südseite des Salzstockes Broistedt sind die Valangin-Schichten etwa 10-35 m mächtig. Westlich der Salzstöcke Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel sind diese Schichten im Raum Broistedt-Wahle-Sophiental-Hillerse etwa 10-70 m mächtig.

Nördlich des genannten Valangin-freien Gebietes erreichen die Valangin-Schichten zwischen den Salzstöcken Wendeburg-Rolfsbüttel, Gifhorn und Calberlah im Raum Wedtlenstedt-Wendezelle 17-27 m, bei Schwülper bis 50 m, bei Adenbüttel bis 75 m, bei Rethen 60 m, bei Vollbüttel 80 m, im Raum Rötgesbüttel-Ribbesbüttel-Gifhorn um 50 m und im Raum Isenbüttel bis etwa 125 m Mächtigkeit. Nach Osten nimmt die Mächtigkeit jeweils ab, was durch Bohrungen belegt ist.

Die Valangin-Schichten bestehen im Modellgebiet wie die Wealden-Schichten meist aus einer "Wechselagerung" von feingeschichteten bis dünnbankigen vorwiegend tonigen bis tonmergeligen und vorwiegend sandigen Gesteinen, wobei teilweise relativ mächtige Sandsteinbänke vorkommen, aber meist nicht sicher von einer Bohrung zur anderen korreliert werden können. Nach Auswertungen von Bohrlochlogs treten westlich bis südwestlich der Grube Konrad eine 2 m und eine 3 m mächtige Sandsteinbank in der "Wechselagerung" auf. Im Raum Adenbüttel-Schwülper sind die Valangin-Sandsteinbänke etwa 5-10 m und bei Ribbesbüttel etwa 5-18 m mächtig. Westlich des Salzstockes Wendeburg-Rolfsbüttel erreicht ihre Mächtigkeit etwa 5-15 m, lokal ausnahmsweise bis 28 m (EU 232).

Paläogeographisch liegt das Valangin des Modellgebietes am Ostrand des nordwestdeutschen Valangin-Beckens. In den zwischen Weser und Ems gelegenen zentralen Teilen dieses Beckens sind die Valangin-Schichten teilweise 200-300 m mächtig und werden in Unter- und

Obervalangin (= früher Mittel- und Obervalendis) gegliedert (KEMPER 1973b). SCHOTT et al. (1969) stellten die sandigen Valangin-Schichten in den Randsenken des Salzstockes Broistedt in das Untervalangin (Mittelvalendis). Der Antragsteller (EU 232), der Valangin-führende Bohrungen im Modellgebiet revidierte, ordnet alle Valangin-Vorkommen im Modellgebiet dem Obervalangin zu, wobei anzumerken ist, daß mehrere Autoren (z.B. SCHOTT et al. 1969, KOLBE 1975) ein teilweise transgressives Übergreifen von Valangin-über Wealden- und andere Schichten im Modellgebiet annehmen. Im Raum Rühme-Vordorf kommen unter 20 m bis unter 10 m mächtige, tonige bis tonmergelige Schichten vor, die nach EU 232 ebenfalls dem Obervalangin angehören. Diese könnten jedoch teilweise in das Hauterive gestellt werden.

Im Gegensatz zu den im Modellgebiet Konrad nur begrenzt verbreiteten, vorwiegend tonig-sandigen Wealden- und Valangin-Schichten bedecken die vorwiegend tonigen Schichten des Hauterive, Barrême und Apt nahezu das gesamte Modellgebiet. Davon ausgenommen sind die zentralen Teile des Salzgitter-Höhenzuges, die Salzstöcke und die Nordostecke des Modellgebietes (Raum Calberlah-Weyhausen).

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) haben Bohrungen die Schichten des Hauterive, Barrême und/oder Apt angetroffen. Diese Schichten wurden auch in den Schächten Thiede 2 und 3 sowie in den beiden Konrad-Schächten durchörtert, in den sonstigen Bauen der Grube Konrad aber nicht aufgeschlossen. Tagesaufschlüsse dieser Schichten gibt bzw. gab es im Raum Braunschweig (Wenden, Klein Schöppenstedt, Cremlingen, Salzdahlum), an der Asse und am Ösel, in Thiede sowie bei Oberg. Ferner gibt bzw. gab es über- und untertägige Aufschlüsse dieser Schichten im ehemaligen Eisenerzrevier am Salzgitter-Höhenzug, wo sie jedoch nicht in vorwiegend toniger, sondern meist in Eisenerzfazies vorkommen (Brauneisenoolith, Brauneisentrümmererz).

Vom Ausgehenden im nördlichen Salzgitter-Höhenzug fallen diese Schichten in nördlicher Richtung ein. Ihre Basis liegt südlich vom Salzstock Broistedt maximal etwa 1500 m unter NN, im Bereich des geplanten Endlagers 600-800 m unter NN und westlich vom Salzstock

Thiede im NN-Bereich bis etwa 100 m unter NN. Östlich der Salzstöcke Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel finden sie sich etwa 400-700 m unter NN und westlich dieser Salzstöcke etwa bis 1100 m unter NN.

In weiten Bereichen der Nordhälfte des Modellgebietes gehen die genannten Schichten in Oberflächennähe unter relativ geringmächtigen Quartär- und teilweise Tertiär-Schichten aus. Von Calberlah bis zur Struktur Rühme-Vordorf (s. Kap. 2.1.4.2) fällt die Basis dieser Schichten in südwestlicher Richtung von etwa 100 m bis etwa 1100 m unter NN ein. Im Gifhorn-Calberlah-Graben sinkt ihre Basis von Südosten nach Nordwesten von etwa 100 m bis etwa 700 m unter NN, steigt aber nach Nordwesten zum Salzstock Gifhorn wieder an und liegt dort etwa 100-200 m unter NN.

In der EU 232 sind die Ergebnisse der von uns nachgeforderten und vom Antragsteller mittels Mikrofaunen und Logkorrelationen durchgeführten Revisionen der Profile der beiden Konrad-Schächte sowie von Tiefbohrungen im Modellgebiet dargestellt. Danach werden die genannten Schichten in Unter- und Oberhauterive, Unter-, Mittel- und Oberbarrême sowie Unter-, Mittel- und Oberapt gegliedert (s.a. KEMPER 1971b, 1973b, 1973c, 1979, 1982). Verbreitung und Mächtigkeit dieser Schichten im Modellgebiet hängen von der jeweiligen Position innerhalb der Salzstock-Randsenken Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel-Gifhorn sowie von Transgressionen mit Schichtlücken ab. Grundsätzlich sind die Schichten in den zentralen Teilen der Randsenken besonders mächtig und vollständig ausgebildet, während zu deren Rändern hin die Schichtmächtigkeiten abnehmen und Schichtlücken auftreten. Dies ist im gesamten Modellgebiet durch Bohrungen belegt.

Das Hauterive transgrediert im Modellgebiet generell über verschiedene ältere Schichten ("Unterkreide-Transgression"), und zwar meist des Jura, aber auch der tieferen Unterkreide (Valangin, Berrias) sowie lokal der Trias. Dabei transgredieren teils Schichten des tieferen Unterhauterive (Noricum-Schichten), teils Schichten des höheren Unterhauterive (Bivirgatus-Schichten) und lokal Schichten des tiefsten Oberhauterive oder des höchsten Obervalan-

gin (EU 232). Ferner liegt das Oberbarrême im Modellgebiet meist transgressiv auf Mittelbarrême. Und schließlich transgredieren sowohl Unterapt als auch Mittel- und Oberapt, wodurch Unter- und Mittelapt im Modellgebiet teilweise ausfallen.

Das Unterhauertive transgrediert z.B. im Schacht Konrad 1 auf Tithon (Münder-Mergel), im Schacht Konrad 2 auf Mittelkimmeridge und in der Bohrung Konrad 101 auf Unterkimmeridge. In diesen Schächten und in der Bohrung liegt das Oberbarrême transgressiv auf Mittelbarrême. Schließlich transgredieren in den beiden Schächten Mittelapt unter Ausfall von Unterapt auf Oberbarrême und Oberapt auf Mittelapt, während in der Bohrung Konrad 101 das Oberapt unter Ausfall von Mittel- und Unterapt auf Oberbarrême transgrediert. Die genannten Schichten sind im Schacht Konrad 1 insgesamt 300 m, im Schacht Konrad 2 insgesamt 175 m und in der Bohrung Konrad 101 insgesamt 167 m mächtig (EU 63.3, EU 232).

In der westlich der Schachtanlage Konrad im Zentrum der Randsenke Broistedt-Vechelde gelegenen Bohrung Hüttenberg 1 transgredieren Unterhauertive auf Tithon (Serpulit), Oberbarrême auf Mittelbarrême, Unterapt auf Oberbarrême, Mittelapt auf Unterapt und Oberapt auf Mittelapt; die Schichtenfolge Unterhauertive bis Oberapt ist insgesamt rund 425 m mächtig (EU 232).

Weiter nördlich erreicht die Mächtigkeit dieser Schichten in den zentralen Teilen der genannten Randsenken bei Alvesse-Wierthe-Sonnenberg 250-330 m, bei Vechelde-Wedtlenstedt 390-500 m, bei Bortfeld-Wendezelle 540-640 m, bei Schwülper-Adenbüttel um 600 m, bei Rethen-Vollbüttel 700-800 m, bei Rötgesbüttel 650 m sowie bei Ribbesbüttel-Isenbüttel 300-435 m.

Ebenfalls nördlich der Grube Konrad erreicht die Mächtigkeit dieser Schichten in den östlichen Randbereichen der genannten Salzstock-Randsenken bei Sauingen 250-300 m, bei Üfingen um 200 m, bei Sonnenberg-Denstorf-Gleidungen 225-280 m, bei Wedtlenstedt-Bortfeld 300-430 m, bei Broitzem etwa 130-160 m, bei Rühme-Vordorf etwa 240 m bis über 500 m, bei Isenbüttel 140-170 m und bei Gifhorn etwa 270 m (alle Zahlen nach EU 232).

Das Unterhauterive ist aus Ton- und Tonmergelsteinen mit eingeschalteten Kalkmergelsteinbänken und Kalksteinlagen sowie Pyrit- und Toneisenstein-Einlagerungen aufgebaut. An der Basis finden sich häufig einzelne kleine Gerölle aus Quarz, Kalk-, Toneisen- und Brauneisenstein sowie Phosphorit. Im Raum Üfingen-Wierthe-Vechelde-Broitzem tritt an der Basis dieser Schicht ein etwa 2-5 m mächtiger "Transgressionshorizont" auf, der z.T. sehr dünne Feinsandsteinlagen aufweist, aber nicht durchgehend verbreitet ist (EU 232, EU 370). In einzelnen Teilen des Modellgebietes, z.B. am Salzstock Gifhorn, findet sich an der Hauterive-Basis eine besondere Fazies ("Riff-Fazies" nach SCHOTT et al. 1969; "Schwammfazies" nach EU 232), nämlich bis etwa 20 m mächtige sandig-kalkige Gesteine, die Reste von Kalkschwämmen, Korallen, Bryozoen, Echinodermen, Mollusken etc. enthalten (MICHAEL & PAPE 1971).

Das Oberhauterive besteht dagegen aus relativ gleichförmigen Ton- und Tonmergelsteinen. In der Bohrung Konrad 101 fand sich an seiner Obergrenze die "Untere Thieder Steinmergelbank" (30 cm Kalkmergelstein, EU 63.3). In Bohrlochlogs läßt sich das karbonatführende Unterhauterive sehr deutlich vom karbonatarmen Oberhauterive unterscheiden.

Das Hauterive ist im Schacht Konrad 1 rund 115 m, im Schacht Konrad 2 und in der Bohrung Konrad 101 nur 60 m bzw. 65 m, in der Bohrung Hüttenberg 1 westlich der Grube aber rund 160 m mächtig (EU 370). Nördlich der Grube Konrad erreicht seine Mächtigkeit in den Räumen Sauingen-Üfingen-Alvesse-Wierthe-Sonnenberg-Denstorf-Gleidingen 80-120 m und im Raum Vechelde-Wedtlenstedt-Bortfeld-Wendezelle etwa 140-240 m. Die Hauterive-Mächtigkeit beträgt bei Schwülper, Adenbüttel und Vollbüttel 210-350 m, bei Rethen 380 m, im Raum Ribbesbüttel-Rötgesbüttel-Isenbüttel 140-300 m und bei Gifhorn etwa 270 m. Schließlich erreicht sie am Ostrand der oben mehrfach erwähnten Salzstock-Randsenken bei Broitzem nur etwa 40-60 m sowie bei Rühme und Vordorf etwa 90 m bis über 200 m.

Unter- und Mittelbarrême sind aus Ton- und Tonmergelsteinen sowie insbesondere bituminösen, teilweise pyritführenden Blättertönen ("Blätterschiefer", "Schwarzschiefer") aufgebaut. Letztere werden auf Grund des Vorkommens von Fischschuppen auch als "Fischschiefer" bezeichnet. Das Oberbarrême besteht aus Ton- und Tonmergelsteinen mit eingeschalteten Kalkmergelsteinlagen. An der Obergrenze des Unterbarrême und an der Untergrenze des Oberbarrême sowie auch innerhalb des Mittelbarrême kommen dünne Feinsandsteinlagen vor (EU 63.3, EU 232, EU 370, EU 450, EU 452). Das Barrême ist im Schacht Konrad 1 rund 140 m, im Schacht Konrad 2 und in der Bohrung Konrad 101 nur 85 m, in der Bohrung Hüttenberg 1 westlich der Grube aber rund 190 m mächtig. Nördlich der Grube Konrad erreicht seine Mächtigkeit in den Räumen Sauingen-Üfingen-Alvesse-Wierthe-Sonnenberg-Denstorf-Gleidungen 70-140 m, im Raum Vechelde-Wedtlenstedt-Bortfeld etwa 130-260 m und bei Wendezelle bis 360 m. Die Barrême-Mächtigkeit beträgt bei Schwülper, Adenbüttel und Vollbüttel 210-250 m, bei Rethen 380 m und im Raum Ribbesbüttel-Rötgesbüttel-Isenbüttel 70-270 m, ausnahmsweise bis 300 m. Bei Gifhorn fehlt Barrême. Schließlich erreicht die Barrême-Mächtigkeit am Ostrand der genannten Salzstock-Randsenken bei Broitzem nur etwa 70-80 m sowie bei Rühme und Vordorf etwa 90 m bis über 200 m.

Das Apt ist aus Tonsteinen sowie Tonmergelsteinen aufgebaut, in die insbesondere im Unterapt bituminöse, teilweise pyritführende "Blättertöne" ("Fischschiefer", "Pappschiefer") und vor allem im Oberapt Feinsandsteinbänke sowie Tufflagen eingeschaltet sind (EU 63.3, EU 232, EU 370; GAIDA et al. 1978; KEMPER 1982). Hier sei daran erinnert, daß Apt, Barrême und Hauterive am Salzgitter-Höhenzug meist in Eisenerzfazies vorkommen.

Schichten des Apt sind im Schacht Konrad 1 rund 45 m, im Schacht Konrad 2 rund 30 m, in der Bohrung Konrad 101 nur 17 m (nur Oberapt), in der Bohrung Hüttenberg 1 westlich der Grube aber rund 80 m mächtig. Nördlich der Grube Konrad erreicht ihre Mächtigkeit in den Räumen Sauingen-Üfingen-Alvesse-Wierthe-Sonnenberg-Denstorf-Gleidungen 30-60 m, im Raum Vechelde-Wedtlenstedt-Bortfeld-Wendezelle etwa 70-150 m, bei Schwülper und Adenbüttel bis um 130 m, bei Vollbüttel 180 m und bei Rethen 80 m. Bei Ribbesbüttel,

Isenbüttel und Gifhorn fehlt das Apt; bei Rötgesbüttel ist es aber mit 130-150 m Mächtigkeit vorhanden. Schließlich erreicht die Apt-Mächtigkeit am Ostrand der genannten Salzstock-Randsenken bei Broitzem nur etwa 20 m sowie bei Rühme und Vordorf etwa 40 m bis über 100 m (alle Zahlen nach EU 63.3, EU 232, EU 370).

Vom Wealden bis zum Apt sind insgesamt die erheblichen Mächtigkeitsschwankungen der Schichten, die begrenzte Verbreitung des tonig-sandigen Wealden und Valangin und die weite Verbreitung der vorwiegend tonigen Hauterive-, Barrême- und Apt-Schichten besonders wichtig. Teile dieser Schichten (Hauterive, Barrême, Apt) sowie die Schichten des Alb (s. folg. Abschn.) gehören zur Barriere über dem geplanten Endlager, die letzteres von der Biosphäre trennt.

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Wealden bis Apt für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

Angaben zur Sedimentpetrographie, zu den tektonischen Lagerungsverhältnissen und zur geologischen Bewertung dieser Barrierschichten werden in den Kapiteln 2.1.3.2, 2.1.4.2.2, 2.1.4.3.2 und 2.4.1.2 gemacht.

Unsere Stellungnahme zum Alb beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- BERTRAM & KEMPER (1971), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), DEWIEL (1951), ECKHARDT (1991), GAIDA et al. (1981), GEORGI (1976), GEORGI et al. (1979), GROETZNER (1968), HERRMANN (1964), JARITZ (1969), JORDAN (1968), JORDAN & SCHMID (1968), KEMPER (1973c, 1979, 1982, 1984), KEMPER & ZIMMERLE (1978), KÖLBEL (1944), KOLBE (1954, 1962, 1966b, 1970, 1975, 1976), KOLBE & SIMON (1969), KÜHNE (1932), LOOK (1985), MICHAEL (1974), MUTTERLOSE (1984), SCHOTT et al. (1969), WOLDSTEDT 1932a, 1932b; 1933).

- EU 63.3, EU 112.2, EU 178, EU 232, EU 370, EU 450, EU 451.

Alb-Schichten sind ähnlich wie die Schichten des Hauterive, Bar-rême und Apt im Modellgebiet Konrad weit verbreitet. Davon ausge-nommen sind die zentralen Teile des Salzgitter-Höhenzuges, die Salzstöcke (mit Ausnahme des Überganges zwischen den Salzstöcken Broistedt und Vechelde) sowie der Nordostteil des Modellgebietes (Raum Gifhorn-Calberlah-Meine). Nordöstlich des Salzstockes Wende-burg-Rolfsbüttel ist Alb nur westlich der Störung zwischen den Salzstöcken Rolfsbüttel und Gifhorn erhalten.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) haben Bohrungen die Schichten des Alb angetroffen. Diese Schichten wurden auch in den beiden Konrad-Schächten durchörtert, in den sonstigen Bauen der Grube Konrad aber nicht aufgeschlossen. Unter- und übertägige Aufschlüsse gab es im ehemaligen Eisenerzre-vier am Salzgitter-Höhenzug, z.B. in den Schächten Gustedt und Bartelszeche sowie im Tagebau Haverlahwiese. Tagesaufschlüsse gibt bzw. gab es im Salzgitter- und Lichtenberger Höhenzug (z.B. bei Oelber), im Oderwald (Raum Werlaburgdorf und bei Adersheim), im Raum Braunschweig (Salzdahlum, Rautheim, Cremlingen, Schwülper), an der Asse und bei Oberg. Alb-Schichten gehen bei Thiede und Engelnstedt, in relativ großen Bereichen nördlich der Grube Konrad und dort meist nahe an den Salzstöcken Vechelde und Wendeburg-Rolfsbüttel sowie im Raum Meine oberflächennah unter relativ ge-ringmächtigen Quartär-Schichten aus.

Vom nördlichen Teil des Salzgitter-Höhenzuges fallen diese Schich-ten in nördliche Richtung ein. Ihre Basis liegt südlich vom Salz-stock Broistedt maximal etwa 1200 m unter NN, nördlich dieses Salzstockes bis etwa 800 m unter NN und im Bereich des geplanten Endlagers bis etwa 500 m unter NN. Die Alb-Basis findet sich öst-lich des Salzstockes Vechelde und westlich des Salzstockes Wende-burg-Rolfsbüttel etwa bis 400 m unter NN, östlich des letztgenann-ten Salzstockes sowie am Salzstock Thiede etwa im NN-Bereich bis 100 m unter NN. Östlich der Struktur Rühme-Vordorf sinkt die Alb-Basis bis etwa 500 m unter NN ab.

Das Alb wird biostratigraphisch in Unter-, Mittel- und Oberalb, lithostratigraphisch in Hilssandstein, Minimuston und Flammenmergel geliedert (s. KEMPER 1973c, 1979, 1982, 1984, GAIDA et al. 1981). Der Antragsteller (EU 232) hat im Bereich des Modellgebietes Alb-führende Bohrungen und die Profile der beiden Konrad-Schächte revidiert. Danach transgrediert das Unteralb generell auf ältere Unterkreide-Schichten (überwiegend Apt). Das Mittelalb liegt teilweise transgressiv auf Unteralb (z.B. Bohrung Konrad 101; EU 63.3), während das Oberalb überwiegend konkordant über dem Mittelalb folgt.

Verbreitung und Mächtigkeit dieser Schichten im Modellgebiet hängen von der Position innerhalb der Salzstock-Randsenken Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel ab. Grundsätzlich sind die Schichten in den zentralen Randsenkenteilen besonders mächtig, während die Mächtigkeit zu den Randsenkenrändern abnimmt, was auch durch Bohrungen belegt ist. Die Ausbildung (Fazies) der Schichten ist wesentlich von der Paläogeographie des Sedimentationsraumes geprägt, wobei die südwestlich des Modellgebietes gelegene paläogeographische Einheit "Hildesheimer Halbinsel" als Liefergebiet von Sandschüttungen zu erwähnen ist. Hilssandstein und Flammenmergel gibt es nur im Südteil des Modellgebietes und in seiner südlichen Umgebung; im Norden ist das Alb insgesamt vorwiegend tonig und tonmergelig ausgebildet.

Im Lichtenberger und im nördlichen Salzgitter-Höhenzug beginnt das Alb mit dem meist einige Dezimeter mächtigen Transgressionshorizont des "Gault-Konglomerates", das im wesentlichen aus kleinen Brauneisenstein-, Toneisenstein-, Phosphorit- und Quarzgeröllen besteht. Darüber folgt der teilweise glaukonitführende Hilssandstein, der westlich Oelber und südlich der ehemaligen Schachanlage Haverlahwiese 2 bis etwa 60 m mächtig ist, aber im Gebiet zwischen Oelber und dem Schacht Haverlahwiese 2 von etwa 25 m mächtigen, sandigen, glaukonitführenden Tonsteinen vertreten wird. Auf dem Hilssandstein liegen die ebenfalls teilweise glaukonitführenden Ton- und Tonmergelsteine des Minimuston, der im ehemaligen Tagebau Haverlahwiese etwa 60 m mächtig ist. Schließlich folgen

darüber die bioturbaten, meist verkieselten Tonmergel- bis Mergelsteine des Flammenmergel, dessen Mächtigkeit westlich Lichtenberg etwa 50 m und im ehemaligen Tagebau Haverlahwiese 90-105 m erreicht (HERRMANN 1964, SCHOTT et al. 1969).

Der Hilssandstein ist am Heinberg, etwa 10 km südwestlich des Modellgebietes, bis 200 m, am Süden des Salzgitter-Höhenzuges in den ehemaligen Tagebauen Eisenkuhle und Morgenstern aber nur 10-15 m mächtig. In letzterem Gebiet hat GEORGI (1976) den Hilssandstein von unten in "Ringelheimer Sandstein", "Galberg-Schichten" (= kalkige, kieselige, plattig-blätterige Tonsteine) und "Gitterer Sandstein" gegliedert. Am Heidberg bei Adersheim, etwa 6 km südöstlich der Grube Konrad, ist der Hilssandstein nach Tagesaufschlüssen und Bohrungen etwa 10-16 m mächtig. Die vorgenannte Dreiteilung ist dort nicht nachvollziehbar (EU 112.20, EU 370).

Der Hilssandstein wurde im Bereich des Südteiles des Modellgebietes von zahlreichen Bohrungen erfaßt, die seine relativ rasche Mächtigkeitsabnahme nach Norden belegen (EU 232, EU 370). Im Raum Salder-Gebhardshagen am Nordrand des Salzgitter-Höhenzuges ist er bis über 100 m mächtig, im Raum Watenstedt-Hallendorf östlich vom Salzstock Broistedt nur etwa 10 m, in der Bohrung Konrad 101 noch 3,2 m und im Schacht Konrad 2 nur 1,5 m. Im Schacht Konrad 1 fehlt der Hilssandstein. Er endet nach Norden etwa an einer Linie Engelnstedt-Bleckenstedt-Beddingen-Thiede, nördlich der er von teilweise noch schluffig-feinsandigen, aber vorwiegend tonigen Gesteinen vertreten wird.

Die Ton- und Tonmergelsteine des Unterhalb führen nach KOLBE (1975) im Bereich der Grube Konrad bemerkenswert große Karbonat-Siderit-Konkretionen. Auch an der Basis der Tonsteine des Mittelhalb sollen dort "schalig abplatzende, fußballgroße Konkretionen" auftreten. Der Antragsteller (EU 63.3) beschreibt in der Bohrung Konrad 101 an der Basis des vorwiegend tonigen Mittelhalb einen geringmächtigen glaukonitführenden Feinsandstein, der transgressiv auf vorwiegend tonigem Unterhalb liegt.

Im Bereich des Südteiles des Modellgebietes haben zahlreiche Bohrungen das Oberalb erfaßt (EU 232, EU 370). Auswertungen von Bohrlochlogs ergaben, daß in vielen Bohrungen die "verkieselte Flammenmergelfazies" nachweisbar ist und daß diese nach Norden zunehmend von nicht verkieselten Tonmergelsteinen vertreten wird, dadurch an Mächtigkeit verliert und schließlich im Raum Bortfeld-Broitzem endet. Nahe vom Salzgitter-Höhenzug und bei Flachstöckheim erreicht der Flammenmergel mindestens 20-40 m Mächtigkeit, im Bereich der Schachanlage Konrad etwa 25 m (Bohrungen Konrad 101 und Bleckenstedt 4), im Raum Üfingen-Alvesse-Sonnenberg-Denstorf-Gleidingen etwa 10-20 m und im Raum Bortfeld-Broitzem etwa 10 m. Die Flammenmergel-Basis erreicht südlich vom Salzstock Broistedt etwa 800-900 m unter NN, nördlich dieses Salzstockes etwa 300-400 m unter NN und im Bereich des geplanten Endlagers bis etwa 300 m unter NN.

Nach heutiger Kenntnis transgrediert das Alb im Modellgebiet und seiner näheren Umgebung, unabhängig von der Ausbildung (Fazies) seiner Schichten, stets mit der tiefsten biostratigraphischen Zone des Unteralb (Schrammeni- bzw. Tardefurcata-Zone nach KEMPER 1973c, 1982; = Leymeriellen-Schichten nach DEWIEL 1951, SCHOTT et al. 1969). Im mittleren und nördlichen Teil des Modellgebietes sind alle Zonen des Alb vorwiegend tonig und tonmergelig ausgebildet (EU 232, EU 370, EU 450, EU 451). Im südlichen Teil des Modellgebietes und in seiner südlichen Umgebung reicht der Hilssandstein von der Alb-Basis teils bis in das mittlere bis höhere Unteralb (Tardefurcata- und Regularis-Zone), teils bis in das Mittelalb (SCHOTT et al. 1969). Im gleichen Bereich umfaßt der Flammenmergel im allgemeinen den oberen Teil des Oberalb einschließlich der jüngsten biostratigraphischen Subzone des Oberalb, der Perinflatum-Subzone (nach Untersuchungen im ehemaligen Tagebau Morgenstern im Südteil des Salzgitter-Höhenzuges; KEMPER 1984). Die Flammenmergel-Fazies setzt in Form einzelner verkieselter Lagen bzw. Bänke teilweise schon im tieferen Teil des Oberalb ein. Dies wurde durch die Auswertung von Bohrlochlogs aus dem Modellgebiet und seiner südlichen Umgebung bestätigt (EU 232). Die im Sackwald bei Alfeld/Leine aufgestellte Gliederung in Flammenmergel

1 bis 5 (JORDAN 1968, JORDAN & SCHMID 1968) wurde bisher nicht in das Modellgebiet übertragen.

Der Flammenmergel des Oberalb und die ihn überlagernden Plänerkalke des Cenoman und Turon (s. folg. Abschn.) wurden von uns aufgrund ihres ähnlichen tektonischen Verhaltens und somit vergleichbaren hydraulischen Eigenschaften zu einer hydrogeologischen Einheit zusammengefaßt (s. Kap. 3.2.2.2 und 3.2.3.1.2).

Das Alb insgesamt ist in der Bohrung Konrad 101 rund 210 m, im Schacht Konrad 2 rund 225 m, im Schacht Konrad 1 rund 270 m und in der Bohrung Hüttenberg 1 westlich der Grube Konrad 315 m mächtig. Nördlich der Grube Konrad erreicht die Alb-Mächtigkeit im Raum Sauingen-Üfingen 225-290 m, bei Alvesse 340 m, im Raum Wierthe-Sonnenberg-Denstorf-Gleidungen-Wedtlenstedt 200-370 m, bei Vechelde etwa 130-190 m, bei Bortfeld 150-330 m, bei Wendezelle 60-140 m, bei Broitzem etwa 175-250 m, im Raum Schwülper-Adenbüttel 50-215 m, bei Vollbüttel 20 m, im Raum Rethen-Rötgesbüttel bis 200 m und schließlich im Raum Rühme-Vordorf etwa 15-315 m (alle Zahlen nach EU 232).

Vom Alb insgesamt sind somit die Mächtigkeitsschwankungen sowie sein Fehlen im Nordostteil des Modellgebietes (Raum Gifhorn-Calberlah-Meine) und schließlich die Hilssandstein- und Flammenmergel-Fazies im Südteil des Modellgebietes besonders wichtig. Das Alb bildet einen wesentlichen Teil der Barriere über dem geplanten Endlager, zu der auch die Schichten des Hauterive, Barrême und Apt gehören (s. vorhergehenden Abschn.) und die das Endlager von der Biosphäre trennt.

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Alb für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

Angaben zur Sedimentpetrographie und zu den tektonischen Lagerungsverhältnissen sowie zur geologischen Bewertung dieser Barriere-

reschichten werden in den Kapiteln 2.1.3.2, 2.1.4.2.2, 2.1.4.3.2 und 2.4.1.2 gemacht.

Unsere Stellungnahme zur Oberkreide beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- BRÄUTIGAM (1962), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), DAHMER et al. (1986), ERNST (1968), ERNST & SCHMID (1979), ERNST et al. (1979), HERRMANN (1964), KELLER (1982), KEMPER (1984), KÖLBEL (1944), KOLBE (1954, 1966a, 1975, 1976), KÜHNE (1932), LOOK (1985), SCHMID (1965), SCHULZ et al. (1984), WOLDSTEDT (1932a, 1932b; 1933).

- EU 63.3, EU 178, EU 232, EU 370.

Die Oberkreide wird üblicherweise in Cenoman, Turon, Coniac, Santon, Campan und Maastricht gegliedert. Das in der Literatur teils in die Kreide, teils in das Tertiär gestellte Dan fehlt im Modellgebiet. Im Bereich des Modellgebietes Konrad sind Schichten der Oberkreide infolge der Entwicklung der Salzstöcke und deren Randsenken sowie späterer Hebungs- und Abtragungsvorgänge nur begrenzt und lückenhaft verbreitet und entsprechend unterschiedlich mächtig. Soweit die Schichten erhalten sind, weisen sie jeweils meist eine relativ gleichartige Ausbildung auf. Deshalb wurden aus praktischen Gründen in unseren Plänen und Schnitten das vorwiegend kalkig ausgebildete Cenoman und Turon als "Oberkreide" und das vorwiegend mergelig bis kalkig ausgebildete Coniac, Santon, Campan und Maastricht als "Emscher" zusammengefaßt (Anmerkung: Nach der früher üblichen Stratigraphie umfaßte "Emscher" die Schichten vom Coniac bis in das Mittelsanton). Das Maastricht wurde im Modellgebiet nur in einer einzigen Bohrung mit 8 m Mächtigkeit angetroffen.

Vorkommen von Cenoman und Turon ("Oberkreide") sind im Modellgebiet auf dessen Südhälfte beschränkt, und zwar vom Raum Broitzem-Denstorf nach Süden. Sie finden sich zwischen den Flanken des

Salzgitter-Höhenzuges und der Salzstöcke Flachstökheim, Thiede und Broistedt sowie nördlich des Salzstockes Broistedt, westlich des Salzstockes Vechelde und teilweise über dem Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Broistedt und Vechelde. Sie fehlen im Zentralteil des Salzgitter-Höhenzuges sowie auf den Salzstöcken Flachstökheim, Broistedt, Vechelde und Thiede und in der Umgebung des letztgenannten Salzstockes sowie in der gesamten Nordhälfte des Modellgebietes.

Die Basis dieser Schichten erreicht zwischen dem Salzgitter-Höhenzug und dem Salzstock Flachstökheim sowie östlich dieses Salzstockes bis etwa 500 m unter NN, südlich vom Salzstock Broistedt etwa 700-900 m unter NN und nördlich dieses Salzstockes bis über 300 m unter NN. Im Bereich des geplanten Endlagers liegt sie etwa zwischen 100 m und über 200 m unter NN und nordöstlich davon bis über 300 m unter NN; nach Westen geht sie vor den Salzstöcken Broistedt und Vechelde, nach Osten vor dem Salzstock Thiede und nach Norden im Raum Denstorf unter geringmächtigen Quartär-Schichten aus.

Vorkommen von Coniac, Santon und Campan ("Emscher") fehlen im Bereich des geplanten Endlagers und sind auch sonst im Modellgebiet nur in begrenztem Umfang nachgewiesen, reichen aber innerhalb des Modellgebietes deutlich weiter nach Norden als Cenoman- und Turon-Vorkommen. Das bedeutendste Vorkommen von "Emscher"-Schichten im Modellgebiet liegt südlich des Bereiches des geplanten Endlagers zwischen den Flanken des Salzstockes Broistedt und des Salzgitter-Höhenzuges (Raum Watenstedt-Hallendorf-Salder-Gebhardshagen) sowie östlich des Salzgitter-Höhenzuges und rund um den Salzstock Flachstökheim (Raum Beinum-Flachstökheim und Groß Mahner-Ohlendorf-Klein Flöthe-Werlaburgdorf). Die Schichten fehlen im Zentralteil des Salzgitter-Höhenzuges und über den Salzstöcken Flachstökheim, Thiede und Broistedt, finden sich aber in einem schmalen Streifen nördlich des letztgenannten Salzstockes.

Nördlich bis nordöstlich des geplanten Endlagers treten diese Schichten in einem in West-Ost-Richtung 3-5 km breiten Gebietsstreifen von Sauingen-Beddingen im Süden (westlich des Salzstockes

Thiede) über Broitzem, Braunschweig und Rühme bis nach Vordorf im Norden auf. Ferner sind derartige Schichten westlich der Störung zwischen den Salzstöcken Rolfsbüttel und Gifhorn bei Hillerse in einem etwa 1 km breiten und 5 km langen Gebietsstreifen innerhalb des Modellgebietes bekannt.

Nach Bohrunterlagen umfassen die "Emscher"-Vorkommen im Modellgebiet südlich des geplanten Endlagers Coniac- und Santon-Schichten, nördlich des geplanten Endlagers bei Broitzem, Rühme und Vordorf überwiegend Santon- und bei Hillerse ausschließlich Campan-Schichten. Jedoch weisen Tagesaufschlüsse besonders in der Umgebung des Modellgebietes jeweils auf eine deutlich weitere Verbreitung von Santon und Campan hin (Einzelangaben s.u.).

Die Basis dieser Schichten erreicht zwischen dem Salzgitter-Höhenzug und dem Salzstock Flachstökheim sowie östlich dieses Salzstockes bis maximal etwa 300 m unter NN, südlich vom Salzstock Broistedt bis etwa 400-500 m unter NN und nordöstlich des geplanten Endlagers etwa das NN-Niveau bis 100 m unter NN. Östlich der Struktur Rühme-Vordorf sinkt die Basis dieser Schichten bis über 300 m unter NN ab, und bei Hillerse, westlich der Störung zwischen den Salzstöcken Rolfsbüttel und Gifhorn, findet sie sich etwa um 100 m unter NN.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) wurden in Bohrungen die "Oberkreide"-Schichten und die "Emscher"-Schichten angetroffen. Ein Teil dieser Bohrungen ist vom Antragsteller revidiert worden (EU 232). "Oberkreide"-Schichten (=Cenoman und Turon) sind auch in den beiden Konrad-Schächten durchörtert, in den sonstigen Bauen der Grube Konrad aber nicht aufgeschlossen. Unter- und übertägige Aufschlüsse gab es im ehemaligen Eisenerzrevier am Salzgitter-Höhenzug und am Salzstock Flachstökheim, z.B. im ehemaligen Tagebau Haverlahwiese (Cenoman) und in den früheren Schächten Gustedt, Anna, Georg, Johannes, Ohlendorf (jeweils "Oberkreide" und "Emscher"), Hannoversche Treue II und III und Worthlah (jeweils nur "Oberkreide").

"Oberkreide"-Tagesaufschlüsse gibt bzw. gab es am Lichtenberger und Salzgitter-Höhenzug (z.B. Baddeckenstedt, Salder), am Oderwald (z.B. Klein Flöthe, Cramme, Ohrum), bei Söhlde, Woltwiesche, Drütte, Wolfenbüttel und südlich Broitzem. Unmittelbar nördlich und westlich der Schachanlage Konrad gehen "Oberkreide"-Schichten (Cenoman und Turon) unter geringmächtigen Quartär-Schichten aus.

"Emscher"-Tagesaufschlüsse gibt bzw. gab es bei Salder (Coniac), Lobmactersen (Santon), Lengede und Vallstedt (Santon), Veltenhof-Wenden und Querum (Santon), Klein und Groß Biewende bei Wolfenbüttel (Campan), am Weinberg westlich Braunschweig und nördlich Broitzem (Campan), bei Oberg, Meerdorf und Vordorf (Campan). Campan-Schichten gehen im Raum Rethen-Vordorf-Meine relativ großflächig direkt zu Tage bzw. unter geringmächtigen Quartär-Schichten aus.

In der Bohrung Konrad 101 und in den beiden Konrad-Schächten transgredieren Unterocenoman auf Oberalb und Unterturon auf Oberocenoman. In diesen Aufschlüssen sowie im Lichtenberger und nördlichen Salzgitter-Höhenzug beginnt das Untercenoman mit geringmächtigen, dunklen, teilweise Phosphoritknollen- und Glaukonit-führenden Tonsteinen ("Ultimus-Ton"), die von Tonmergel- und Kalkmergelsteinen überlagert werden. Das Mittelcenoman besteht im unteren Teil aus grauen Mergelsteinen mit Kalkknollen, sonst aus meist weißen bankigen Kalkmergel- und Kalksteinen, und das Obercenoman besteht ebenfalls aus gebankten weißen Kalksteinen ("Weißpläner", "Rhotomagense-Pläner"; EU 370).

Die Cenoman-Mächtigkeit beträgt hier etwa 60 m bis knapp 100 m, wovon etwa 15-30 m auf den "Weißpläner" entfallen (HERRMANN 1964, KOLBE 1975). In der Bohrung Konrad 101 ist das Cenoman 86 m mächtig; davon sind 43 m Unterocenoman, 22 m Mittelcenoman und 21 m Obercenoman (EU 63.3).

Das Unterturon besteht in den vorgenannten Aufschlüssen aus einer Wechsellagerung von meist graubraunen und rotbraunen, im oberen Teil auch grauen Kalksteinbänken mit rotbraunen und braunen Tonstein- und Tonmergelsteinlagen ("Rotpläner", "Labiatus-Pläner").

In der Bohrung Konrad 101 fanden sich an der Unterturon-Basis eine Aufarbeitungslage und ein breccienartiger Aufarbeitungshorizont sowie die sogenannte "Plenus-Bank", eine dort 60 cm mächtige, hellgraue, rotbraun imprägnierte Kalksteinbank. Die "Plenus-Zone" wird in der Literatur teils in das Unterturon, teils in das Obercenoman gestellt.

Das Mittelturon ist aus einer Wechsellagerung von im unteren Teil rötlichen, sonst hellgrauen bis weißen Kalksteinbänken mit im unteren Teil rotbraunen und grüngrauen, sonst grauen Tonstein- und Tonmergelsteinlagen aufgebaut ("Weißpläner", "Lamarcki-Pläner"). Auch im Oberturon kommen noch "Weißpläner", aber auch graue Tonmergel- und Kalkmergelsteine vor. In der Bohrung Konrad 101 fanden sich im Oberturon einige dünne Tufflagen (EU 370).

Die Turon-Mächtigkeit beträgt in den vorgenannten Aufschlüssen etwa 160 m bis über 200 m, wovon etwa 12-30 m auf den "Rotpläner" und über 100 m auf den "Weißpläner" entfallen (HERRMANN 1964, KOLBE 1975). In der Bohrung Konrad 101 ist das Turon 154 m mächtig; davon sind 32 m Unterturon, 71 m Mittelturon und 51 m Oberturon. Letzteres ist unter Quartär gekappt (EU 63.3).

Die Plänerkalke des Cenoman und Turon wurden von uns aufgrund ihres ähnlichen tektonischen Verhaltens und somit vergleichbaren hydraulischen Eigenschaften mit dem Flammenmergel des Oberalb (s. vorhergehenden Abschn.) zu einer hydrogeologischen Einheit zusammengefaßt (s. Kap. 3.2.2.2 und 3.2.3.1.2).

Im Kalksteinbruch Salder, etwa 7 km südwestlich der Grube Konrad, liegt auf dem Oberturon eine diesem lithologisch sehr ähnliche, rund 50 m mächtige Wechsellagerung von Tonmergel- mit Kalkmergelsteinlagen. Diese Folge ("Rotundatus-", "Erectus-" und "Deformis-Zone") gehört nach älterer Auffassung mit in das Oberturon, nach Angaben in der jüngsten Literatur jedoch in das untere Coniac. Über dieser Folge liegen mindestens 40 m graugrüne Mergelsteine, die dem mittleren Coniac ("Koeneni-Zone") zugeordnet werden. Nördlich des Steinbruches folgen Mergelsteine des Coniac und Santon (BRÄUTIGAM 1962, ERNST & SCHMID 1979, DAHMER et al. 1986).

In den Aufschlüssen bei Lobmachtersen, Querum und Veltenhof-Wenden standen graue Tonmergelsteine des mittleren Santon an, die teilweise Feinsand und Glaukonit führen. Bei Veltenhof liegen diese Schichten mit einem glaukonitischen, kleine Gerölle führenden, sandig-mergeligen Transgressionshorizont auf Alb. Im ehemaligen Eisenerzrevier Lengede-Vallstedt folgen über Turon-Plänern und einer größeren Schichtlücke bis 8 m Mergelsteine des obersten Coniac bis untersten Santon, bis 6 m toniges Brauneisentrümmererz ("Tonerz") des unteren Santon, bis 5 m kalkiges Brauneisentrümmererz ("Kalkerz") des unteren Mittelsanton und bis 80 m teilweise glaukonitische Mergelsteine des oberen Mittelsanton und des oberen Santon.

In den Aufschlüssen am Weinberg westlich Braunschweig und nördlich Broitzem standen Wechselfolgen von festeren, meist stark glaukonitischen Tonmergelsteinen und weicheren Tonmergelsteinen sowie feinsandige Tonmergelsteine mit wechselndem Glaukonitgehalt des unteren Unter campan an. Bei Biewende südöstlich Wolfenbüttel, bei Oberg und bei Vordorf fanden sich teilweise etwas glaukonitische, tonige Kalksteine und teils helle, bankige Kalkmergelsteine des oberen Unter campan. Bei Meerdorf waren schließlich tonige Kalksteine und Mergelsteine des unteren Ober campan aufgeschlossen (ERNST 1968). In Bohrungen westlich von Vollbüttel liegen weißgraue bis rein weiße, kreidige Kalkmergelsteine des Ober campan transgressiv auf Alb.

Westlich von Bortfeld fand man in einer Bohrung auf dem Salzstock Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel etwa 8 m hellgrau-/dunkelgrau-gebänderten kalkigen Schluff mit Brocken von olivgrünem feinsandigem Schluff, der als Obermaastricht mit aufgearbeiteten und umgelagerten Santon- und Obercampan-Anteilen eingestuft wurde. Dies ist der einzige Maastricht-Aufschluß im Modellgebiet Konrad.

In Bohrungen im Raum Beinum-Watenstedt östlich vom Salzgitter-Höhenzug beträgt die Oberkreide-Mächtigkeit knapp 600 m; davon entfallen 60-125 m auf Cenoman, 160-210 m auf Turon, 90-130 m auf Coniac und 170-240 m auf Santon; Campan fehlt dort. Im Raum Geb-

hardshagen-Salder nördlich vom Salzgitter-Höhenzug erreicht die Oberkreide-Mächtigkeit 600-800 m (scheinbare Mächtigkeit), wovon teilweise bis über 300 m auf Turon und 400 m auf Coniac + Santon entfallen. Am Salzstock Flachstökheim finden sich ähnliche Werte für die Oberkreide-Mächtigkeit (Cenoman bis Santon).

Im Raum Schachtanlage Konrad-Bleckenstedt-Sauingen-Üfingen wurden etwa 210-280 m Oberkreide erbohrt; davon entfallen 70-130 m auf Cenoman und 130 m bis knapp 200 m auf Turon; jüngere Oberkreide-Schichten ("Emscher") fehlen dort. Im Raum Hüttenberg-Üfingen-Sonnenberg beträgt die Oberkreide-Mächtigkeit knapp 150 m bis 180 m, wovon 75-115 m auf Cenoman und 40 m bis knapp 100 m auf Turon entfallen; jüngere Oberkreide-Schichten fehlen wiederum. Im Raum Sonnenberg-Gleidingen gibt es nur 80 m Cenoman und im Raum Densdorf nur 23 m Cenoman.

Bei Broitzem wurden bis etwa 300 m Oberkreide erbohrt, von denen bis 100 m auf Santon entfallen können und der Rest auf Cenoman und Turon. Jedoch fallen Santon und Turon teilweise aus; die Cenoman-Mächtigkeit erreicht dort maximal 150 m, die Turon-Mächtigkeit 200 m.

Im Bereich Rühme ist nur Santon erbohrt worden, und zwar etwa 40 m bis knapp 200 m. Eine Bohrung bei Vordorf durchörterte 65 m Santon. Schließlich haben einige Bohrungen westlich von Vollbüttel etwa 20 m bis fast 80 m Obercampan durchteuft.

Von der Oberkreide insgesamt sind neben den Mächtigkeitsschwankungen vor allem die lückenhafte Verbreitung der Oberkreide-Schichten im Modellgebiet wichtig, wobei sich die Verbreitungsgebiete der einzelnen Stufen teilweise auffällig voneinander unterscheiden. Im Deckgebirge der Schachtanlage Konrad selbst treten von der Oberkreide nur die Stufen Cenoman und Turon auf. Im Modellgebiet gibt es entgegen der Darstellung im Plan Konrad 4/90 neben Cenoman, Turon, Coniac und Santon lokal auch Campan, und aus einer einzigen Bohrung ist auch Obermaastricht bekannt geworden.

Somit haben unsere Prüfarbeiten hinsichtlich der Oberkreide eine Vervollständigung und Aktualisierung der Standortbeschreibung ergeben. Die dargelegten zusätzlichen Details sind in unsere Bewertungen eingegangen (s. Kap. 2.1.2.4).

Unsere Stellungnahme zum Tertiär beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- BETTENSTAEDT (1949), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), DORN (1957), FAHRION (1949, 1953), HARBORT (1911), HILTERMANN (1941), HINSCH (1963), NAUWALD & HUNSCHE (1975), PREUL (1968), SCHAD (1947, 1948), SPIEGLER (1986), VINKEN et al. (1988), WOLDSTEDT (1932a, 1932b; 1933), WOLFF (1940).

- EU 100, EU 232.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung (bis etwa 15 km) wurden in zahlreichen Bohrungen Schichten des Tertiär angetroffen, von denen nur einige vom Antragsteller revidiert worden sind (EU 232), die meist innerhalb des Modellgebietes liegen. Die relativ geringe Zahl revidierter Bohrungen hängt mit der nur sehr begrenzten Verbreitung von Tertiär-Schichten im Modellgebiet zusammen. Im Bereich der Schachanlage Konrad fehlt das Tertiär. Tagesaufschlüsse mit Schichten, die vermutlich dem Tertiär angehören, gibt bzw. gab es im Salzgitter-Höhenzug (DAHLGRÜN 1939a) und am Mittellandkanal nördlich Bortfeld (WOLDSTEDT 1932b). In letzterem Bereich fand man beim Kanalbau in Quartär-Schichten "schwimmende große Schollen" aus grauen und grünlichen Sanden und graublauen Tonen, die zum großen Teil mit einer asphaltartigen Masse erfüllt waren und dem unteren und mittleren Oligozän zugeordnet wurden. Sonst sind Tertiär-Schichten im Modellgebiet lediglich in Bohrungen angetroffen worden. Größere Tagesaufschlüsse von Tertiär gibt es vor allem östlich des Modellgebietes im Raum Königslutter-Helmstedt-Schöningen-Schöppenstedt.

Das Tertiär wird üblicherweise in Paläozän, Eozän, Oligozän, Miozän und Pliozän gegliedert. Im Modellgebiet sind Schichten des Paläozän, Eozän und Oligozän nachgewiesen; Schichten des Miozän werden vermutet, Schichten des Pliozän scheinen zu fehlen. Die Tertiär-Schichten finden sich im Modellgebiet meist in isolierten Einzelvorkommen auf bzw. an Salzstöcken. Jedoch berührt der nördlichste Teil des Modellgebietes den Bereich mit geschlossener Tertiär-Bedeckung, der sich von Gifhorn und Calberlah an nach Norden erstreckt (HINSCH 1963, VINKEN et al. 1988).

Am und über dem Salzstock Gifhorn findet sich an der Nordwestgrenze des Modellgebietes ein 8 km langer und 1-2 km breiter Gebietsstreifen mit geschlossener Tertiär-Bedeckung, in dem die Tertiär-Basis etwa bis 200 m unter NN reicht. Eine Bohrung durchörterte dort rund 35 m Ton- und Tonmergelsteine des Untereozän und etwa ebenso mächtige glaukonithaltige Tonsteine mit glaukonitischen Feinsandanteilen des Obereozän. Darüber transgredieren rund 45 m glaukonitische Tonsteine und Feinsande des Mitteloligozän, die von Quartär-Schichten überdeckt sind. Unteroligozän ist in dieser Bohrung nicht sicher belegt.

An der Nordostgrenze des Modellgebietes liegt an und über den Salzstöcken Calberlah und Weyhausen ein 1 km breiter und jeweils 3-4 km langer Gebietsstreifen mit Tertiär-Bedeckung, in dem die Tertiär-Basis bis über 100 m unter NN reicht. Dort wurde eine 25 m mächtige Wechsellagerung von Tonsteinen und glaukonitischen Feinsandsteinen des Untereozän 1 erbohrt, an deren Basis ein grobsandiger glaukonitischer Transgressionshorizont auftritt. Über dieser Wechsellagerung folgen wenige Meter glaukonitische, sandige Tonsteine des Untereozän 3 und Untereozän 2, die unter Quartär-Schichten gekappt sind. Im Untereozän 1 sollen Tufflagen vorkommen (FAHRION 1949, 1953).

In einigen Bohrungen westlich von Vollbüttel und nordöstlich vom Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel wurden unter Quartär-Schichten 20-70 m mächtige, graubraune und graugrünliche, tonige, z.T. kalkige, sehr feinkörnige Sandsteine ("Staubsandstein") erbohrt, die in einer Bohrung von 10 m Mergelstein überlagert waren. Diese

Schichten sollen dem Tertiär angehören, konnten aber nicht näher eingestuft werden. Eine Zuordnung zum Altquartär wäre auch denkbar.

Dem Tertiär zugerechnete, aber nicht näher eingestufte Ablagerungen gibt es ferner am Salzstock Bechtsbüttel, am Salzstock Flachstöckheim und im Salzgitter-Höhenzug (DAHLGRÜN 1939a) sowie am Lichtenberger Höhenzug (WOLDSTEDT 1933). Am Salzstock Flachstöckheim handelt es sich um unter Quartär-Schichten erbohrte geringmächtige dunkle Sande. Im Lichtenberger Höhenzug wurden bei Grasdorf unter Quartär-Schichten rund 25 m Braunkohlensande durchbohrt. Bei Salzgitter sind am Greif weiße Quarzsande in einem Bachanschnitt gefunden und vermutlich mitteloligozäner Septarienton erbohrt worden.

Auf dem Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel hat die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe im Jahre 1985 etwa 500 m südwestlich von Rolfsbüttel drei Bohrungen niedergebracht, die unter etwa 90 m Quartär-Schichten einen gelbbraunen, teilweise glaukonitischen Kalksandstein antrafen. Dieser wurde nicht durchteuft und konnte stratigraphisch dem Paläozän (Montium?) zugeordnet werden. Faziell wird er etwa dem von HILTERMANN (1941) vom Salzstock Ehra beschriebenen, küstennahen, litoralen Paläozän gleichgestellt (EU 100).

Die von HILTERMANN (1941) von den Salzstöcken Ehra und Nettgau nördlich des Modellgebietes beschriebenen Schichten mit Verzahnungen von küstennahen marinen (litoralen) sandigen Tonsteinen, Konglomeraten und phytogenen Kalksteinen mit terrestrischen Braunkohlentonen scheinen auch auf dem Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel westlich von Bortfeld vertreten zu sein. Dort fanden sich etwa 5-10 m dunkle bzw. braune, z.T. schluffig-sandige und kalkige Tone des Paläozän mit eingeschalteten dolomitischen Lagen und Kalksandsteinlagen sowie Kalksandsteinbrocken. Auf den Salzstöcken Ehra und Nettgau ist dieses litorale Paläozän bis 85 m mächtig (HILTERMANN 1941, FAHRION 1949, HINSCH 1963).

Auf dem Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel westlich von Bortfeld liegen über dem genannten Paläozän (Montium), das mikropaläontologisch belegt ist, etwa 20 m bis über 30 m mächtige, gelbe und graubraune, kalkige Sande und Sandsteine bzw. Kalksandsteine, unter denen lokal etwa 15 m mächtige graue und grünlichgraue kalkige Schluffe auftreten. Diese Schichten sollen dem Oligozän angehören. Darüber liegen etwa 8-15 m mächtige, helle bis weiße, kalkige Quarzsande und z.T. Quarzkiese und schließlich bis 12 m mächtige, teils kalkige und humose, teils braunkohlenhaltige Schluffe und Tone. Diese Schichten sollen dem Miozän angehören; sie sind unter Quartär-Schichten gekappt. Es wäre möglich, daß diese gesamte Folge im Sinne von HILTERMANN (1941) dem Paläozän zuzuordnen ist, doch ist eine Revision der Profile bisher nicht erfolgt.

In der Subrosionssenke über dem Salzstock Broistedt wurden Tertiär-Schichten erbohrt, die von Quartär-Schichten verdeckt sind und deren Basis bis unter 50 m unter NN reicht. Diese Schichten sollen nach einzelnen megapaläontologischen Befunden (Muscheln, Schnecken) dem Mitteleozän bis Unteroligozän (Lutet bis Latdorf) angehören und werden dementsprechend in die Grenzregion Eozän/Oligozän gestellt (PREUL 1968). Ausbildung und Mächtigkeit dieser Schichten sind in den einzelnen Bohrungen unterschiedlich. In einer Bohrung fanden sich 40 m graue und grünliche, unten kalkige Feinsande und Schluffe mit Muscheln- und Schnecken-führenden Kalksandsteingeröllen an der Basis; diese Folge wurde dem Oligozän zugeordnet. Eine andere Bohrung durchteufte 35 m Tone und glaukonitische tonige Feinsande mit Geröllen aus bituminösem Mergelstein.

Einige Bohrungen durchörterten etwa 80-120 m mächtige Folgen, die auch den oben genannten Tertiär-Stufen zugeordnet wurden, ohne daß dies immer im einzelnen belegt ist. So fanden sich in einer Bohrung über 15 m mächtigen Sanden an der Basis mehr als 80 m mächtige, teilweise glaukonitische Schluffe und Tone, in die einige, zusammen rund 20 m mächtige Kieslagen eingebettet sind. In einer weiteren Bohrung wurden an der Basis der Tertiär-Folge organogene Kalksteine mit Muscheln und Turmschnecken gefunden, die auf Unteroligozän (Latdorf) deuten.

Ein anderes, benachbartes Bohrloch zeigte von unten nach oben diese Abfolge: 26 m brauner Schluff mit Feinsandlagen, 3 m Ton, 5 m bunter Kies, 12 m grüngrauer Ton, 8 m bunter Kies, 25 m Schluff mit Glaukonit und Kiesanteilen und 6 m glaukonitischer, kalkiger Ton mit hellen Feinsandlagen. Schließlich ist noch folgendes Profil von Interesse (von unten nach oben): 11 m grüngrauer Ton mit dolomitischen Kalksteinlagen, 43 m grüngrauer glaukonitischer Feinsand mit einzelnen konglomeratischen Lagen bis 2 m Mächtigkeit, 8 m z.T. kalkiger, glaukonitischer Grünsand, 15 m toniger, unten mergeliger, glaukonitischer Feinsand, 3 m dunkler humoser Ton. Eine Revision dieser Profile ist bisher nicht erfolgt.

Westlich und südwestlich von Rolfsbüttel wurde nahe der Westflanke des Salzstockes Wendeburg-Rolfsbüttel nach Literaturangaben in zwei Bohrungen in 160-233 m bzw. 200,25-220,5 m Tiefe ein Basaltgang (Alkalibasalt, Limburgit) angetroffen, und zwar im Gips- bzw. Anhydritstein und an der Grenze zwischen Gipsstein und Steinsalz dieses Salzstockes. Dieser Gang soll NW-SE und damit diagonal zum etwa N-S-verlaufenden Salzstockrand streichen. Er soll das nördlichste Basaltvorkommen in Deutschland sein und soll nach Analogieschlüssen und Vergleichen mit den mitteldeutschen Basalten etwa miozänes Alter haben (HARBORT 1911, WOLDSTEDT 1932b, DORN 1957).

Magnetische Messungen in diesem Bereich ergaben einen N-S-verlaufenden Störkörper, der nach Modellrechnungen einem Hauptgang in Form einer senkrecht stehenden Mauer von etwa 40 m Dicke (= Breite) und einer mittleren maximalen Tiefenlage von 55 m entspräche. Westlich davon würde parallel dazu in etwa 140 m Abstand ein kleinerer Störkörper als schmalere, senkrechte Mauer verlaufen (WOLFF 1940, NAUWALD & HUNSCHE 1975).

Zusätzliche elektromagnetische Messungen (EM) ergaben dort eine N-S-streichende, steilstehende Struktur, die als Verwerfung interpretiert wurde. Die EM-Daten weisen auf tonige Deckschichten mit niedrigen elektrischen Widerständen sowie auf nur etwa 70 m Eindringtiefe der Messungen hin. Anzeichen für den Basalt wurden nicht entdeckt. Dies ist auf eine Tiefe der Basaltoberkante von

mehr als 70 m zurückgeführt worden, doch soll diese Oberkante nach den magnetischen Messungen zwischen 35 m und 70 m, im Mittel bei 55 m, liegen (EU 100).

Wie oben erwähnt, hat die BGR in diesem Bereich auf dem Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel drei Bohrungen niedergebracht, die unter etwa 90 m mächtigen Quartär-Schichten paläozänen glaukonitischen Kalksandstein antrafen und in diesem eingestellt wurden. Basalt wurde nicht erbohrt. Die Endteufen der Bohrungen betragen 91 m, 94 m und 93,5 m unter Gelände.

Als Ergebnis ist festzuhalten, daß das Vorhandensein des in der Literatur beschriebenen, angeblich miozänen Basaltes von Rolfsbüttel durch die geophysikalischen Messungen und die drei BGR-Bohrungen weder bestätigt noch hinreichend widerlegt worden ist. Im Hinblick auf die Seismologie (Bemessungserdbeben) und auf die geologische Langzeitprognose des Standortes Konrad (s. Kap. 2.2.1.2 und 2.3.4) gehen aber sowohl der Antragsteller als auch die Gutachter aus Konservativitätsgründen von der Existenz dieses Basaltes aus.

Insgesamt hat sich der Antragsteller im Plan Konrad 4/90 auf kurze Angaben über das Tertiär auf dem Salzstock Broistedt beschränkt. In Ergänzung dazu weisen wir auf weitere Tertiär-Vorkommen im Modellgebiet, insbesondere an und über den Salzstöcken Wendeburg-Rolfsbüttel, Calberlah und Gifhorn, hin. Im Modellgebiet ist ferner neben dem im Plan erwähnten Oligozän auch Eozän und Paläozän nachgewiesen; Miozän wird vermutet.

Somit haben unsere Prüfarbeiten hinsichtlich des Tertiär eine Vervollständigung und Aktualisierung der Standortbeschreibung ergeben. Die dargelegten zusätzlichen Details sind in unsere Bewertungen eingegangen (s. Kap. 2.1.2.4).

Unsere Stellungnahme zum Quartär beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- BOMBIEN (1987), BUSCH (1983), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), DENGLER (1970), DUPHORN (1972), KALTWANG (1992), KÜHNE (1932), LÜTTIG (1954, 1969), PREUL (1965, 1968, 1985), WOLDSTEDT (1932a, 1932b; 1933), WOLDSTEDT & DUPHORN (1974).

- EU 100.

Schichten des Quartär sind nahezu im gesamten Modellgebiet Konrad verbreitet; davon ausgenommen sind im wesentlichen nur Teile des Salzgitter-Höhenzuges im Südwesten des Modellgebietes. Die Schichten gehen generell zu Tage aus und sind in zahlreichen Flach- und Tiefbohrungen durchörtert worden. Großflächige Aufschlüsse sind durch die Gewinnung quartärer Sande und Kiessande im Tagebau entstanden, besonders bei Barum, Drütte und Thiede, ferner entlang des Salzgitter-Stichkanals zwischen Beddingen und Wendeburg bei Üfingen, Groß Gleidingen, Wedtlenstedt, Bortfeld und Rüper sowie entlang des Mittellandkanals zwischen Bienrode und Wasbüttel bei Bechtsbüttel und Abbesbüttel.

Die Basis der Quartär-Schichten liegt in der Südhälfte des Modellgebietes Konrad meist etwa zwischen 50 m und 100 m über NN, am Salzgitter-Höhenzug bis über 150 m über NN; an und über den Salzstöcken Broistedt und Thiede reicht sie teilweise deutlich bis unter das NN-Niveau. In der Nordhälfte des Modellgebietes findet sich die Quartär-Basis meist etwa zwischen NN und 50 m über NN, lokal zwischen 50 m und 70 m über NN; über dem Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel reicht sie teilweise bis etwa 50 m unter NN. Die größere Tiefenlage der Quartär-Basis über den Salzstöcken geht mit größeren Mächtigkeiten der Quartär-Schichten einher, was wie beim Tertiär mit Subrosionsvorgängen zusammenhängt.

Die Mächtigkeit der Quartär-Schichten beträgt in der Südhälfte des Modellgebietes Konrad unter 10 m bis etwa 30 m, südlich und östlich bis nordöstlich der Schachanlage Konrad sowie an und über den Salzstöcken Flachstockheim und Vechelde stellenweise bis etwa 50 m oder mehr und an bzw. über den Salzstöcken Broistedt und

Thiede lokal bis um 100 m. In der Nordhälfte des Modellgebietes sind die Quartär-Schichten unter 10 m bis um 50 m mächtig, über den Salzstöcken Bechtsbüttel und Wendeburg-Rolfsbüttel aber teilweise 50-100 m oder mehr. Auf topographischen Erhebungen, wie z.B. dem Salzgitter-Höhenzug, sind die Quartär-Schichten in der Regel geringmächtig oder fehlen. In Subrosionssenken über Salzstöcken sowie in Flußtälern, wie z.B. in den Talrinnen von Aue und Oker, sind sie dagegen z.T. bemerkenswert mächtig (s.u.). Dies gilt auch für die vereinzelt auftretenden subglazialen Rinnen (z.B. am Schacht Konrad 2), die vom heutigen Gewässernetz teilweise "nachgezeichnet" werden.

Das Quartär wird in Pleistozän und Holozän gegliedert. Im Modellgebiet treten holozäne Sedimente hinsichtlich ihrer Mächtigkeit gegenüber den pleistozänen Ablagerungen an Bedeutung zurück. Das Pleistozän beginnt im Modellgebiet zumindest stellenweise mit nicht näher eingestuften altquartären, "präelsterzeitlichen" ("präglazialen"), geringmächtigen Kiessanden. Darüber folgen Ablagerungen der Elster- und Saale-Kaltzeiten, der Eem-Warmzeit und der Weichsel-Kaltzeit. Sedimente der Holstein-Warmzeit, die zwischen denen der Elster- und Saale-Kaltzeiten zu erwarten wären, sind im Modellgebiet bisher nicht nachgewiesen worden (DUPHORN 1972; PREUL 1965, 1968). Das nordische Inlandeis hat das Modellgebiet, aus nördlicher bis nordöstlicher Richtung kommend, zweimal erreicht und bedeckt, nämlich in der Elster- und in der Saale-Kaltzeit, und es ist nach Süden mindestens bis in den Raum Salzgitter, nach KALTWANG (1992) in den beiden Kaltzeiten bis an den nördlichen Harzrand vorgestoßen. In der Weichsel-Kaltzeit hat es unseren Raum nicht erreicht; deshalb gibt es aus dieser Kaltzeit im Modellgebiet keine glazialen, sondern lediglich periglaziale Bildungen.

Die Sedimentation einer Kaltzeit ("Eiszeit") beginnt im allgemeinen mit der Aufschüttung von Flußterrassen (Schotter, Kies, Sand). Darüber folgen vor dem vorrückenden bzw. stillstehenden Inlandeis teils Windablagerungen (z.B. Flugsand und Löß), teils Stausee- (z.B. Beckentone und -schluffe) und/oder Schmelzwasserablagerungen (z.B. Kiese und Sande) sowie die Bildung von Fließerden. Das In-

landeis hinterläßt nach dem Abschmelzen hauptsächlich Grundmoränen (Geschiebemergel) sowie End- und Stauchmoränen. Vor dem sich zurückziehenden, abschmelzenden Inlandeis bilden sich dann erneut Schmelzwasser-, Stausee- und Windablagerungen sowie Fließerden; und schließlich folgen warmzeitliche Sedimente (z.B. humose Sande, Faulschlamm, Torf, Seekreide), bis der Zyklus von neuem mit fluviatilen Schotterterrassen und vorrückendem Inlandeis beginnt.

Infolge der Eigenarten und Besonderheiten eiszeitlicher Sedimentation und Erosion kommen meist nur an wenigen Stellen alle Schichtglieder eines solchen Zyklus oder mehrerer Zyklen geschlossen, vollständig und übereinander vor. In den Flußtälern überwiegen oft die Ablagerungen von Gewässern (fluviatile Terrassenablagerungen, limnische Beckentone und -schluffe), während in den höheren Lagen bzw. in den Gebieten zwischen den Flußtälern zwar Terrassenschotter und Schmelzwassersande auftreten, aber Ablagerungen des Eises (Grund- und Endmoränen) und des Windes (Löß, Sandlöß) sowie Fließerden oft dominieren. Somit zeigen die Quartär-Schichten oft Mächtigkeits- und rasche laterale und vertikale Fazieswechsel. In einzelnen isolierten Quartär-Aufschlüssen, z.B. von Schmelzwasserablagerungen, sind eindeutige Altersbestimmungen bzw. Einstufungen oft nicht durchführbar. Dies hängt ebenso wie die ungleichmäßige Verbreitung und die häufigen Mächtigkeits- und Fazieswechsel der Quartär-Schichten mit den Eigenarten und Besonderheiten kalt- wie warmzeitlicher Sedimentation und Erosion zusammen.

Über dem Salzstock Broistedt fand PREUL (1968) folgende Quartär-Schichten (von unten nach oben): Geringmächtige, altquartäre, z.T. sandige oder tonige Schluffe mit Kieslagen; 8 m elsterzeitliche Kiese (Oberterrasse), 8 m elsterzeitliche schluffige, z.t. kiesige Sande (Schmelzwasserablagerung ?), 12 m Elster-Geschiebemergel (Grundmoräne); 2 m elster-/saalezeitliche Schluffe und Tone (Stauseeablagerung ?); 10 m saalezeitliche Kiese (Mittelterrasse), 2 m Saale- (Drenthe-) Geschiebemergel (Grundmoräne); 5 m weichselzeitliche Kiese mit Schluff- und Torflagen (Niederterrasse), 2 m

weichselzeitlicher sandiger Schluff (Schwemmlöß = umgelagerter Löß); darüber folgen geringmächtiger holozäner Schwemmlöß, Torf und Auelehm.

Für das Auetal zwischen Sophienthal und Bortfeld-Wendezelle gab PREUL (1965) über dem Salzstockbereich Vechelde-Wendeburg folgendes Quartär-Profil an (von unten nach oben): 10-12 m, maximal bis 28 m elsterzeitliche fluviatile Kiessande mit Geröllen meist einheimischen Ursprungs (Oberterrasse), 8 m bis maximal 30 m Elster-Geschiebemergel, 8-28 m saalezeitliche fluviatile Kiessande mit Geröllen einheimischen und nordischen Ursprungs (Mittelterrasse), 5-25 m saalezeitlicher "Beckenschluff" ("Bänderton" = tonig-schluffige und schluffig-feinsandige Lagen in feinschichtigem Wechsel). Der Beckenschluff wird seitlich im Westen und Osten des Auetales von maximal 10 m Saale- (Drenthe-) Geschiebemergel unterlagert, der dort direkt auf der Mittelterrasse liegt. Im Auetal folgen dann geringmächtige humose Schluffe, Torf und Seekreide der Eem-Warmzeit, darüber bis 8 m weichselzeitliche fluviatile Kiessande und Feinsande (Niederterrasse) mit humosen Schluffen und Torf nahe ihrer Basis (Weichsel-Interstadial) sowie schließlich bis über 5 m holozäner Auelehm und teilweise Niedermoortorf.

Im Bereich Völkenrode-Watenbüttel zwischen Aue- und Okertal liegen über mesozoischen Schichten lokal um 5 m Elster-Geschiebemergel. Es folgen 5-20 m saalezeitliche Mittelterrasse und teilweise bis etwa 15 m Saale- (Drenthe-) Geschiebemergel. Westlich des Auetales, zwischen Wendeburg und Meerdorf, gibt es saalezeitliche (Drenthe) Endmoränen-Bildungen (vorwiegend nordischer Kies; PREUL 1965).

Im Okertal bei Veltenhof liegen nach PREUL (1965) über mesozoischen Schichten bis 30 m saalezeitliche Mittelterrasse einschließlich 4-5 m saalezeitlichem Beckenschluff in ihrem unteren Drittel. Darüber folgen lokal wie im Auetal und am Mittellandkanal bei Zweidorf geringmächtige (2 m) humose Schluffe, Torf und Seekreide der Eem-Warmzeit. Es schließen sich bis 12 m weichselzeitliche Niederterrassen-Ablagerungen und um 5 m holozäner Auelehm (umgela-

gerter Löß etc.) an. Zwischen Veltenhof und Rühme gibt es holozäne Flugsande und Binnendünen, deren Mächtigkeit 5-10 m erreicht.

Im Südteil des Modellgebietes ist vielfach weichselzeitlicher Löß verbreitet, ein dort maximal etwa 4-5 m mächtiges äolisches Sediment aus hellgelbem kalkhaltigem Schluff, dessen obere 1,5 m durch Verwitterung entkalkt und in Lößlehm übergegangen sind. Nach Norden ist der Löß im Modellgebiet etwa bis zu einer Linie verbreitet, die westöstlich durch Braunschweig und Umgebung verläuft. Nördlich dieser Linie findet man bis zu 1 m "Sandlöß" (äolischer, feinsandiger Schluff).

Im Raum Gifhorn kommen nach DUPHORN (1972) wie im Bereich Braunschweig-Salzgitter Elster- und Saale- (Drenthe-) Geschiebemergel vor, die am Geestrand nördlich der Aller-Niederung zusammen 30-50 m mächtig sein sollen. Darüber liegen dort 10-20 m saalezeitliche Schmelzwasserablagerungen (Sande und Kiese), die nach Süden bis zur Aller-Niederung reichen. Es folgt ein zweiter, 1-2 m, maximal 5 m mächtiger Saale- (Drenthe-) Geschiebemergel, der stellenweise auch noch südlich der Aller-Niederung kartiert worden ist. Am Wohlenberg zwischen Leiferde und Meinersen findet sich eine saalezeitliche Stauchmoräne.

Aus der Weichsel-Kaltzeit gibt es im Gifhorner Raum in der Ise- und Aller-Niederung um 20 m mächtige "Talsande" (Niederterrasse), ferner den oben genannten Sandlöß sowie bis etwa 3 m mächtige Fließerden und, überleitend in das Holozän, 6-10 m Flugsand und Dünen. Im Holozän bildeten sich dort schließlich Auelehm und örtlich bis 5 m Torf.

Für den engeren Bereich der Grube Konrad und Umgebung gab BUSCH (1983) als älteste erhaltene Quartär-Ablagerungen bei Cramme und Leinde vorkommende elster- bzw. saalezeitliche Beckenschluffe und -tone an. Der größte Teil der Quartär-Schichten besteht dort aus wahrscheinlich saalezeitlichen Ablagerungen (Drenthe), die durch relativ starke Fazies- und Mächtigkeitswechsel (einige Meter bis über 100 m) gekennzeichnet sind. Es handelt sich um unregelmäßig verbreiteten Drenthe-Geschiebelehm und unterschiedlich ausgebilde-

te und mächtige drenthezeitliche glazifluviatile Kiese und Sande (Schmelzwassersande), die sich mit fluviatilen Kiesen und Sanden der Mittelterrasse "verzahnen". Weichselzeitliche Niederterrassen-Ablagerungen gibt es bei Thiede und Broitzem. Weichselzeitlicher Lößlehm überdeckt nahe der Grube Konrad teils Oberkreide-Kalke, teils Drenthe-Geschiebelehm und -Glazifluviatil bzw. Mittelterrasse. Holozänen Auelehm gibt es im Fuhsetal (Raum Barum-Heerte-Salder), im Auetal und im Dummen Bruch. Holozäner Torf kommt vor allem im Dummen Bruch vor.

Zusammenfassend ergab unsere Prüfung, daß die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Quartär für die Bewertung des Vorhabens ausreichen und daß wir aufgrund unserer Begutachtung die darin dargelegten Befunde bestätigen.

#### 2.1.2.4 Bewertung zur Stratigraphie

Im Kapitel Stratigraphie wird die räumliche Verteilung und die zeitliche Aufeinanderfolge der geologischen Schichten und Formationen sowie deren Gesteinsbestand (Lithostratigraphie), Fossilinhalt (Biostratigraphie) und altersmäßige Zuordnung behandelt. Stratigraphie und Tektonik (s. Kap. 2.1.4) bilden zusammen die Grundlage für die geowissenschaftliche Untersuchung und Bewertung des Endlagervorhabens in der Grube Konrad. Nur auf ihrer Basis kann man die natürliche Abschirmung des geplanten Endlagers gegen die Biosphäre, d.h. insbesondere gegenüber oberflächennahen Grundwasserleitern, ermitteln und aufzeigen sowie ausreichende Vorgaben zum hydrogeologischen Bau und damit zur Berechnung von Grundwassermodellen und zur Langzeitsicherheit machen.

Für die Prüfung und für die Bewertung der Angaben des Antragstellers zur Stratigraphie stand uns eine ausreichende Datenbasis zur Verfügung (s. Kap. 1.2). Hierzu gehören vom Antragsteller neben dem Plan Konrad 4/90 die diesem zugeordneten, teilweise aufgrund von Nachforderungen der Gutachter der Genehmigungsbehörde erarbei-

teten und in das Verfahren eingebrachten Erläuternden Unterlagen (EU) sowie ferner Literaturangaben, auf die der Antragsteller verweist.

Über die vom Antragsteller vorgelegten Daten hinausgehend liegen uns, als Ergänzung dazu, weitere Literaturangaben und geowissenschaftliche Fachberichte sowie die Ergebnisse eigener Stichprobenuntersuchungen von Gesteinen und eigener Auswertungen von geophysikalischen Bohrlochdiagrammen und von reflexionsseismischen Messungen aus dem Modellgebiet Konrad vor. Aus dem über 600 km<sup>2</sup> großen Modellgebiet stehen uns aus unserem Archiv die Unterlagen von 472 Tiefbohrungen mit jeweils über 100 m Teufe sowie 44 Seismikprofile mit insgesamt rund 380 km Länge als Datenbasis für unsere Prüfung und Bewertung zur Verfügung (s. Kap. 1.2). Von den 472 Tiefbohrungen wurden auf unsere Veranlassung vom Antragsteller 256 Bohrungen mittels Mikrofaunen und Logkorrelationen modern überarbeitet.

Für die geologische Bewertung und für die hydrogeologischen Betrachtungen der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers sind die Barriere-Schichten der Unterkreide (Hauterive, Barrême, Apt, Alb) im Hangenden der Einlagerungsschichten (Oxford) von herausragender Bedeutung. Ihre Verbreitung, Mächtigkeit, Gliederung und Ausbildung sind aufgrund der vorliegenden Daten ausreichend bekannt und im Kapitel 2.1.2.3.2 im einzelnen beschrieben. Angaben zur Sedimentpetrographie, zu den tektonischen Lagerungsverhältnissen und zur geologischen Bewertung dieser Barriere-Schichten werden in den Kapiteln 2.1.3.2, 2.1.4.2.2, 2.1.4.3.2 und 2.4.1.2 gemacht.

Im Verlauf unserer Prüfarbeiten haben wir gegenüber der Darstellung des Antragstellers in unseren Stellungnahmen zu den verschiedenen stratigraphischen Einheiten einige Ergänzungen im Detail sowie Verbesserungen bzw. Aktualisierungen in einzelnen Punkten vorgenommen. Dies gilt vor allem für den Mittleren Buntsandstein, für das Tithon, für die Oberkreide, für das Tertiär und untergeordnet für den Mittleren Muschelkalk. Diese von uns erarbeiteten zusätzlichen Details dienten dazu, die Antragstellerangaben genauer und

besser zu überprüfen, und sie ermöglichten in einzelnen Punkten eine im Detail erweiterte stratigraphische Standortbeschreibung. Sie gaben jedoch keine Veranlassung zu Nachforderungen an den Antragsteller.

Unsere Prüfung ergab, daß der Antragsteller zur Stratigraphie in den wesentlichen Punkten bezüglich Ausbildung, Mächtigkeit und Verbreitung der verschiedenen Schichten und Formationen im Standortbereich und Modellgebiet Konrad nach dem Stand der Wissenschaft ermittelte Unterlagen vorgelegt hat. Diese Unterlagen bilden eine ausreichende Grundlage für die geologische und hydrogeologische Bewertung des Endlagervorhabens in der Grube Konrad.

### 2.1.3 Petrographie, Mineralogie und Geochemie ( [REDACTED] )

Gesteine stellen natürliche Barrieren dar. Die Barrierewirkung ergibt sich aus der Summe unterschiedlicher Rückhalteeigenschaften der beteiligten Gesteine. Bei Sedimentgesteinen beruhen diese Eigenschaften im wesentlichen auf der Korngrößenverteilung, der mineralischen Zusammensetzung, dem Gefüge und den diagenetischen Umwandlungen des Gesteins seit seiner Ablagerung.

#### 2.1.3.1 Darstellung des Antragstellers

Aussagen über die Sedimentpetrographie in der Umgebung der Schachanlage Konrad finden sich im Plan 4/90 in den Kapiteln 3.1.8.2 "Radiologische Grundbelastung", 3.1.9 "Geologische, hydrologische und hydrogeologische Verhältnisse", 3.1.9.1 "Stratigraphie und Sedimentpetrographie", 3.1.9.4 "Lagerstätte", auf Seite 3.1.9.6-23 "Porositäten" und in Kapitel 3.1.10.1 "Geologische Bewertung".

Die Ergebnisse der wesentlichen standortbezogenen Untersuchungen finden sich, abgesehen von den Ergebnissen einzelner Sonderanalysen, in folgenden Erläuternden Unterlagen des BfS:

- EU 0.05, EU 0.11, EU 0.14, EU 0.18, EU 8.3, EU 32.1, EU 32.2, EU 39.1, EU 39.2, EU 42.2, EU 44, EU 62.1, EU 63.1, EU 63.3, EU 81.1, EU 97, EU 99.1, EU 99.2, EU 120, EU 178, EU 181, EU 232, EU 367, EU 370, EU 450, EU 451, EU 452.

Zum Nachweis der Dichtigkeit alter Tiefbohrungen wurden die folgenden Erläuternden Unterlagen (hier nur diejenigen mit petrographisch-mineralogischem Bezug) vorgelegt:

- EU 311, EU 319, EU 397, EU 424, EU 434, EU 437, EU 449, EU 450, EU 451, EU 452, EU 454, EU 460, EU 461, EU 464.

Die folgende kurze Zusammenfassung beruht auf der Darstellung im Plan 4/90, Kapitel 3.1.9.1 "Stratigraphie und Sedimentpetrographie".

- zu Zechstein: In der Schachtanlage Asse II, ca. 15 km südöstlich der Schachtanlage Konrad, wurden durch den Bergbau die Salinargesteine der Staßfurt-, Leine- und Aller-Folge erschlossen. Die basalen Zechsteinschichten Kupferschiefer, Zechsteinkalk und Werra-Anhydrit sind aus verschiedenen Bohrungen der weiteren Umgebung bekannt. Für den Standort Konrad kann eine gleichartige Zechsteinausbildung unterstellt werden.
- zu Unteren und Mittlerem Buntsandstein: Der Untere Buntsandstein besteht aus roten und blaugrauen Tonmergelsteinen mit Sand- und Kalksandsteinlagen, der Mittlere Buntsandstein aus mächtigen Sandsteinpaketen und tonig-sandigen Wechselfolgen.
- zu Oberem Buntsandstein und Muschelkalk: Der Obere Buntsandstein ist in toniger und evaporitischer Fazies ausgebildet. Im unteren Teil des Röt tritt Steinsalz im Wechsel mit Anhydrit- und Tonlagen auf. Der Untere Muschelkalk setzt sich aus dünnen, mergeligen, welligen Kalksteinlagen (Wellenkalk) und festen Kalksteinbänken zusammen. Der Mittlere Muschelkalk umfaßt neben klastischen und karbonatischen Gesteinen Anhydrit, Gips und ein fast 100 m mächtiges Steinsalzlager. Der Obere Muschelkalk in normalmariner Faziesentwicklung besteht aus bankigen Kalksteinen (Trochitenkalk) und Kalkstein-Tonstein-Wechselfolgen (Ceratiten-Schichten).
- zu Keuper: Der Untere Keuper (Lettenkohlenkeuper) besteht aus teilweise tonigen Fein- bis Mittelsandsteinen, der Mittlere Keuper vorwiegend aus bunten Mergelsteinen. Im Mittleren Gipskeuper treten in der fluviatil-kontinentalen Fazies lokal Wechselfolgen von dünnen Sand- und Tonsteinlagen auf. Der Obere Keuper (Rhät) besteht aus Tonstein-Sandstein-Wechselfolgen.

- zu Lias (hier nur Hettangium bis Untertoarcium): In den vorwiegend tonigen Gesteinen des Lias treten im Hettangium noch tonflaserige und karbonatische Sandsteinbänke auf (Wechsel vollmariner und terrigener Sedimente). Das Untertoarcium besteht aus bituminösen Ton- und Mergelsteinen (Posidonien-schiefer).
  
- zu Dogger (mit dem Obertoarcium zusammengefaßt): Das Ober-toarcium besteht aus schwach kalkigen Tonsteinen über einem organo-detritischen Konglomerathorizont. In den vorwiegend tonig-schluffigen Sedimenten kommt im höheren Aalenium ein Sandstein vor, der als potentieller Erdölträger Explorationsziel entlang der Westflanke der Oderwaldstruktur zwischen Wolfenbüttel und Braunschweig war. Dort trafen Bohrungen diese Dogger-beta-Sandsteine mit guten Speichereigenschaften, aber verwässert an. In der Bohrung Bleckenstedt 3 wurde Dogger-beta-Sandstein in vorwiegend tonig-sandflaseriger Fazies mit einer geringmächtigen Kalksandsteinbank erbohrt. Erdölspeichereigenschaften waren wegen des unzureichenden Porenvolumens nicht gegeben. Unter- und Mittelbajocium bestehen überwiegend aus tonig-schluffigen Sedimenten. Im Oberbajocium stellen sich transgressive Tendenzen mit zunehmender Sandschüttung ein. Der Unterbathonium-Sandstein ("Cornbrash") nimmt in seiner Mächtigkeit nach Süden hin ab. In der Bohrung Konrad 101 treten noch ca. 9 m auf. Hier wurde ein karbonatischer Feinsandstein mit geringem Porenvolumen erbohrt. In den darüber folgenden schluffigen Tonsteinen bildet die Gryphäenbank im höchsten Teil des Mittelcallovium einen Leithorizont.
  
- zu Malm (Oxford): Unteroxford transgrediert mit Tonmergelsteinen bzw. verkieselten und oolithischen Kalken (Heersumer Schichten, Trümmerkalkserie). Das Mitteloxford umfaßt oolithische Kalksteine und Tonmergelsteine. Die Brauneisensedimentation des Oberoxford setzt mit dem Erzkalk ein, darüber folgen zwei durch ein tonmergeliges Zwischenmittel getrennte Erzlager sowie dickbankige, feste, oolithische Kalke mit einzelnen Tonmergelsteinlagen.

- zu Malm (Kimmeridge): Im Unterkimmeridge folgt über marinen, mikritischen Kalken und Tonmergelsteinen die Untere Anhydritserie mit mehreren 0,5 m bis 1 m mächtigen Anhydritbänken in Wechsellagerung mit bunten Tonmergeln. Im Übergangsbereich zum Mittelkimmeridge treten limnische Kalke auf. Die darüber folgende Obere Anhydritserie besteht aus geringmächtigen Anhydritbänken sowie Tonmergel-, Kalkmergel- und Kalkstein. Das Oberkimmeridge besteht aus Tonmergelsteinen mit wechselnden Kalkgehalten.
  
- zu Malm (Portland; Obermalm 1 bis 6): Über hellen Kalk- und Kalkmergelsteinen (Gigas-Schichten) folgen rotbraune bis grüngraue gefleckte Tonmergelsteine (Münder-Mergel). Im Mittleren Münder-Mergel sind am Schacht Konrad 1 Kalkoolithe, Schillkalke und Kalksandsteine eingeschaltet. Mit dem Serpulit, der im wesentlichen aus Kalkabscheidungen von Würmern besteht, endet das Portland.
  
- zu Unterkreide (Wealden bis Apt): Im Wealden wurden in der westlichen Randsenke der Salzstöcke Vechelde und Broistedt in größerer Mächtigkeit feinkörnige Sandsteine mit Pflanzenresten (limnische Fuhse-Fazies) abgelagert.

Valanginsedimente (geringmächtige, mittel- bis grobkörnige, marine Sande) treten nur im Südwesten der Schachtanlage Konrad auf. Über dem Transgressionshorizont des Unterhauterive (dünne Geröllagen, Glaukonitsande, Brauneisenoide) folgen Ton- und Tonmergelsteine mit geringmächtigen karbonatischen Bänken. Das Oberhauterive besteht aus eintönigen Folgen von mächtigen Ton- und Tonmergelsteinen und ist flächenhaft weiter verbreitet. Die Hangendgrenze des Oberhauterive bildet die "Untere Thieder Steinmergelbank". Das Barrême besteht aus marinen Ton- und Tonmergelsteinen mit erheblichen Gehalten an organischem Material (Blättertone des Unter- und Mittelbarrême). Ähnlich sind die "Fischschiefer" des Unterapt ausgebildet. Mittel- und Oberapt bestehen aus Tonmergel- und Tonsteinen mit lagigen Anreicherungen von Glaukonit.

- zu Unterkreide (Alb): Das Unteralb beginnt mit einem durch Glaukonit grün gefärbten Sandstein (Hilssandstein). Nördlich seiner Verbreitungsgrenze wurden zur gleichen Zeit schluffige Tone abgelagert. Über dem Hilssandstein folgen schluffige bis feinsandige Tonsteine. Das Mittelalb transgrediert mit einer tonflaserigen, glaukonitischen Sandschüttung, darüber liegen Tonsteine (Minimus-Ton). Im Oberalb kommen lokal schluffige bis feinsandige, unterschiedlich stark verkieselte Mergelsteine und Mergeltonsteine (Flammenmergel) vor.
  
- zu Oberkreide (Cenoman): Das Cenoman besteht an der Basis aus glaukonitischen "Tonsteinen" (ca. 60 % Tonminerale), darüber zunehmend kalkigeren Gesteinen bis hin zu den weißen Kalksteinen des Obercenoman.
  
- zu Oberkreide (Turon): Unter Kappung der höheren Partien des Obercenoman transgrediert Turon mit knolligen und flaserigen Kalkmergel- und Kalksteinen. Die überlagernden Rotpläner bestehen aus blaßroten Kalksteinen und braunroten Mergelsteinlagen. Darüber folgen helle Kalksteine und Kalkmergelsteine (Weißpläner).
  
- zu Oberkreide (Coniac, Santon; "Emscher-Mergel"): Das Coniac besteht aus Kalkstein-Mergelkalkstein-Wechselolgen, an deren Basis Feuersteinknollen auftreten. Das Santon liegt mit glaukonitischen, sandigen Mergelsteinen transgressiv vorwiegend über Turon. Westlich der Struktur Vechelde-Broistedt entstanden im Santon Trümmereisenerze. Darüber folgen Trümmerkalk-, Kalkmergel- und Mergelsteine.
  
- zu Tertiär: Die Schichten setzen sich aus Kalksandstein und tonig-schluffigen bis feinsandigen Gesteinen zusammen.
  
- zu Quartär: Im Standortbereich sind fluviatile und glazifluviatile Sande und Kiese, Geschiebemergel und -lehme, Tone und Schluffe (kaltzeitliche Beckensedimente), Löß und Lößlehm, Auelehm sowie Niedermoortorf verbreitet. Die quartären Sedimente zeichnen sich durch starke laterale und vertikale Wechsel aus.

Neben der zusammenfassenden Beschreibung lithologischer Einheiten enthält der Plan 4/90 noch weitere kurze mineralogisch-geochemische Aussagen.

Im Plankapitel 3.1.8.2 "Radiologische Grundbelastung" werden für 10 Gesteinsproben aus dem Eisenerzlager Konrad röntgenfluoreszenzanalytisch ermittelte Gehalte an Thorium 232 (9,9 bis 53,2 µg/g Erz) und Uran 238 (0,6 bis 3,9 µg/g Erz) angegeben.

Im Plankapitel 3.1.9.4 "Lagerstätte" wird auf die Faziestypen, die mineralogische Zusammensetzung (s. Plan 4/90, Tab. 3.1.9.4/2) und den Chemismus (s. Plan 4/90, Tab. 3.1.9.4/2, 3.1.9.4/4) der Eisenerz führenden Sedimente des Mittleren Korallenoolith eingegangen.

Im Plankapitel 3.1.10.1 "Geologische Bewertung" stellt der Antragsteller die von ihm aufgrund der Erläuternden und sonstigen Unterlagen abgeleitete Bewertung einzelner Schichtglieder der geologischen Barriere am Standort Konrad dar. Aus sedimentpetrographischer Sicht läßt sich die positive Gesamtbewertung der Einheiten der Unterkreide (Hauterive bis Alb) auf die Korngrößenverteilung, die mineralogische Zusammensetzung der Gesteine und davon abhängig die Gesamt-Kationenaustauschkapazitäten zurückführen.

#### 2.1.3.2 Stellungnahme des NLfB

Neben den Antragsteller-Unterlagen stand uns folgende Literatur zur Verfügung:

- APPEL (1981), ASHOK (1964), BATTERMANN (1983, 1989), BOCK (1973, 1980), BOIGK (1959, 1961), BOMBIEN (1987), BORCHERT et al. (1970), BROCKAMP, B. (1944), BROCKAMP, O. (1976, 1979), DAHLGRÜN (1926, 1935), DENEKE (1972, 1978), ECKHARDT (1991, 1993), ENGELHARDT (1964), ERNST & SCHMID (1979), FLÜGEL (1984), FÜCHTBAUER (1988), GÄRTNER von et al. (1968), GAIDA et al. (1981), GEORGI (1976), GOLESTANEH (1968), GOLESTANEH & URBAN (1973), GOLESTANEH et al. (1975), GROETZNER (1962), HARK (1952), HEDEMANN (1954),

HOFFMANN (1949, 1968, 1969a, b), HOFMEISTER et al. (1972), JANICKE (1990), JARITZ (1986), JEANS (1986), JORDAN & SCHMID (1968), JÜNGST (1928), KEMPER (1982), KNOKE (1967), KOLBE (1956, 1958, 1960, 1964, 1975), KOLBE & SIMON (1969), KOTT (1986), MADSEN & NÜESCH (1990), MICHAEL & PAPE (1971), MÖCKEL (1982), MUTTERLOSE (1984), PHILLIP (1960), PREUL (1968), RAUHFUSS (1985), RÖDIGER (1933), ROLL (1956), SCHLOENBACH (1981), SCHOTT (1937, 1938, 1942, 1968), SCHWARZKOPF (1987), SEITZ (1949, 1950), SIMON (1965), STEIN (1968), TRUSHEIM (1963), VALETON (1960), WACHENDORF & ERNST (1968), WESTERMANN (1957), WILL (1969), WOICK (1986), WURSTER (1964).

Als Archivunterlagen wurden die Berichte [REDACTED] [1985] und [REDACTED] [1988] der BGR ausgewertet.

Unsere Aussagen zur Sedimentpetrographie am Standort Konrad stützen sich auf die Prüfung folgender Unterlagen:

- für die Hangend- und direkten Liegendschichten (bis zum Cornbrash-Sandstein) der Einlagerungsschichten (Oxford) im wesentlichen auf Erläuternden Unterlagen und eigenen Stichprobenuntersuchungen,
- für das Grubengebäude auf Erläuternden Unterlagen, Darstellungen und Messungen der Markscheiderei Konrad ([REDACTED]), auf Untersuchungsergebnissen der GSF sowie eigenen Stichprobenuntersuchungen und schließlich
- für die Liegendschichten unterhalb des Cornbrash-Sandsteins bis zum Zechstein auf Literaturzitaten und Archivunterlagen sowie der Erläuternden Unterlage EU 232.

Entscheidend für die Charakterisierung der Haupt-Gesteinsbarriere "Tonige Unterkreide" waren die Untersuchungen an frischem Probenmaterial aus der Tiefbohrung Konrad 101 und aus den zwei vom Schacht Konrad 2 aufgefahrenen Untersuchungsstrecken im Alb und Barrême.

## Probennahme und Untersuchungsmethoden

Die Probennahme und Probenbehandlung des Gesteinmaterials, das für sedimentpetrographische Untersuchungen ausgewählt wurde, wurde von Antragstellerseite dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechend durchgeführt.

Für die Bestimmung der Korngrößenverteilung wurden von Antragstellerseite folgende Untersuchungsverfahren eingesetzt: Siebanalyse, Pipettanalyse nach ATTERBERG, Sedimentationswaage.

Die Analyse der Mineralzusammensetzung der einzelnen Gesteinsproben erfolgte durch: Röntgendiffraktometrische Mineralbestimmung, Dünnschliffmikroskopie, Bestimmung der Kationenaustauschkapazitäten nach MEHLICH (zur Überprüfung der Mineralbestimmungsergebnisse) sowie vereinzelt Differentialthermoanalysen und Dilatometermessungen.

Für die Ermittlung der geochemischen Zusammensetzung wurden folgende Verfahren eingesetzt: hauptsächlich die Röntgenfluoreszenzanalyse der Haupt- und Spurenelemente (RFA), die Karbonatgehaltsbestimmung nach SCHEIBLER sowie vereinzelt die Atomabsorptionsanalyse (AAS), die Induced Coupled Plasma-Analyse (ICP) und die LECO-Methode zur Ermittlung von Kohlenstoff und Schwefelgehalten.

Zur Beschreibung des Mikrogefüges speziell der tonigen Gesteinseinheiten und der diagenetischen Einflüsse wurden folgende Methoden genutzt: Dünnschliffmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie.

Bestimmungen der Gesteinsdichten und des natürlichen Wassergehaltes wurden durchgeführt sowie Porositäts- und Porenradienverteilungsmessungen (Auftriebs- und Quecksilberinjektionsverfahren).

Zur Ermittlung des Quellverhaltens der tonigen Gesteine der wichtigsten Barriereeinheiten Alb und Barrême wurden Quellversuche (Quellhebung, Quelldehnung, Quelldruck) vorgenommen.

Um einen Leitparameter für den Diageneseegrad zu erhalten, wurden Illitkristallinität und Inkohlungsgrad (Vitrinitreflexion) bestimmt. Die Illitkristallinität scheidet für uns wegen der nicht ermittelbaren Randbedingungen als Parameter aus; die Vitrinitreflexionswerte ( $R_m$ ) erlauben jedoch eine gute Korrelation der "Konrad-Daten" mit den Ergebnissen aus Tiefbohrungen der Erdölindustrie und den Deponieuntersuchungen in Niedersachsen.

Aus dem Bereich des Deckgebirges und der Grube Konrad wurden von Antragstellerseite für 784 Gesteinsproben umfangreiche sedimentpetrographische, mineralogische und geochemische Analysenergebnisse vorgelegt. Vom NLfB wurden bei entsprechendem Analysenumfang 119 Gesteinsproben als Prüfstichproben untersucht.

Die von Antragstellerseite eingesetzten Untersuchungs- bzw. Analysemethoden und Auswertungsverfahren entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik bei der Charakterisierung von Sedimentgesteinen. Die Bestimmungen wurden jeweils korrekt durchgeführt.

#### Lithostratigraphie und Sedimentpetrographie

Wie im Kapitel 2.1.2 begründet, werden die im Modellgebiet auftretenden Schichten zusammenfassend in Liegendschichten (Zechstein bis Oxfordbasis), Einlagerungsschichten (Oxford) und Hangendschichten (Kimmeridge bis Quartär) gegliedert.

Als Übersicht sind die an Gesteinsproben der Tiefbohrung Konrad 101 vom Antragsteller ermittelten Gehalte an Quarz, Calcit (Anl. 2.1.3/1), Smektit, Kaolinit und Illit (Anl. 2.1.3/2) aus dem Bereich Turon bis Mittlerer Dogger von uns graphisch dargestellt. Die in den Anlagen 2.1.3/3 und 2.1.3/4 dargestellten statistischen Übersichten über die geochemische und mineralogische Zusammensetzung der genannten Gebirgseinheiten beinhalten zusätzlich eigene Kontrollergebnisse. Die eigenen Analysenergebnisse wurden hier zur Verbesserung der Datenbasis eingebracht. Die zusätzlichen Daten verändern die Ergebnisse des Antragstellers nicht, da diese durch unsere Stichprobenuntersuchungen im Detail bestätigt wurden.

## - Liegendschichten

Die evaporitischen Sedimente des Zechstein stellen die ältesten, im Rahmen der Eignungsuntersuchungen betrachteten Gesteinseinheiten dar. Der Zechstein 1 setzt sich aus Zechsteinkonglomerat, Kupferschiefer, Zechsteinkalk und Werra-Anhydrit zusammen. Im Zechstein 2 und 3 treten neben dem dominierenden Steinsalz Kalisalz, Salzton und Anhydrit auf. Steinsalz bestimmt auch die Ausbildung des Zechstein 4 und 5, während Zechstein 6 und 7 vorwiegend tonig und salzfrei ausgebildet sein dürften (vgl. Kap. 2.1.2). Als Übergangsfolge des Zechstein zum Buntsandstein werden die dunklen, tonigen bis tonmergeligen Bröckelschiefer interpretiert.

Für den Unteren Buntsandstein charakteristisch ist eine Rhythmitfazies bestehend aus z.T. karbonatischen Feinsandsteinlagen und Ton- bis Mergelsteinlagen. Speziell in der Oberen Folge treten karbonatreichere Einschaltungen auf. Es kommt bis zur Ausbildung mächtiger Kalkoolithbänke (Rogensteinbänke) und von Stromatolith-Kalken.

Mit den Sandsteinen und Sandstein-Tonstein-Wechselfolgen der Volpriehausen-Folge beginnt der Mittlere Buntsandstein. Im Mittleren Buntsandstein überwiegen im Modellgebiet jedoch die Sedimente der Solling-Folge. Sie setzen sich im westlichen Teil überwiegend aus Ton- bis Mergelsteinen mit darüberliegenden Tonstein-Sandstein-Rhythmiten zusammen, im östlichen Bereich hingegen aus dem Basis-sandstein (Mittelsandstein) mit überlagernden tonigen Gesteinen oder Wechselfolgen von Ton- und Sandsteinen. Hardegsen- und Detfurth-Folge fallen im Modellgebiet im wesentlichen aus.

Die Röt-Salinarfolge (Röt 1 und 2) des Oberen Buntsandstein setzt sich aus Anhydrit- und Steinsalzbänken zusammen, in die tonige, selten auch feinsandführende Zwischenmittel eingeschaltet sind (vgl. Kap. 2.1.2). Im Hangenden folgen die faziell sehr ähnlichen Gesteine der sog. Rotbraunen Folge (Röt 3). Der Obere Buntsandstein endet nach oben mit den Ton- und Mergelsteinen der sog.

Grauvioletten Folge (Röt 4), in die Anhydrit- oder Feinsandsteinlagen eingeschaltet sein können.

Der Untere Muschelkalk ist karbonatisch ausgebildet und besteht vorwiegend aus mittelgrauem, dünnplattigem, unebenflächigem, fast immer stärker bioturbatem Kalkstein und tonigem Kalkstein mit mm-dünnen Mergelstein-Zwischenlagen (Wellenkalk). In den Wellenkalk eingeschaltet sind dickplattige bis bankige Kalksteine, die teils Bruchschill, Intraklasten sowie andere Karbonatkomponenten führen und eine detaillierte lithostratigraphische Gliederung des Unteren Muschelkalk ermöglichen (vgl. Kap. 2.1.2).

Wiederholt treten in der Schichtenfolge sogenannte Gelbkalke auf, die aber nur im Verwitterungsbereich eine charakteristische Gelbfärbung durch Dedolomitisierungsvorgänge aufweisen und in Bohrungen grau gefärbt sind.

Im Mittleren Muschelkalk wurden vorwiegend helle Dolomit- und -Mergelsteine sowie Salinarfolgen mit Anhydrit, Gips und Steinsalz abgesetzt (vgl. Kap. 2.1.2). Lokal bekannt gewordenes Auftreten von Carnallit in chloridischem Muschelkalksalinar läßt auf eine Beeinflussung durch benachbarte Zechstein-Salzstrukturen schließen.

Zum Oberen Muschelkalk gehören die Encrinus-Schichten (Oberer Muschelkalk 1, mo 1). Sie lassen sich in den Haupttrochitenkalk, zusammengesetzt aus den Oberen Schillkalken, den Flaserkalken und den Unteren Schillkalken, und in die mergeligen bis kalkigen, z.T. dolomitisierten Gelben Basisschichten untergliedern (vgl. Kap. 2.1.2). Es handelt sich zusammengefaßt um Wechselfolgen von dolomitischem-mergeligen Sedimenten mit z.T. mächtigeren Kalk- und Schillkalksteinbänken.

Die dominierenden Kalksteine lassen sich als Biosparite bzw. Bio-kalkarenite bis -rudite mit mikritischer, z.T. sparitischer Matrix beschreiben. Lagenweise treten reine Kalkmikrite auf (HOFMEISTER et al. 1972).

Mit den Ceratitenschichten (Oberer Muschelkalk 2, mo 2) endet die überwiegend karbonatische Fazies des Oberen Muschelkalk. Es handelt sich hierbei um Wechsellagerungen geringmächtiger Kalk- und Schillkalksteinbänke mit Ton- bis Mergelsteinlagen (HOFMEISTER et al. 1972).

Die fazielle Ausbildung des Unteren Keuper (Lettenkohlenkeuper) reicht von brackisch-lagunären bis zu fluviatil-limnischen Ablagerungen. Sedimentiert wurden bunte Ton- bis Mergelsteine, Dolomit- und sandige Kalksteine sowie untergeordnet Fein- bis Mittelsandsteine (vgl. Kap. 2.1.2).

Zum Mittleren Keuper gehören im tieferen und mittleren Abschnitt die Sedimente des Gipskeupers bis zur Roten Wand. Sie bestehen im wesentlichen aus Mergelsteinen mit Einschaltungen von Ton- und Kalksteinwechselfolgen. Lokal treten Sulfatgesteine auf. In den tieferen Bereichen steigt der Anteil von Evaporiten, zumeist Sulfatgesteinen, deutlich an. Zusammenhängende Sand-Schüttungskörper, die der Schilfsandsteinfazies zuzuordnen wären, sind im Modellgebiet nicht zu belegen. Jüngste Einheit des Mittleren Keuper ist der sog. Steinmergelkeuper. Er dokumentiert ein flachmarines Sedi- mentbecken, in welchem sich Ton- bis Mergelsteine und einzelne Kalksteinlagen mit wechselnden Dolomitgehalten absetzten (WILL 1969). Es gibt Hinweise auf zeitweiliges Trockenfallen dieser Schichten (APPEL 1981). Aus dem Oberen Steinmergelkeuper sind stellenweise Vorkommen von Feinsandsteinen und Kalksandsteinen bekannt (vgl. Kap. 2.1.2).

Im gesamten Rhät herrschen aufgrund der limnischen, fluviatil-limnischen, flachmarin-deltaischen und z.T. brackisch beeinflussten Sedimente räumlich relativ schnelle Fazieswechsel vor (s.a. APPEL 1981; BATTERMANN 1989).

Bei den Unterrhät-Tonsteinen (Oberer Keuper) handelt es sich um unterschiedlich stark sandführende, häufig auch dolomitische Mergel- und Tonsteine. Die Sandstein-Tonstein-Wechselfolge, die

als Unterrhät-Sandstein bezeichnet wird, ähnelt dem nachfolgend angesprochenen Mittelrhät-Hauptsandstein. Abweichend ist ihr hoher Dolomitanteil.

Der Untere Mittelrhät-Schiefer entspricht den oben beschriebenen Rhät-Peliten. Er weist jedoch einen höheren Karbonatgehalt auf und führt lokal Toneisensteinkonkretionen.

Der Mittelrhät-Hauptsandstein besteht aus wechselnden Schüttungskörpern von Fein-, Mittel- und Grobsandsteinen. Bindemittelfreie und tonig (kaolinitisch-illitisch), karbonatisch und kieselig zementierte Varietäten sind bekannt. In Annäherung an Salzstöcke kann Anhydrit als Bindemittel auftreten. Lokal rasch wechselnd treten tonflaserige Wechsellagerungen und massive Sandsteinbänke auf. Pyrit und kohlige Pflanzenreste sind häufig.

Die fazielle Ausbildung des Mittleren Mittelrhät-Schiefers entspricht im wesentlichen der des weiter unten angesprochenen Oberen Mittelrhät-Schiefers. Abweichend davon tritt lokal starke Sandführung auf.

Der fein- bis feinstkörnige Flasersandstein ist gleichmäßig sandig bis sandflaserig und meistens tonig und/oder karbonatisch gebunden enthält mehr Pyrit als alle anderen Rhät-Sandsteine.

Bei dem Oberen Mittelrhät-Schiefer handelt es sich um meist dunkelgraue, pyritführende Tonsteine mit erhöhten Anteilen an kohligem Detritus und Hellglimmern.

Der Untere Oberrhät-Schiefer entspricht in seiner lithologischen Ausbildung dem Oberen Oberrhät-Schiefer.

Die Oberrhät-Sandsteine bestehen aus grauen bis graugrünen Feinsandsteinen mit eingeschalteten Tonsteinlagen. Sie sind karbonatisch und/oder tonig zementiert.

Die als Oberer Oberrhät-Schiefer bezeichneten schluffigen Ton- und Tonmergelsteine führen unterschiedlich stark Sand und sind partiell dolomitisiert. Akzessorisch treten Pyrit, Glaukonit und organischer Detritus (Pflanzenreste) auf.

Auf den Oberen Keuper (Rhät) folgt mit dem Hettangium (Lias  $\alpha 1$  und  $\alpha 2$ ) eine Wechselfolge in vollmariner bis terrigener Fazies von Ton-/Tonmergelsteinen und Sandsteinhorizonten (Pylonoten-Sandstein, Grenzsandstein, Angulaten-Sandstein im Lias  $\alpha$ ).

Relativ einheitliche Ton- und Mergelstein-Folgen reichen von der Basis des Sinemurium (Lias  $\alpha 3$  und  $\beta$ ) im tieferen Lias bis zu den Opalinus-Schichten im untersten Dogger (Dogger  $\alpha$ ). Im Carixium (Lias  $\gamma$ ) sind lokal geringmächtige Mergel- und Kalksteinbänke eingeschaltet (vgl. Kap. 2.1.2). Detaillierte Ausführungen zur "Sedimentologie und Diagenese des Lias  $\alpha$  am Westrand des Gifhorner Troges" sind in WOICK (1986) zu finden.

Der in das obere Aalenium zu stellende Dogger-beta-Sandstein bzw. die so bezeichnete Sandflaserzone des Unteren Dogger wird als faziell weitgehend gleichartig ausgebildet beschrieben. Der obere Sandsteinhorizont ist fein- bis mittelkörnig und nur gering feingeschichtet; der untere ist fein- bis feinstkörnig und oft deutlich feingeschichtet. Pyritführung und lokal auch Pyritzementation treten deutlich erkennbar auf. Kohlige Partikel sind ebenfalls häufig (HEDEMANN 1954).

Speziell im südlichen Bereich des Modellgebietes deutet sich ein fazieller Übergang von sandigen und sandflaserigen Tonsteinen im Westen (östlich der Salzstockreihe Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel) über karbonatische Sandsteine in der Mitte der Randsenke zu reineren, z.T. quarzitischen Sandsteinen im Osten an.

Untersuchungen von SCHWARZKOPF (1987) über die Sandsteindiagenese in Erdöllagerstätten des Gifhorner Troges behandeln unter anderem die genetische Zuordnung von Mineralen wie Pyrit, Siderit, Kaolin, Quarz, Fe-Calcit zu unterschiedlichen Diagenesestufen. Die Mergelsteine des Dogger  $\gamma$  und  $\delta$  (Bajocium) entsprechen lithofa-

ziell dem weiter unten angeführten tonigen Callovium und Bathonium. Diese stellen die tiefste, am Standort beprobte und gezielt untersuchte Schichtenfolge dar. Eine ausführliche Diskussion der Ton- bis Mergelsteinfazies der Parkinsonien-Schichten (Unterer Dogger ε) findet sich bei MÖCKEL (1982).

Im Dogger ε (Unterbathonium) folgt der sog. Cornbrash-Sandstein. Es handelt sich hierbei am Standort um einen relativ schwach karbonatischen Kalkfeinsandstein, der randlich "vertont" (EU 181). Insgesamt wird das Modellgebiet dem sandig-tonigen Faziesbereich des Unterbathonium zugeordnet.

Die Schichten des Oberen Dogger (Oberbathonium und Callovium) sind aus relativ einheitlich ausgebildeten Ton- und Mergelsteinfolgen zusammengesetzt. Die Pelite sind teilweise terrigen beeinflusst (vgl. Kap. 2.1.2). Das Oberbathonium besteht am Standort aus tonig-schluffigen Sedimenten. In gleicher Faziesausbildung transgredierte mit den Macrocephalen-Schichten das marine Untercallovium, sowie folgend Mittelcallovium (Jason-Zone, Gryphäenbank) und Obercallovium.

Dünnschliffuntersuchungen und rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen zeigen, daß deutliche Ähnlichkeiten mit der Fazies der tonigen Unterkreide bestehen. In einer illitisch-kaolinitischen Matrix sind detritische Calcitkörner und überwiegend randlich angelöste Quarzpartikel eingebettet. Als diagenetische Neubildungen treten überwiegend Pyrit, seltener Glaukonit, Glimmer und Dolomit auf.

Die Schichtenfolgen des Callovium und Oberbathonium bestehen zu 30,1 % aus Mergelstein und zu 67,6 % aus Tonstein (mit 2,3 % für sonstige Gesteine), die des Oberbajocium zu 99,1 % aus Tonstein und zu 0,9 % aus Sandstein (gewichtete arithmetische Mittelwerte aus Probenmaterial der Bohrung Konrad 101).

Der Diageneseegrad als wesentlicher Einflußfaktor für die Gesteinsverfestigung ist etwas höher als für die Unterkreidesedimente, was sich auch in der Umkristallisation des Calcites bemerkbar macht,

und ist im Vergleich mit Daten der Erdölindustrie und Deponieforschung insgesamt für Teufenlage und Strukturentwicklung normal bis niedrig. Die rasterelektronenmikroskopische Analyse des Mikrogefüges zeigt allgemein eine gute Einregelung der Tonminerale (EU 32.1, Abb. 81 bis Abb. 98, geprüft durch eigene Stichprobenuntersuchungen).

#### - Einlagerungsschichten

Die fazielle Variationsbreite der küstennah sedimentierten Gesteinsfolgen des Oxford ist vielfältiger als bei den bisher angesprochenen Einheiten.

Neben oolithischem Eisenerz treten Kalk-, tonige Kalk- und Mergelsteine, karbonatische Sandsteine und verkieselte Kalk- und Sandsteine bis hin zu Tonsteinen auf.

Detaillierte mineralogische Untersuchungsergebnisse von Gesteinsproben aus dem Grubengebäude Konrad sind der EU 120 zu entnehmen, eine umfangreiche makroskopische Gesteinsbeschreibung der EU 178.

Im Unteren Korallenoolith kam es zur Bildung von eisenoidführenden, oolithischen Kalksteinen und Mergelsteinen ("Erzkalk" und "Fladentonstein"). Die liegenden Schichten im Unteren Oxford bestehen aus brekziierten, oolithischen, z.T. spiculitischen, wechselnd sandführenden, bioturbaten Mergelsteinen ("Trümmerkalk", Heersumer Schichten).

Der Mittlere Korallenoolith besteht im zentralen Bereich der Grube Konrad aus den beiden Erzlagern ("Oberes und Unteres Lager"), unterschiedlich kalkführenden, oolithischen Eisenerzen, die durch Tonmergel-, Mergel- und Kalksteine des "Zwischenmittels" voneinander getrennt sind. Neben der Dominanz detritischer Komponenten, dem Auftreten von Kreuz- und Schrägschichtungserscheinungen, fällt die orthosparitische Zementation der lokal gut ausgewaschenen größer klastischen Gesteine auf. Mehrfach kommen Erosionshorizonte

vor, episodisch treten Sandzumischungen auf. Die oolithische Erzfazies geht randlich in teilweise verkieselte Kalksteine oder Mergelsteine über (siehe u.a. EU 307).

Das höhere Oberoxford, der Obere Korallenoolith, besteht aus Mergelsteinen, in die lokal mächtige, poröse, oolithische Kalksteinlagen eingeschaltet sind.

Diagenetische Überprägungen lassen sich bei allen genannten Gesteinstypen nachweisen, wenn auch nicht immer in allen Dünnschliffen oder REM-Aufnahmen. Dazu zählen eine durch Kompaktion bedingte plastische Deformation ehemals unverfestigter Ooide, eine bruchhafte Deformation von Komponenten durch fortgeschrittene Kompaktion, die Bildung von "Hundezahnsparit" und Orthosparit in den Porenräumen, die Mikritisierung von calcitischem Detritus und der Matrix sowie eine hypidiomorphe Sideritkristallisation. Als diagenetische Mineralbildungen sind Neusprossungen von Chlorit, Siderit und Pyrit zu betrachten (JEANS 1986, WOICK 1986).

Die Lage und Abgrenzung der in der Grube Konrad aufgeschlossenen oder erbohrten Gesteinseinheiten sind in den Abbaugrundrissen des Eisenerzbergwerkes Konrad im Maßstab 1:1000 (Markscheiderei Konrad/■■■■), die regelmäßig nachgetragen werden, dargestellt und lassen sich aus den Monatsberichten der Markscheiderei Konrad/■■■■ über die untertägige Erkundung und das Auffahren betriebsnotwendiger Strecken sowie den Grubenbemusterungsakten entnehmen (EU 178).

Die Erläuternden Unterlagen, insbesondere die Unterlage EU 120, beschreiben die sedimentpetrographische Ausbildung der unterschiedlichen Gesteinstypen ausreichend genau.

Die wichtigsten lithologischen Einheiten des Korallenoolith setzen sich statistisch (gewichteter Mittelwert) wie folgt zusammen: Zu 27,6 % aus Kalkstein, zu 48,0 % aus Mergelstein, zu 18,1 % aus Tonstein, zu 0,3 % aus Sandstein und zu 6,0 % aus Eisenerz. Die Ergebnisse beruhen auf einer Karbonatgehaltsbestimmung an Gesteinsproben aus der Tiefbohrung Konrad 101. Die Grenzen der Kalk-

gehalte wurden für Kalksteine > 75 M.-%, für Mergelsteine von 25-75 M.-% und für Tonsteine < 25 M.-% definiert.

- Hangendschichten

Die Basis des Unterkimmeridge bilden marine Kalk- und Mergelsteinbänke, den Top des Unterkimmeridge Bänke limnischer Kalksteine. Als Untere Anhydritserie wird eine Wechselfolge von unterschiedlich gefärbten Mergelsteinen mit bis zu 1 m mächtigen Anhydritbänken bezeichnet. Anhydritbänke kommen auch im Mittelkimmeridge vor. Lokal treten dolomitisierte Kalksteine auf. Die Pyritführung steigt gegenüber den Liegend- und Hangendschichten deutlich an. Im Vergleich mit der Oberkreide ist deutlich die neomorphe Sparitierung der Matrix und eine zumindest teilweise Mikritisierung der Komponenten erkennbar. Insgesamt gesehen weist das Kimmeridge höhere Tongehalte als der Korallenoolith auf (EU 63.3).

Das Oberkimmeridge wird von einer Wechselfolge unterschiedlich gefärbter Mergelsteine gebildet, in die Tonsteine, Kalk- und Dolomitsteine eingeschaltet sind.

Das Tithon (Obermalm 1 bis 6) setzt mit den Gigas-Schichten, einer Wechselfolge gelblich-grauer bis grüngrauer Mergel- bis Kalksteine ein. Vereinzelt kommen feinsandige Beimengungen vor. Neben detritischen Quarzen und Pyrit treten in Spuren Eisenhydroxide auf (vgl. Kap. 2.1.2).

Die auflagernden Münder-Mergel stellen eine Wechselfolge rotbrauner und grüngrauer Mergelsteine dar. Als flachmarine Ablagerungen sind im mittleren Münder-Mergel lokal Kalkoolithe, Schillkalke und Kalksandsteine eingeschaltet. Ein Teil der Karbonate ist dolomitisiert. Akzessorisch treten Pyrit, Glaukonit und detritische Quarzkörner auf.

Als Hangendserie im Tithon besteht der sog. Serpulit (Obermalm 6) im wesentlichen aus einem biogenen, porösen, gelblichen Kalkstein, im Bereich des Salzstockes Gifhorn jedoch aus tonigen Kalksteinen und Dolomit.

Für die Beschreibung von Valangin und Wealden waren nur geophysikalische Bohrlochmessungen und Schichtenverzeichnisse von Bohrungen im Modellgebiet verfügbar, da Valangin und Wealden in den Schächten Konrad 1 und 2 sowie in der Tiefbohrung Konrad 101 nicht angetroffen wurden (vgl. EU 232).

Das Modellgebiet liegt im Osten des nordwestdeutschen Wealden-beckens. Der brackisch-limnisch bis terrestrische Sedimentationsraum enthält Ablagerungen in sandig-toniger Randfazies. Vorwiegend handelt es sich dabei um feinbankige Wechsellagerungen von tonigen und sandigen Partien. Wie im Valangin können lokal Sandsteinbänke ausgebildet sein (EU 232).

Auch das Valangin setzt sich im Modellgebiet aus einer Wechselfolge von feingeschichteten bis dünnbankigen Mergelsteinen und Sandsteinen zusammen. Im tieferen Valangin erhöht sich der Anteil der bis zu mehreren Metern mächtigen glaukonitführenden, mittel- bis grobkörnigen Sandsteinbänke.

Das Hauterive ist im Modellgebiet weiträumig verbreitet. Gerölllagen, Glaukonitsande oder Brauneisenoide weisen lokal auf die Unterhauterive-Transgression hin. Die folgenden Ton- bis Mergelsteine lassen sich in eine liegende, deutlich kalkigere und glaukonitführende Serie und eine hangende, gering sideritführende Serie untergliedern. Im Ober- wie im Unterhauterive können lokal dm-mächtige Kalkmergelsteinbänke und Feinsandlagen eingeschaltet sein. Die Pyritführung ist hoch. Im Vergleich zum Barrême liegen die Karbonatgehalte besonders im Unterhauterive im Mittel deutlich höher; die Fazies ist weniger einheitlich (vgl. Anl. 2.1.3/2). Als Hangendgrenze des Oberhauterive kann die "Untere Thieder Steinmergelbank" angesehen werden.

Die Tonmineralaggregate der kaolinitisch-illitischen Matrix sind gut bis mäßig eingeregelt und teilweise mit Karbonat unterschiedlich intensiv zementiert (EU 32.1, EU 63.3 und NLFB-interne REM-Untersuchungen von Stichproben). Als Partikel schwimmen Kalk- und

randlich angelöste Quarzkörner in dieser Matrix. Der Anteil an organischem Kohlenstoff ist mit einem mittleren Wert von 0,7 M.-% relativ niedrig.

Der Transgressionshorizont an der Basis des Hauterive besteht vorwiegend aus geringmächtigen Gerölllagen (Quarz-, Kalk-, Toneisen-, Phosphoritgerölle) mit vereinzelt auftretenden Brauneisenooiden in toniger bis mergeliger Matrix, lokal aus glaukonitführenden Fein- bis Mittelsandsteinen (vgl. EU 232). Untergeordnet tritt in einigen Bereichen des Modellgebietes an der Hauterive-Basis eine als "Schwammfazies" bezeichnete Sand-Kalksteinfoolge auf, die als Detritus Bruchstücke von Kalkschwämmen, Korallen, Bryozoen, Echinodermen u.a. enthält (MICHAEL & PAPE 1971; s. Kap. 2.1.2).

Die weiträumig faziell gleichartigen, marinen Sedimente des Bar-rême setzen sich aus dunklen Tonsteinen mit relativ hohen Anteilen an organischem Kohlenstoff ( $x_m = 2,2$  M.-%) zusammen (Blättertone). Im tieferen Barrême treten lokal schluffige bis sandige Lagen und verkieselte Schlieren auf. Im Hangenden folgen feinlaminierte, bituminöse Tonsteine.

Im Ober- und Unterbarrême können vereinzelt geringmächtige Kalkmergelsteinbänke auftreten (vgl. auch EU 452). Die kaolinitisch-illitische Matrix zeigt in REM-Untersuchungen einen höheren Einregelungsgrad der Tonminerale, z.T. wird ein Parallelgefüge erreicht (EU 63.3, EU 32.1 und NLfB-interne Stichproben). Als Partikel dominieren randlich angelöste Quarzkörner. Der Gehalt an (framboidalem) Pyrit ist hoch. Glimmer, Glaukonit und Siderit treten akzessorisch auf.

Die Sedimente des Apt bestehen überwiegend aus kalkigen Tonsteinen. In der im Unterapt illitisch-kaolinitischen Matrix und in der im Oberapt smektitisch-illitisch-kaolinitischen Matrix treten detritische Quarzkörner und untergeordnet Calcit (Schalenreste, Fossilschutt) auf. In die bioturbaten, insgesamt glaukonit- und vor allem pyritreichen Gesteinsserien sind lokal begrenzt vereinzelte Kalk- bzw. Mergelsteinbänke oder Sandsteinbänke mit Mächtigkeiten im Dezimeterbereich eingeschaltet. Nach Osten zunehmen-

de, insgesamt aber geringe Sandgehalte weisen auf die Annäherung an den Beckenrand hin. Wie REM-Aufnahmen (EU 63.3 und NLFB-interne Stichproben) zeigen, sind die Tonminerale der Matrix meist deutlich eingeregelt, ohne ein dichtes Parallelgefüge zu erreichen. Aus dem Oberapt liegen Dünnschliffe vor, die eine tuffitische Feinstruktur des Gesteins erkennen lassen.

Aus lithologischer Sicht bietet sich eine Drei- bzw. Vierteilung des Alb in Unterhalbton, Hilssandstein, Minimuston und Flammenmergel an.

Der Hilssandstein des Unterhalb ist ein Sediment in litoraler bis flachmariner Fazies. Es handelt sich im wesentlichen um einen glaukonitreichen Fein- bis Mittelsandstein (Quarzarenit), der an den Liegend- und Hangendgrenzen meist zunehmend "vertont". Seine Varietäten reichen vom völlig zementfreien Sandstein, wie in der Tiefbohrung Konrad 101 erbohrt (EU 63.3), bis zu stark verfestigten Sandsteinen. Die Bindemittel bestehen lokal völlig unterschiedlich aus sekundär gesproßtem Calcit, Siderit, Glaukonit oder Pyrit. Nördlich seiner Verbreitungsgrenze, etwa in Höhe des "Konrad-Grabens", wurden Tonsteine vom "Unterhalb-Typus" sedimentiert.

Als Minimuston werden die bioturbaten, siltreichen Tonsteine des Mittelalb mit smektitisch-illitischer Matrix bezeichnet. Als Detritus treten randlich angelöste Quarze und Karbonate im wesentlichen als Fossilschutt auf. Als Spuren sind sekundär gebildeter Glaukonit, Siderit, Pyrit (häufig framboidale Pyrite) und lokal in Nestern angereichert Zeolithe (Clinoptilolit) nachweisbar. Die Gehalte an organischem Kohlenstoff sind mit einem Mittelwert von 0,4 M.-% niedrig. Die tonige Fazies des Unterhalb ist der des Mittelalb ähnlich, nur nimmt die Fein- bis Mittelsandführung in Flässern bis Lagen in Annäherung an die Alb-Basis deutlich zu.

Das Alb setzt sich in der Bohrung K 101 zu 38,5 % aus Mergelstein, zu 59,3 % aus Tonstein und zu 1,2 % aus Sandstein zusammen (gewichteter arithmetischer Mittelwert).

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen (REM) zeigen für die untersuchten Alb-Proben überwiegend ein offenes bis mäßig eingeregelttes Mikrogefüge der Tonminerale (EU 63.3, EU 32.1 und NLFB-interne Stichproben). Umfangreiche mineralogische Untersuchungsergebnisse zum Alb enthält die EU 451. Eine ausführliche Darstellung von tieferem Alb und höherem Apt ist in KEMPER et al. (1982) zu finden.

Das Alb endet mit einem smektitisch-illitischen Mergel- bis Tonstein (akzessorisch treten Glaukonit, Siderit und Pyrit auf). Im südlichen Teil des Modellgebietes (etwa vom Nordrand der Grube Konrad bis zum Salzgitter-Höhenzug) ist dieses Gestein schlierenförmig kieselig verfestigt. Gelöste Kieselskelette setzten sich über das Zwischenstadium von als Gel ausgeflockter Kieselsäure als Zementphase (Opal, Chalcedon und neugesproßte Quarz-Kristalle) speziell an den ladungsaktiven Kanten und teils auch Oberflächen der Tonminerale im Mikroporenraum ab. Dieser sog. Flammenmergel (s.a. KNOKE 1967, JORDAN & SCHMID 1968) besitzt wegen seiner diagenetischen Veränderungen (s.o.) wesentlich andere Gesteinscharakteristika (Klüftigkeit, Durchlässigkeit, Sorptionsfähigkeit) als die übrigen in ihrer mineralogischen Zusammensetzung ihm ähnlichen Unterkreidetonsteine.

Die feinkristallinen Mergelsteine des Untercenoman leiten vom Alb zur tonigen Fazies der unteren Oberkreide über. Die rein pelagischen Biomikrite gehen im Mittelcenoman in flachmarine, z.T. durch terrigenes Material beeinflusste Ablagerungen über. Die feinkristallinen Mergelkalk- bis Mergelsteine des Mittelcenoman führen splittrige, häufig angelöste detritische Quarze sowie Pyrit, Glaukonit und detritische Glimmer als Akzessorien. Die Karbonatfazies des Obercenoman entspricht der des Turon. Vereinzelt sind Tempesteite erkennbar (KOTT 1986).

In den tonigen Faziesbereichen der Oberkreide wird die Matrix vorwiegend aus Illit und Kaolinit gebildet.

Die Plänerkalke des Turon, meist weißer oder rötlicher, gebankter Kalkstein mit zum Liegenden zunehmender Einschaltung schichtparal-

leler Tonmergelsteinzwischenlagen, sind als pelagisches Sediment faziell gleichartig ausgebildet und regional weit verbreitet. Die biomikritischen Kalke mit Globigerinen und Calcisphären als dominierendem Fossilinhalt führen vereinzelt schwach gerundete, detritische Quarzkörner und feinste, schichtparallele Pyritlagen. Frühdiagenetische Zementation und Mikritisierung von Grundmasse und detritischen Partikeln sind nachweisbar. Die Rotpläner des Unterturon und des unteren Mittel-Turon setzen sich aus rötlichen Kalksteinen und braunroten Mergelsteinzwischenlagen zusammen. Unregelmäßig sind Kieselknollen und -flasern in die Kalksteine eingelagert. Die Weißpläner des oberen Mittelturon und des Oberturon schließen einige cm-dicke Lagen smektitführender, tuffitischer Tonmergelsteine ein.

In der Bohrung Konrad 101 bestehen Turon und Cenoman zusammengefaßt zu 85 % aus Kalkstein und zu 15 % aus Mergelstein (gewichteter arithmetischer Mittelwert).

Die nur lokal verbreiteten Ablagerungen des "Emscher-Mergel" (Coniac, Santon, Campan) bestehen überwiegend aus glaukonitführenden, lokal sandigen Mergelsteinen. Im Coniac treten vermehrt Kalkstein-Mergelstein-Wechselfolgen auf, wobei es an ihrer Basis zur Anreicherung von eingelagerten Feuersteinknollen kam. Die graugrünen Mergelsteine des Santon weisen lokal starke Glaukonit- und/oder Sandführung auf.

Die im Modellgebiet nur lokal verbreiteten alttertiären Sedimente setzen sich im wesentlichen aus z.T. feinsandigen, glaukonithaltigen Tonen und Ton- bis Mergelsteinen, marinen, glaukonitführenden Sanden und Sandsteinen sowie glaukonitführenden Kalksandsteinen zusammen. An der Basis treten vereinzelt Kalksteinlagen auf (vgl. Kap. 2.1.2).

Quartäre Lockergesteine treten unter starken vertikalen und horizontalen Fazieswechseln im Modellgebiet als flächig verbreitete Sedimente oder als Rinnenfüllung auf. Es handelt sich im wesentlichen um fluviatile und glazifluviatile Sande und Kiese, um Geschiebemergel sowie um Beckentone und -schluffe.

In den tieferen Abschnitten der pleistozänen Schichten stehen meist gut geschichtete Sand-Kies-Wechselagerungen und Sande mit Kreuzschichtung an. An ihrer Basis überwiegen gut gerundete Plänerkalkgerölle, die zum Hangenden von einem heimisch geprägten Geröllspektrum in ein "nordisch" dominiertes übergehen. Ferner kommen Wechselagerungen von tonigen Sanden und Beckensedimenten (Tone und Schluffe) vor. Lokal verbreitet sind Geschiebemergel zu finden. Faziell verzahnt mit auflagernden Terrassenschottern treten verbreitet Beckenablagerungen auf.

Im Modellgebiet ist in weiten Bereichen als jüngstes pleistozänes Sediment eine unterschiedlich mächtige Löß- bzw. Lößlehmdecke abgelagert. In Niederungen von Fließgewässern treten holozäne Auelehme auf. Dort, wie auch über Subrosionssenken, finden sich vereinzelt geringmächtige Niedermoortorfe (vgl. Kap. 2.1.2).

Die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zur Lithostratigraphie und Sedimentpetrographie sind als Basis für unsere Prüfung ausreichend.

#### Sonstige mineralogisch-petrographische Untersuchungsergebnisse

Neben der vorstehenden lithostratigraphischen und sedimentpetrographischen Beschreibung der im Modellgebiet anstehenden Gesteine legte der Antragsteller noch weitere detaillierte Untersuchungsergebnisse vor, die nicht nur die Gesteinsbeschreibung vervollständigen sondern auch einen Beitrag zur Charakterisierung der Barrieregesteine liefern.

#### - Halitgehalte in den Gesteinsproben

Geochemische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen weisen speziell im Bereich der Unterkreide an Gesteinsproben aus den Schächten Konrad 1 und 2, der Tiefbohrung Konrad 101 sowie aus dem Grubengebäude Konrad Halitanteile von bis zu 30 M.-% nach. Es handelt sich dabei um idiomorphe Kristalle als Porenraumfüllung oder um rasenartige Besätze an Feinstklüften (EU 32.1, EU 120;

s.a. SCHLOENBACH 1981). Der unter atmosphärischen Bedingungen ausfallende Halit bestätigt das Vorkommen salinärer Porenlösungen in Unterkreide- und Jura-Gesteinen (s. Kap. 3.2.4).

- Kluftminerale

Während des Abteufens der Schächte Konrad 1 und 2, der Auffahrung untertägiger Grubenhohlräume und des Niederbringens der Tiefbohrung Konrad 101 wurden wiederholt verheilte Klüfte angefahren. Bei den Kluftfüllungen handelt es sich im wesentlichen um Calcit, Anhydrit und untergeordnet um Halit, Pyrit und sonstige Sulfidminerale (vgl. Gesteinsproben im Kernlager der BGR/Hannover und Monatsberichte der Markscheiderei Konrad ■■■ zur untertägigen Erkundung und zu betriebsnotwendigen Auffahrungen). Coelestin tritt nur auf N-S-gerichteten Klüften und Spalten auf (s. Kap. 2.1.4.3.2).

- Radiologische Grundbelastung

Ein Vergleich der Angaben zu den Thorium- und Urangehalten in Plan 4/90 (Plankapitel 3.1.8.2, s.a. S. 101) mit eigenen Auswertungen im Rahmen der Prüfung ergab, daß die mittleren Thorium-Gehalte im Eisenerz übereinstimmen, der mittlere Uran-Gehalt im Eisenerz in unseren Stichproben aber etwas höher ist. Die Bewertung dieser Befunde erfolgt im Gutachten des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt. Ferner ist zu erkennen, daß die mittleren Thorium- und Uran-Gehalte des Nebengesteins geringer sind als die des Eisenerzes im Korallenoolith. Dies entspricht den aus der Literatur bekannten CLARKE-Werten. Die folgenden Tabellen geben Analysenergebnisse des NLfB wieder:

Thorium- und Uran-Gehalte im Eisenerz ( $Fe_2O_3 > 10$  Massen-%)

Element	Zahl der Proben	Minimalwert	Mittelwert	Maximalwert
Thorium (mg/kg)	18	8	23,7	38
Uran (mg/kg)	12	< 7 *	9,1	16

\* Nachweisgrenze RFA 1994

Thorium- und Uran-Gehalte im gesamten Korallenoolith  
(Eisenerz und Nebengesteine)

Element	Zahl der Proben	Minimalwert	Mittelwert	Maximalwert
Thorium (mg/kg)	63	5	16,1	38
Uran (mg/kg)	45	< 7 *	5,8	16

\* Nachweisgrenze RFA 1994

- Quellverhalten der Unterkreide-Tonsteine in der Deckgebirgsbarriere

Unter dem Quellverhalten der tonigen Sedimentgesteine der Unterkreide am Standort Konrad wird hier das Quellen, d.h. eine Volumenzunahme der Gesteine, die auf Wasserzutritt zurückzuführen ist, verstanden.

Bei der Quellung von Tonen ist zu unterscheiden zwischen innerkristalliner und osmotischer Quellung von monomineralischen Expanditen (z.B. Smektite wie Montmorillonit) und Expanditen im Gesteinsverband. Diese reversiblen bis teilreversiblen Quellvorgänge werden beeinflusst von der Salinität des Porenwassers, dessen Gehalt an Metallionen und an organischen Verbindungen sowie den jeweiligen Druckrandbedingungen. "Der Quellmechanismus ist eine Kombination der physikalisch-chemischen Reaktion mit Wasser und einer Spannungsminderung, wobei erstere normalerweise die Hauptbeteiligte an der Quellung ist. Der Quellprozess tritt aber nur gleichzeitig mit einer Spannungsminderung auf oder folgt dieser unmittelbar anschließend" (MADSEN & NÜESCH 1990).

Am Standort Konrad wurde von Antragstellerseite an Alb- und Barrêmegesteinen (Untersuchungsstrecken und -bohrungen Schacht Konrad 2) eine Reihe unterschiedlicher Quelluntersuchungen durchgeführt (EU 424, 437, 454, 460).

Quellversuche nach HUDER/AMBERG an Alb-Gesteinen ergaben mit destilliertem Wasser Quelldehnungswerte zwischen 13 und 17 %, mit Salzwasser (Hilssandstein- und Ort-300-Wasser) Werte zwischen 6

und 8.5 %. Mit der gleichen Methodik wurden an Barrêmegesteinen mit destilliertem Wasser 5.7 % und mit Salzwasser (derselben Herkunft wie oben) Werte zwischen 2.4 und 0.2 % ermittelt.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß im Alb und Barrême unter Süßwassereinfluß hohe Quellungsbeiträge vorherrschen, die bei Salzwassereinfluß zwar deutlich zurückgehen, aber immer noch anteilig wirksam werden, wobei sie im Alb wegen der Smektitgehalte deutlich höher liegen als im Barrême. Das Quellvermögen der Tonminerale spielt eine wichtige Rolle bei der Selbstabdichtung von Störungen und Bohrungen und ist damit ein bedeutender Faktor für die Aufrechterhaltung der Schutzwirkung in tonigen Barrieregesteinen.

#### - Vitrinitreflexion und Illitkristallinität

In Anlage 2.1.3/5 erfolgt eine "Zusammenstellung von Vitrinitreflexionsmessungen", d.h. Messungen des Inkohlungsgrades am Standort Konrad. Die Maßangaben der Vitrinitreflexion (in % Rm) wurden zur Einschätzung des Diagenesegrades herangezogen.

Die Ergebnisse der Vitrinitreflexionsmessungen zeigen im Vergleich zu Erdölindustriedaten und Deponieprojekten mittlere bis niedrige Werte. Es besteht nur eine mäßige Zunahme der Werte mit der Teufe. Die Schwankungsbreite der Ergebnisse (in Abhängigkeit von stratigraphischer Einheit oder Teufenlage) ist zwar groß, bewegt sich aber in einem für diese Teufenlage normalen Rahmen.

Was die diagenetische Gesteinsverfestigung betrifft, leiten wir aus den Vitrinitreflexionswerten positive Gesteinseigenschaften (d.h. geringe Gesteinsverfestigung und mäßige Ausbildung von Klüften) im Hinblick auf die Barrierefunktion ab. Es finden sich keine Hinweise auf eine thermische Anomalie. Aufgrund der im Rahmen der geologischen Langzeitprognose vorgenommenen Recherchen ist es wenig wahrscheinlich, daß in der Region Konrad innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre magmatische Ereignisse stattfinden, die durch einen erhöhten Wärmefluß und/oder den Aufstieg von Magmen oder aus Magmen abgespaltenen heißen, chemisch aggressiven, gasreichen wäßri-

gen Lösungen zu einer das geplante Endlager gefährdenden Veränderung der Einlagerungs- und Barrierschichten führen könnten (s. Kap. 2.3.4.2). Änderungen im direkten Bereich der Einlagerungskammern aufgrund der Wechselwirkung zwischen Gesteinen und Abfallinventar (= "nearfield-Effekte") werden vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt begutachtet.

Von der Berücksichtigung der Illitkristallinität als Indikator für den Diageneseegrad sehen wir ab, da der Einfluß primärer Unterschiede (unterschiedliche Primär-Kristallinität detritischer Illitkomponenten und Diversifizierung aufgrund unterschiedlicher geochemischer Milieus) nicht von diagenetisch begründeten Kristallinitätsveränderungen trennbar sind.

Die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zu den sonstigen mineralogisch-petrographischen Untersuchungsergebnissen reichen für unsere Prüfung aus. Die angewandten Verfahren entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik.

#### Räumliche Übertragung der sedimentpetrographischen Untersuchungsergebnisse auf das Modellgebiet

Die im Kapitel 2.1.3.2 angesprochene Datenbasis beinhaltet eine Vielzahl petrographischer, mineralogischer und geochemischer Untersuchungsergebnisse. Die analysierten Gesteinsproben stammen im wesentlichen aus den Schächten Konrad 1 und Konrad 2, der Tiefbohrung Konrad 101 und den Untersuchungsbohrungen im Bereich der Mittel-Alb-Strecke (342 m Teufe) und der Mittel-Barrême-Strecke (541 m Teufe) am Schacht Konrad 2. Für den Bereich der Grube Konrad liegt eine für die sedimentpetrographische Charakterisierung der Gesteine ausreichende Zahl von Untersuchungen und Analysen vor.

Der Antragsteller legte 1988 zum Nachweis der räumlichen Übertragbarkeit dieser Befunde den BGR-Bericht "Revision von Tiefbohrungen" (EU 232) vor. Geophysikalische Bohrlochmessungen von zahlreichen Tiefbohrungen wurden mit revidierten Profilen der Schächte

Konrad 1 und Konrad 2, der Tiefbohrung Konrad 101 und mit neubearbeiteten mikropaläontologischen Proben aus den Schächten Konrad 1 und 2 und zahlreichen Bohrungen korreliert.

Die Anlage 2.1.3/6 wurde dem Anlagenband zu EU 232 (dort Anl. 11) entnommen und zeigt eine allgemein zur Korrelation der Schichtglieder der Kreide und des Jura benutzte Gegenüberstellung der SP- und Widerstandslogs mit dem Litholog.

Die Übertragbarkeit der am Standort auf der Basis von Laboruntersuchungen definierten Lithofazies auf das Modellgebiet wurde damit vom Antragsteller belegt.

#### Die Barriereigenschaften aus petrographischer, mineralogischer und geochemischer Sicht

Von Antragstellerseite wurden die mineralische Zusammensetzung eines Gesteines, die Korngrößenverteilung und das Gefüge und Mikrogefüge (vgl. EU 370, EU 450, EU 451, EU 452) als wesentliche Einflußgrößen für die Bewertung der Barriereigenschaften aus sedimentpetrographischer Sicht herangezogen (s.a. ECKHARDT 1991, 1993).

Bei der mineralischen Gesteinszusammensetzung wirken sich erhöhte Anteile von Smektiten, Zeolithen und Vermiculiten besonders positiv auf die Barriereigenschaften der Gesteine aus. Günstig sind hohe Gehalte an Illit/Glimmer und Kaolinit.

Im Sinne günstiger Barriereigenschaften positiv zu beurteilen ist auch eine geeignete Korngrößenverteilung (Fuller-Verteilung) und ein hoher Anteil fein- bis feinstkörniger Partikel.

Bei der Betrachtung der Mikrogefüge spielt die feinstrukturelle Anordnung der Tonmineralpartikel eine wesentliche Rolle (in smektitreichen Gesteinen auftretende offene Wabengefüge, in einigen illitisch-kaolinitisch geprägten Schichten vorherrschende dichte Parallelgefüge). Die Barriereigenschaften toniger Sedimente hängen auch vom Grad der Zementierung (Calcit und Kieselsäure) ab.

Die Auswirkungen des Mikrogefüges und der Zementierung auf die Barriereigenschaften toniger Gesteine sind z.T. noch Gegenstand von F&E-Arbeiten.

Die genannten Bewertungskriterien wurden vom Antragsteller nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zur Beurteilung von Barriereigenschaften herangezogen.

### 2.1.3.3 Bewertung zur Petrographie, Mineralogie und Geochemie

Für den Nachweis der sicherheitstechnischen Realisierbarkeit des Endlagers Konrad war u.a. die Bewertung der Qualität der einzelnen Gesteinseinheiten als natürliche Ausbreitungsbarrieren aus sedimentpetrographischer Sicht und die detaillierte Charakterisierung der Gesteine im Bereich der geplanten Einlagerungshohlräume erforderlich. Bei Sedimentgesteinen werden die Rückhalteeigenschaften gegen eine Schadstoffausbreitung im wesentlichen von der Korngrößenverteilung, der mineralischen Zusammensetzung, dem Gefüge und dem Diageneseegrad bestimmt.

Zum Beleg der Planaussagen legte der Antragsteller insgesamt 41 Berichte und Stellungnahmen als Erläuternde Unterlagen zu sedimentpetrographischen Fragestellungen vor.

Neben ausführlichen Gesteinsbeschreibungen wurden vom Antragsteller mineralogische und geochemische Analysenergebnisse von etwa 800 Gesteinsproben vorgelegt. Wesentliche Untersuchungsverfahren waren dabei die Röntgenfluoreszenzanalyse zur Bestimmung der geochemischen Zusammensetzung, die röntgendiffraktometrische Mineralbestimmung, Dünnschliff- und Rasterelektronenmikroskopie und die Korngrößenbestimmung. An etwa 120 Gesteinsproben führten wir mit entsprechenden Bestimmungsmethoden stichprobenartige Überprüfungen durch.

Unsere Prüfung bestätigt die in den Antragstellerunterlagen vorgelegten Analysenergebnisse und Befunde. Probennahme und Probenbehandlung erfolgte jeweils korrekt. Die Zahl der Gesteinsproben und

die angewandten Untersuchungsverfahren reichen für eine detaillierte, sedimentpetrographische Charakterisierung der Gesteinseinheiten am Standort Konrad aus. Die Analytik wurde nach Stand von Wissenschaft und Technik durchgeführt.

Für die Liegendschichten unterhalb des Cornbrash-Sandsteins liegen keine, direkt am Standort Konrad gewonnenen, analytischen Nachweise vor. Die Aussagen von Antragstellerseite hierzu beruhen wie unsere Prüfergebnisse auf der Auswertung von Probenmaterial aus älteren Tiefbohrungen der Erdölindustrie und der Erzexploration sowie von Schichtenverzeichnissen und geophysikalischen Bohrlochmessungen älterer Tiefbohrungen (insbesondere EU 232). Die Belegdichte nimmt mit zunehmender Teufe ab.

Nach Prüfung der vorgelegten Unterlagen und der verfügbaren Literatur sind wir der Auffassung, daß die Aussagen des Antragstellers für den Bereich Dogger bis Muschelkalk belegt sind.

Die im Rahmen von Streckenauffahrungen und Lagerbegrenzungsbohrungen im Bereich der Einlagerungsschichten nach Stand von Wissenschaft und Technik vorgenommenen Untersuchungen belegen die lithologische Gesteinsausbildung im Bereich der geplanten Einlagerungshohlräume und bilden eine ausreichende Basis für unsere Prüfung.

Die am Standort ausgebildeten Gesteinsserien im Deckgebirge, die Hangendschichten (Quartär bis Kimmeridge) mit den Hauptgesteinshorizonten (Alb, Apt, Barrême) sind durch die vorliegenden Untersuchungen ausreichend beprobt, analysiert und beschrieben.

Der Antragsteller faßt seine Ergebnisse wie folgt zusammen: Grundsätzlich sind alle das geplante Endlager umhüllenden Gesteinsserien Barrieren. Aufgrund ihrer mineralischen Zusammensetzung (Tonminerale, Quarz, Calcit), ihres Gefüges und ihrer Schichtmächtigkeiten besitzen die Tonsteine des Alb, Apt, Barrême, Hauterive und Dogger Eigenschaften, die sie als besonders wirksame Barrieregesteine ausweisen.

Die tonigen Sedimente des Alb (Ausnahme: Oberalb in Flammenmergel-fazies) und Oberapt weisen aus sedimentpetrographischer Sicht durch hohe Smektitanteile in der Matrix, Zeolithführung, hohe Feinkornanteile, geringe bis mäßige Verfestigung und überwiegend als Detritus oder Mikrofossilreste vorliegende Karbonatanteile besonders wirksame Barriereigenschaften auf. Wegen des gegenüber dem Alb fehlenden Smektitanteils in der Matrix, der größeren Inhomogenität in der mineralischen Zusammensetzung und der etwas höheren Verfestigung sind die Barriereigenschaften des Unterapt, Barrême, Hauterive und toniges Valangin (= tonige Unterkreide) etwas ungünstiger. Sie stellen jedoch ebenfalls besonders wirksame Barrieregesteine dar. Trotz ihrer gegenüber den tonigen Unterkreidegesteinen höheren Verfestigung gehören auch die tonigen Doggersedimente noch zu den besonders wirksamen Barrieregesteinen.

Zusätzlich ließ der Antragsteller Versuche zum Quellverhalten der tonigen Sedimentgesteine im Bereich der wichtigsten Barrierschichten Alb und Barrême durchführen. In Alb- und Barrême-Gesteinen treten unter Süßwassereinfluß hohe Quellungsbeträge auf, bei Salzwassereinfluß deutlich geringere, wobei sie im Alb wegen der hohen Smektitgehalte jeweils deutlich höher als im Barrême liegen. Es wurde gefolgert, daß es bei alten Tiefbohrungen in den betroffenen Gebirgseinheiten zum Zuquellen der Bohrungen kommt und daß die Ausbildung weitreichender offenstehender Klüfte in diesen Gesteinen nicht zu unterstellen ist.

Unsere Prüfung ergab, daß die vom Antragsteller zu den Hangendschichten vorgelegten Untersuchungsergebnisse von uns bestätigt werden. Die Beurteilung der Barriereigenschaften aus sedimentpetrographischer Sicht und die Untersuchungen zur Bestimmung des Quellverhaltens wurden nach Stand von Wissenschaft und Technik vorgenommen.

Für den Nachweis der räumlichen Übertragbarkeit der detaillierten sedimentpetrographischen Untersuchungsergebnisse aus dem Deckgebirge und dem Bereich der Grube auf das Modellgebiet wurden vom Antragsteller eine Vielzahl von Tiefbohrdaten ausgewertet (geophy-

sikalische Bohrlochmessungen, mikropaläontologische Befunde, Schichtenverzeichnisse) und mit den Ergebnissen der Untersuchungen im Nahbereich der Grube korreliert.

Die Prüfung der zum o.g. Thema vorgelegten Unterlagen ergab, daß die am Standort durch Geländebefunde und Laboruntersuchungen ermittelte Lithofazies auf das Modellgebiet übertragbar ist.

Insgesamt ergab die Prüfung der vom Antragsteller zur Petrographie, Mineralogie und Geochemie vorgelegten Unterlagen, daß wir die darin dargestellten Analysenergebnisse und Befunde bestätigen und daß die Beurteilung der Gesteinseinheiten im Modellgebiet aus sediment-petrographischer Sicht nach Stand von Wissenschaft und Technik vorgenommen wurde.

#### 2.1.4 Tektonik (Anl. 2.1.4/1-14) ( [REDACTED] )

##### Vorbemerkungen zur Zielsetzung, zur Darstellung des Antragstellers, zu unseren Stellungnahmen sowie zur Nomenklatur

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. Kap. 2.1.2) zur Grundlage für die geowissenschaftliche Untersuchung und Bewertung des Endlagervorhabens in der Grube Konrad.

Zur Tektonik im Standortbereich beschreibt der Antragsteller im Plankapitel 3.1.9.2 "Strukturgeologie" die für die nähere Umgebung der Schachtanlage Konrad erstellten Tiefenlinienpläne von 13 seismisch kartierbaren Reflektoren von der Oberkreide- bis zur Zechstein-Basis.

Danach folgen Angaben zur "Kleintektonik", zur "Fernerkundung" und über "die Strukturen und ihre Entwicklung" im Modellgebiet Konrad.

In diesem Text wird dagegen zunächst auf die "Fernerkundung", danach auf die "Strukturgeologie" (die Strukturen und ihre Entwicklung) und schließlich auf die "Kleintektonik" eingegangen; die Beschreibung der Tiefenlinienpläne wird bei der "Strukturgeologie" berücksichtigt. Mit diesem Konzept reicht unsere Darstellung, der besseren Übersichtlichkeit halber, von großräumigen regionalen über kleinräumige lokale tektonische Strukturen bis zu teilweise eng begrenzten Störungs- und Kluftsystemen (Kleintektonik).

Die Beschreibung des Antragstellers stützt sich "in hohem Maße" auf die Ergebnisse der 1984 durchgeführten reflexionsseismischen Messungen und darüber hinaus auf "alle weiteren Informationsquellen". Die Anlage 3.1.9.2/5 zum Plan Konrad 4/90 zeigt einen Überblick über alle tektonischen Strukturen im Bereich der Schachtanlage Konrad sowie im gesamten Modellgebiet Konrad.

Der Antragsteller wendet sich gegen eine Reihe regionaler tektonischer Begriffe, wie z.B. "Gifhorner Trog", "Gifhorner" und "Bleckenstedter Mulde", "Üfinger" und "Köchinger Teilmulde" u.a., weil sie terminologisch unzutreffend und nicht ausreichend genau zu definieren seien. Der Gifhorner Trog sei "kein einheitliches tektonisches Gebilde", sondern ein System von Randsenken der Salzstöcke Broistedt, Vechelde, Wendeburg-Rolfsbüttel, Gifhorn, Vorhop und Wittingen. Insoweit seien auch die genannten Mulden und Teilmulden keine echten tektonischen Mulden, sondern Salzstock-Randsenken. Dieser Deutung und Definition stimmen wir zu.

Der aus der Grube bekannte Bleckenstedter Sprung wurde auch reflexionsseismisch identifiziert. Von den Störungen des aus der Grube bekannten Sauinger Grabens läßt die "Nordstörung" einen "bedeutenden Verwurf" erkennen, während der Verwurf an den übrigen Störungen zu klein ist, um seismisch erfaßt werden zu können. "Im Sinne einer angemessenen Bewertung der einzelnen Elemente" hat der Antragsteller die "Nordstörung" des Sauinger Grabens als "Sauinger Sprung" und den Bereich zwischen Sauinger und Bleckenstedter Sprung als "Konrad-Graben" bezeichnet. Die Begriffe Konrad-Sprung und Sauinger Graben werden wie bisher gebraucht. Diesem Vorgehen des Antragstellers stimmen wir ebenfalls zu.

Vom Antragsteller neu eingeführt werden die Begriffe "Immendorfer Störung", "Drütter Störung" und nach Literaturangaben der "Drütter Sporn". Auch diesem Vorgehen des Antragstellers stimmen wir zu (Einzelheiten zu den vorgenannten Strukturen vom Konrad-Graben bis zum Drütter Sporn siehe besonders im Kap. 2.1.4.2 dieses Textes).

#### 2.1.4.1 Fernerkundung

##### 2.1.4.1.1 Darstellung des Antragstellers

Die vom Antragsteller auf LANDSAT-Satellitenbildern (MSS und TM) im Modellgebiet Konrad und seiner Umgebung erkannten Lineationen gehören hauptsächlich zu zwei regionalen Lineationsnetzen, nämlich

einem etwa N-S- und einem etwa 70°-streichenden System; untergeordnet treten auch Richtungen um NW-SE auf. Ein direkter Bezug zwischen Lineationen und Störungen aus der geologischen Karte sowie aus dem Untergrund bekannten Strukturen läßt sich weitgehend ausschließen. Mögliche Ausnahmen liegen in Teilbereichen von Salzstockrändern, bei der Drütter Störung, bei einer Aufschiebung im Bereich Lichtenberg und einer Störung bei Salzgitter-Bad. Die Hauptrichtungen der Lineationen stimmen mit bevorzugten Richtungen von Trennflächen in der Oberkreide besser überein als mit solchen im Jura. Die Richtung um N-S zeichnet sich im Untergrund in den Salzstock-Reihen sowie in einigen größeren Störungen ab. Die Richtung um 70° tritt bei größeren Strukturen des Untergrundes nur im Westen des behandelten Gebietes auf.

#### 2.1.4.1.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zur Fernerkundung beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- ADLER & KRONBERG (1976), BETZ et al. (1987), BRINCKMEIER (1957), CARLÉ (1938), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), DROZDZEWSKI (1988), DULCE & GRONEMEIER (1982), ELLENBERG (1992), FRANKE et al. (1989), FÜRST (1980), GEITNER (1961), GERSEMANN (1989), GÜNTHER (1977), HEINRICH (1977), IAEA (1985), JARITZ (1986), KAUFMANN et al. (1989), KRONBERG (1966, 1977a, 1977b, 1985, 1988), KÜHNE (1932), MILINGOS (1980), MÜHLFELD (1976), RICHTER (1934), SCHLOENBACH (1985), STEWART et al. (1991), WOLDSTEDT (1932a, 1932b, 1933), WREDE (1988), WUNDERLICH (1973a, 1973b, 1973c), ZIEGLER (1982, 1987).

- [REDACTED] [1985]

- EU 202, EU 257.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung sind vom Antragsteller mittels Auswertung verschiedener Satellitenbilder sogenannte Lineationen (Photolineationen), also geradlinige oder schwach gekrümmte lineare Strukturelemente, kartiert worden, die sich auf den Bildern z.B. nach Morphologie, Vegetation und Bodenfeuchte im Grauton bzw. durch Farbunterschiede abzeichnen.

Die Lineationen können, wenn sie nicht anthropogenen Ursprungs sind, entweder noch unbekannte Strukturen anzeigen oder bereits durch geologische und/oder geophysikalische (seismische) Kartierung bekannt gewordene Strukturelemente bestätigen. Im Modellgebiet suchte der Antragsteller insbesondere nach noch unbekanntem Strukturen bzw. Strukturelementen, wobei man sich auf die Ergebnisse früherer Arbeiten in Nord- und Westdeutschland stützen konnte (ADLER & KRONBERG 1976, KRONBERG 1988).

Die Umgebung der Schachtanlage Konrad ist ein stark anthropogen geprägtes Gebiet. Die mesozoischen Schichten sind dort meist durch quartäre Lockergesteine verdeckt. Hierin dürfte der Grund dafür liegen, daß der Antragsteller bei der Auswertung relativ großmaßstäblicher Luftbilder, die zahlreiche anthropogen verursachte Details zeigen, erfolglos blieb. Jedoch ließen Satellitenbilder ein positives Arbeitsergebnis erwarten, wofür aus der Literatur Beispiele bekannt sind (MÜHLFELD 1976, HEINRICH 1977).

Die folgenden Satellitenbilder sind vom Antragsteller auf Photolineationen im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung untersucht worden:

- LANDSAT-Multispectral-Scanner-Aufnahme (MSS-Aufnahme), Farb- und Schwarzweißabzug, Kanal 7, Auflösung etwa 90-100 m, Aufnahmedatum 09.08.1975;
- LANDSAT-Thematic-Mapper-Aufnahme (TM-Aufnahme), Farbabzug, Kanäle 7, 4 und 2, Auflösung etwa 40-50 m, Aufnahmedatum 27.04.1984;
- LANDSAT-Thematic-Mapper-Aufnahme (TM-Aufnahme), Farbabzug, Kanäle 7/1, 4 und 2, Auflösung etwa 40-50 m, Aufnahmedatum 01.10.1986.

Im Untersuchungsgebiet wurden vom Antragsteller zahlreiche Photolineationen festgestellt, die hauptsächlich zu zwei regionalen bis überregionalen Lineationssystemen gehören, nämlich einem um N-S (meist NNE-SSW) und einem um 70° (NE-SW) streichenden System. Daneben kommen lokal auch um NW-SE-streichende (NW- und WNW-gerichtete) Photolineationen vor. Zum Vergleich mit den aus der Geologischen Karte 1:25 000 und den aus dem tieferen Untergrund durch Bohrungen und Seismik bekannten Störungen und sonstigen Strukturen, wie z.B. Salzstöcken, wurden alle kartierten Photolineationen und alle bekannten Strukturelemente auf einer topographischen und auf einer Strukturkarte jeweils im Maßstab 1:100 000 dargestellt. Ferner sind für den Südteil des Modellgebietes Photolineationen und Feuchtgebiete auf einer topographischen Karte 1:50 000 eingetragen (EU 257).

Die vergleichende Untersuchung ergab, daß sich die Photolineationen im Modellgebiet und seiner näheren Umgebung wider Erwarten meist nicht direkt den aus der Geologischen Karte und aus dem tieferen Untergrund bekannten Störungen und sonstigen Strukturen zuordnen lassen, obwohl z.B. die Aufschiebungen im Salzgitter-Höhenzug und bei Rühme-Vordorf-Meine sowie die östliche Randstörung des Calberlah-Grabens oberflächennah unter geringmächtigen Quartär-Schichten ausgehen. Ausnahmen gibt es jedoch in Teilbereichen von Salzstockrändern (Ostrand des Salzstockes Rolfsbüttel-Wendeburg, Westrand des Salzstockes Thiede, Nordrand des Salzstockes Broistedt), an der Drütter Störung, an einer Aufschiebung in den Lichtenbergen, an einer Störung in Salzgitter-Bad sowie teilweise im Bereich der Immendorfer Störung. Ferner zeichnet sich die Lineationsrichtung um N-S im Untergrund in den Salzstöcken und in einigen größeren Störungen ab, während sich die Richtung um 70° (ENE-WSW) in größeren Strukturen des Untergrundes nur im Westen des Untersuchungsgebietes findet (EU 257).

Die Hauptrichtungen der Photolineationen stimmen im Modellgebiet mit den bevorzugten Richtungen von Trennflächen in den Oberkreide-Gesteinen besser überein als mit solchen in den Jura-Gesteinen. Die auf den Satellitenbildern kartierten Feuchtgebiete korrelieren

gut mit Bereichen mit mehr als 2 m Mächtigkeit der Quartär-Sedimente, aber weniger gut mit den quartären Rinnen im Modellgebiet (EU 257).

Unsere Prüfung dieser Arbeitsergebnisse des Antragstellers ergab, daß die Aussagen insgesamt begründet sind und auf der Auswertung geeigneter Satellitenbilder beruhen. Der Antragsteller hat allerdings nicht im einzelnen und nachvollziehbar dargelegt, ob und warum die drei benutzten Satellitenbildszenen (MSS im VIS- und NIR-Bereich, TM zusätzlich im SWIR-Bereich) und die zur Interpretation herangezogenen Kanalkombinationen (Ratios) die für diese Bearbeitung bestmöglichen Varianten darstellen.

Eine Erweiterung und eventuelle Verbesserung der Arbeitsergebnisse durch Beschaffung weiterer MSS- und TM-Szenen und deren Auswertung wären zwar möglich, aber relativ aufwendig, und gute Erfolgsaussichten sind keinesfalls sicher zu erwarten. Ferner würden die Erweiterung und die Detailoptimierung von unterschiedlichen Ratios bei den gegebenen Boden- (im wesentlichen OH- und Fe-Banden) und Vegetationsverhältnissen (Chlorophyll-Banden) vermutlich zu Schwierigkeiten bei der Nachvollziehbarkeit der Interpretation aufgefundener Bildeffekte führen.

Das gesamte Modellgebiet Konrad ist vor allem durch Tiefbohrungen und reflexionsseismische Messungen geologisch so gut bekannt, daß die Entdeckung bisher unbekannter Strukturen oder Strukturelemente durch Fernerkundung ausgeschlossen werden kann. Somit werden die vom Antragsteller zur Fernerkundung im Modellgebiet Konrad vorgelegten Auswertungen unsererseits als ausreichend akzeptiert.

Auf Grund der Gesamtinterpretation der Lagerungsverhältnisse der Schichten und der strukturgeologischen Entwicklung gehen wir trotz teils fehlender Bestätigung aus der Fernerkundung auch aus Konservativitätsgründen weiterhin u.a. vom Ausstreichen größerer Störungsbahnen unter Quartär-Schichten im Modellgebiet aus (z.B. Salzgitter-Höhenzug, Bereich Rühme-Vordorf-Meine, Calberlah-Graben).

## 2.1.4.2 Strukturgeologie

### 2.1.4.2.1 Darstellung des Antragstellers

Die Lagerungsverhältnisse der Schichten in der näheren Umgebung der Schachanlage Konrad wurden vom Antragsteller in einer Serie von Tiefenlinienplänen dargestellt, die nach den Ergebnissen der 1984 durchgeführten reflexionsseismischen Messungen und aller vorhandenen und revidierten Bohrungen bearbeitet worden sind. Nur die Tiefenlinienpläne "Basis Bathonium", "Basis Oxford" und "Basis Unterkreide" liegen dem Plan Konrad 4/90 bei (Abb. 3.1.9.2/1 bis 3.1.9.2/3). Sie zeigen nur den Südteil des Modellgebietes Konrad. Die Teufenangaben sind auf NN bezogen, wie es für Tiefenlinienpläne generell üblich ist.

Die tiefste mit den vorhandenen Daten untersuchte Grenzfläche ist die Zechstein-Basis. Sie liegt im Süden des bearbeiteten Gebietes in etwa 2500 m Tiefe, taucht nach Norden bis etwa 3600 m ab und steigt im Südwesten deutlich an. Von den im mesozoischen Oberbau bekannten Störungen dürften nur die Immendorfer Störung und der Sauinger Sprung die Zechstein-Basis betroffen haben.

Die Basis des Unteren Buntsandstein liegt generell mehr als 2000 m tief. Zwischen den Salzstöcken Broistedt-Vechelde und Thiede taucht sie nach Norden auf mehr als 2700 m, nach Nordwesten auf mehr als 3500 m Tiefe ab, während sie am Fuß des Ausläufers des Salzstockes Thiede bei Adersheim weniger als 1300 m Tiefe erreicht. Bedeutendste Verwerfungen sind die Immendorfer Störung und der Sauinger Sprung.

Die Basis des Oberen Buntsandstein liegt meist in Tiefen zwischen 1700 m und 3000 m, wobei wiederum ein Abtauchen nach Norden und Nordwesten und ausgeprägte Hochlagen am Westausläufer des Salzstockes Thiede festgestellt wurden. Bedeutendste Verwerfungen sind abermals die Immendorfer Störung und der Sauinger Sprung.

Die Keuper-Basis liegt meist 1500-2000 m tief und erreicht nördlich Lengede 2600 m Tiefe, während sie an und über dem Salzstock Thiede deutlich flacher liegt. An der Immendorfer Störung ist sie mit etwa 800 m deutlich stärker verworfen als alle anderen kartierten Schichtgrenzen. Auch Sauinger und Bleckenstedter Sprung haben die Keuper-Basis betroffen.

Die Lias-Basis liegt größtenteils 1200-1800 m tief und erreicht bei Lengede und Bodenstedt mehr als 2200 m Tiefe, findet sich aber in der Überdeckung und an den Flanken des Salzstockes Thiede in teilweise weniger als 200 m Tiefe. Bedeutendste Verwerfungen sind die Immendorfer Störung sowie der Sauinger und der Bleckenstedter Sprung.

Die Basis des Obertoarcium liegt zwischen den Salzstöcken Broistedt-Vechelde und Thiede maximal etwa 1600 m, westlich des Salzstockes Vechelde um 2000 m und im Osten am Drütter Sporn unter geringmächtiger Unterkreide-Überdeckung nur etwa 100 m tief. Wichtigste Verwerfungen sind wiederum die Immendorfer Störung sowie der Sauinger und der Bleckenstedter Sprung.

Die Bathonium-Basis findet sich zwischen den Salzstöcken Broistedt-Vechelde und Thiede in Tiefen von 500-1500 m, wobei die Achse der Maximaltiefen etwa 1 km östlich der Salzstöcke Broistedt-Vechelde liegt. Nördlich und westlich der letztgenannten Salzstöcke liegt sie 1000-2000 m und am Drütter Sporn etwa 350 m tief. Sauinger und Bleckenstedter Sprung zeigen sich deutlich, während der Verlauf weiterer Störungen unklar ist.

Die Oxford-Basis liegt östlich der Salzstöcke Broistedt-Vechelde etwa 500-1400 m und nordwestlich davon 700-1700 m tief. Bedeutendste Verwerfungen sind die drei Hauptstörungen des Konrad-Grabens, also Sauinger, Bleckenstedter und Konrad-Sprung. Zahlreiche weitere Störungen mit Versetzungsbeträgen "von einigen Metern" sind aus den Grubenaufschlüssen bekannt.

Die Lage der Basis des Kimmeridge ist der des Oxford sehr ähnlich, die Maximaltiefe aber etwa 100 m geringer. Die Tiefenlinien des

Portland zeigen ebenfalls ein ähnliches Bild. Nur am Südrand des Vorkommens, an der Ostflanke des Salzstockes Broistedt, taucht es mehr als 1300 m tief ab.

Die Unterkreide-Basis (Wealden bis Apt) liegt nach dem Tiefenlinienplan des Antragstellers in Bereichen zwischen oberhalb NN und mehr als 1500 m Tiefe unter NN. Bedeutendste Verwerfungen sind die oben genannten Störungen des Konrad-Grabens sowie die Drütter Störung. Nördlich des Sauinger Sprunges finden sich die Maximaltiefen von etwa 700 m ungefähr in der Mitte zwischen den Salzstöcken Broistedt-Vechelde und Thiede. Im Konrad-Graben und südlich davon, am Salzstock Broistedt, im Bereich Broistedt-Lengede und nordöstlich des Salzgitter-Höhenzuges sind die Maximaltiefen wesentlich größer, während in der Überdeckung des Salzstockes Thiede und seiner Randsenke einschließlich des Drütter Sporns nur geringe Tiefenlagen der Unterkreide-Basis beobachtet werden.

Die Verteilung der Tiefenlinien des Alb ähnelt hinsichtlich der Lage der Achsen von Hoch- und Tieflagen der tieferen Unterkreide sehr. Die Tiefen selbst sind entsprechend der stratigraphischen Position geringer. Die Tiefenmaxima betragen zwischen Üfingen und Thiede etwa 550 m, bei Broistedt etwa 750 m und bei Salder vor dem Salzgitter-Höhenzug etwa 1400 m. Erkennbar ist die Drütter Störung, aber ob am Sauinger und am Bleckenstedter Sprung jeweils ein kleiner Verwurf des Alb (maximal etwa 20 m) vorliegt, ist unklar.

Die Tiefenlinien der Oberkreide-Basis schließlich zeigen eine gegenüber dem Alb unveränderte Position von Hoch- und Tieflagen. Die Maximaltiefen betragen zwischen Üfingen und Thiede etwa 350 m, bei Broistedt über 400 m und bei Salder etwa 900 m. Am NE-Ende des Salzstockes Broistedt ist in der Salzstocküberdeckung mit einer Störung mit etwa 100 m Verwurf zu rechnen.

Das mit dieser Bearbeitung abgedeckte Gebiet zwischen dem Salzgitter-Höhenzug und den Salzstöcken Flachstökheim, Thiede und Broistedt-Vechelde hat seine "Prägung" durch das Zusammenwirken von epirogenen, bruchtektonischen und halokinetischen Vorgängen erfah-

ren. Seine Entwicklungsgeschichte wird von den erarbeiteten Tiefenlinienplänen und den reflexionsseismischen Profilen abgeleitet.

Das älteste Strukturelement ist die Immendorfer Störung. Sie trennte in der Zeitspanne Unterer und Mittlerer Buntsandstein eine sich stark senkende Ost- von einer sich weniger senkenden Westscholle. Aber schon in der Zeitspanne Oberer Buntsandstein und Muschelkalk kam es zu einer Tendenzumkehr, denn von nun an sank die Westscholle stärker ein als die Ostscholle. In der Keuper- und Lias-Zeit war die Störung mit starkem Absinken der Westscholle aktiv. Diese Tendenz ist noch bis in die Dogger-Zeit nachweisbar, doch haben die Bewegungen am Nordende der Störung bereits in der Lias-Zeit aufgehört. Vor Beginn der Unterkreide-Transgression ist die Immendorfer Störung einschließlich ihrer Begleitstörungen vollständig zur Ruhe gekommen.

Der Konrad-Graben wird im Süden vom Bleckenstedter und im Norden vom Sauinger Sprung begrenzt, die beide noch Begleitstörungen aufweisen. Die Hauptsprünge enden im Westen an den Salzstöcken Broistedt-Vechelde und im Osten dort, wo sie aufeinandertreffen.

Der östlich anschließende Bereich ist nach einem reflexionsseismischen Nord-Süd-Profil ungestört, so daß die Sprünge nicht bis zum Salzstock Thiede reichen. Die seigeren Verwürfe betragen beim Bleckenstedter und Sauinger Sprung etwa 100 m, beim Konrad-Sprung etwa 30 m und an einer nördlichen Begleitstörung des Sauinger Sprunges etwa 40 m.

Nach Auswertung aller Grubenaufschlüsse, Tiefbohrungen und der Reflexionsseismik kommt der Antragsteller zu dem Schluß, daß der Konrad-Graben während der Ablagerung der Eisenerzlager im Oxford noch nicht bestand. Die Mächtigkeitsverteilungen der Schichten belegen, daß nach möglicherweise ersten kleineren Bewegungen im höchsten Malm die Bewegungen an den Grabenrandstörungen vor allem im Hauterive und Barrême stattfanden. Das zeitliche Ende dieser Aktivität konnte nicht genau erfaßt werden. Oberapt und tiefstes Alb können an den Sprüngen noch um maximal 20 m verworfen sein. An

der genannten Begleitstörung nördlich des Sauinger Sprunges sind seit dem Oberapt keine Bewegungen mehr erfolgt.

Als Ursache für die Entstehung des Konrad-Grabens werden epirogen-tektonische Vorgänge im Zusammenhang mit der Einsenkung des Niedersächsischen Beckens genannt, wofür das Streichen und die Bewegungszeit der Störungen sprechen. Halokinetische Ursachen sind auszuschließen, weil der Sauinger Sprung bis in den Präzechstein hinabreicht.

Die Drütter Störung hat einen seigeren Verwurf von etwa 100 m und war während der tieferen Unterkreide und des Alb aktiv. Auf Grund ihres räumlichen Zusammenhanges mit dem Drütter Sporn wird ein genetischer Zusammenhang mit dessen Hebung vermutet.

Der Antragsteller erwähnt einige weitere Störungen, deren Verlauf im einzelnen nicht geklärt ist und die den Präzechstein, Trias, Lias und Dogger betreffen. Abgesehen vom strukturhohen Bereich des Salzstockes Thiede ist jeweils nachgewiesen, daß an ihnen seit Beginn des Malm bzw. seit Überdeckung durch die transgressive Unterkreide keine Bewegungen mehr erfolgt sind.

Der Salzstock Thiede ist bereits in der Trias durchgebrochen, doch weist die Verteilung der Oberkreide-Tiefenlinien auf weiteren Salzaufstieg in der Zeitspanne Oberkreide bis heute hin.

Für die Salzstöcke Broistedt und Vechelde ist in der Zeitspanne Oberer Buntsandstein und Muschelkalk ein Salzkissen nachweisbar, das sich im Keuper, Lias und tieferen Dogger weiterentwickelte. Der Durchbruch des Salzstockes Vechelde begann im Bathonium; die großen Bathonium-, Callovium- und Malm-Mächtigkeiten in seinen Randsenken sind das Äquivalent des starken Salzaufstieges. Zu dieser Zeit war auch der dem Erdölfeld Broistedt benachbarte Teil des Salzstockes Broistedt bereits durchgebrochen, zumal die nachfolgende Wealden-Sedimentation auf steil aufgerichteten Buntsandstein und Zechstein transgressiv übergriff. Dieser Salzstock kann zunächst nur sehr klein gewesen sein, denn die Randsenken-Entwicklung belegt, daß der größte Teil des Salzes erst in der Unterkrei-

de in den Salzstock gewandert ist, und noch in der Oberkreide müssen kräftige Salznachschübe erfolgt sein. Auch in den Salzstock Vechelde gab es Salznachschübe während der Unter- und Oberkreide, wenn auch in geringerem Maße als in den Salzstock Broistedt. Über dem letzteren liegen Tertiär-Sedimente in einer Subrosionssenke.

Zu den Strukturen in den übrigen Teilen des Modellgebietes Konrad führt der Antragsteller folgendes aus:

Der kleine Salzstock Calberlah ist in der Trias durchgebrochen, und schon im Keuper hat die wechselvolle Überlagerungs- und Abtragungsgeschichte des Salzstockdaches begonnen, die bis ins Tertiär anhielt.

Die Entwicklungsgeschichte des Salzstockes Bechtsbüttel, dessen Südende unter Braunschweiger Stadtgebiet liegt, ist nicht näher bekannt.

Der unregelmäßige Umriss des Salzstockes Gifhorn hängt mit Störungen im tieferen Untergrund zusammen, und seine Kissenentwicklung hat in Trias und Lias, sein Durchbruch im Dogger stattgefunden. Für Malm und Wealden sind sehr starke Salznachschübe belegt; und das Wechselspiel von Überlagerung und Abtragung auf dem Salzstockdach ist vom Wealden bis ins Tertiär zu verfolgen.

Der im Süden mit dem Salzstock Vechelde verbundene Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel hat sich weitgehend gleichzeitig mit dem Salzstock Gifhorn entwickelt. Der Durchbruch dieser Salzstöcke und die kräftigen Salznachschübe sind die Ursache dafür, daß sich der Malmtrog an ihrer Ostseite vom Gebiet der Schachtanlage Konrad bis zur Aller und weiter nach Norden erstreckt.

Die Störung zwischen den Salzstöcken Gifhorn und Wendeburg-Rolfsbüttel ist eine westfallende Abschiebung postunterkretazischen Alters, die wahrscheinlich bis zum Präzechstein hinabreicht. - Eine ostfallende Abschiebung ist das Hauptelement des Störungssystems, das die Salzstöcke Bechtsbüttel und Calberlah verbindet.

Zwischen den Salzstöcken Gifhorn und Calberlah erstreckt sich der Gifhorn-Calberlah-Graben, dessen Randstörungen sich teufenwärts wahrscheinlich verflachen und schneiden. Mindestens eine dieser Störungen versetzt auch den Präzechstein, und die Aktivität des Grabens fällt teilweise in den Malm, hauptsächlich aber in die Unterkreide einschließlich Wealden.

Die Aufschiebungszone Rühme-Vordorf besteht aus zwei parallelen NNW-SSE-streichenden und westfallenden Aufschiebungen, von denen die westliche die bedeutendere ist. Im Norden enden die Aufschiebungen an einer Umbiegung nach Westen, während sie im Süden wahrscheinlich zusammenlaufen und an der Nordspitze des Salzstockes Bechtsbüttel enden. Die Aufschiebungsvorgänge fanden wahrscheinlich in der Zeitspanne Coniac-Santon statt, wobei die westliche Aufschiebung länger aktiv war als die östliche.

Der Salzstock Flachstöckheim ist im Keuper durchgebrochen; kräftige Salznachschübe erfolgten in der Unter- und Oberkreide.

Der Salzgitter-Höhenzug weist bei insgesamt komplizierter Struktur und Unterschieden in seinen einzelnen Abschnitten eine Kombination Nordost-gerichteter Aufschiebungen mit weiteren Störungen und halokinetischen Phänomenen auf. Dabei ist u.a. Zechsteinsalz in das Rötsalz eingedrungen. Die Mächtigkeitentwicklung der Schichten weist auf Bewegungen an Störungen schon in der tieferen Trias hin. Tektonische Aktivität ist ferner für die Zeit vor und während der Unterkreide erkennbar, bis in der Oberkreide die Aufschiebungsvorgänge erfolgten.

#### 2.1.4.2.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zur Strukturgeologie beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- BALDSCHUHN et al. (1985), BÄUERLE (1980), BETZ (1986), BETZ et al. (1987), BEUTLER (1982), BOIGK (1968, 1981), BRINCKMEIER (1957), CARLÉ (1938), DAHLGRÜN (1939a, 1939b), DROZDZEWSKI (1988), ELLENBERG (1992), FAHRION (1953), FRANKE et al. (1989), GAST (1988), GEITNER (1961), GERSEMANN (1989), HANISCH & KLARR (1989), HARK (1954, 1955a, 1955b, 1956), HECHT (1959a, 1959b), HECHT et al. (1957), HEDEMANN (1956), JARITZ (1969, 1973, 1986), JORDAN (1986), KOCKEL (1989a, 1989b, 1991, 1994), KOCKEL et al. (1989), KÖLBEL (1944), KOLBE & SIMON (1969), KÜHNE (1932), LOOK (1985), MILINGOS (1980), MÖCKEL (1982), MÜLLER (1982), PAVONI (1969), PHILIPP et al. (1963), RICHTER (1934), SCHLOENBACH (1985), SCHOTT et al. (1969), SEITZ (1950), VOIGT (1963), WOLDSTEDT (1932a, 1932b, 1933), WREDE (1988), WUNDERLICH (1973a, 1973b, 1973c), ZIEGLER (1982, 1987, 1989).

- [REDACTED] [1985a, 1985b], [REDACTED] [1985], [REDACTED] [1984].

- EU 55, EU 76.1, EU 112.2, EU 178, EU 197, EU 202, EU 247.

#### Vorbemerkungen und Übersicht über den tektonischen Stockwerksbau

Das Modellgebiet Konrad ist strukturgeologisch besonders durch Salzstöcke sowie durch einige größere Störungszonen bzw. Bruchstrukturen gekennzeichnet. Die größeren Störungszonen und regionalen Bruchstrukturen in Niedersachsen "wurzeln" teilweise im Paläozoikum (Varistikum) und/ oder entwickelten sich bevorzugt in der Trias, in der Übergangszeit Jura/Kreide, in der Oberkreide sowie im Alttertiär. Sie beruhen auf Extension (Dehnung), Kompression (Einengung) und teilweise auf Inversion (meist Einengung nach vorangegangener Dehnung) und weisen teils eine vorwiegend vertikale, teils eine vorwiegend laterale Bewegungsrichtung auf.

Besonders die oft im varistischen Untergrund vorgezeichneten Inversionsstörungen bzw. -strukturen werden hier seit kurzem von einigen Autoren auf Seitenverschiebungen (wrench faults) an konvergierenden Schollengrenzen zurückgeführt. Sie sollen in der

Trias, im Jura und in der Unterkreide als Abschiebungen aktiviert worden sein, so daß sich Becken, Gräben oder Halbgräben bildeten. Deren Sedimentfüllungen sind in der Inversionsphase in der Oberkreide auf die Beckenränder bzw. Grabenschultern aufgeschoben worden. Als Ursache der Inversion der Störungszonen gelten die vom Alpenorogen ausgehenden, etwa N-S-gerichteten Kompressionsbewegungen, die weit in das nördliche Vorland des Orogens übertragen worden sein sollen (BETZ et al. 1987, DROZDZEWSKI 1988, FRANKE et al. 1989, WREDE 1988, ZIEGLER 1987). Die Salzstrukturen stehen häufig in einem engen Zusammenhang mit den Störungssystemen.

Am Westrand des Modellgebietes finden sich von Süden nach Norden die Salzstöcke (Salzmauer) Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel und Gifhorn; an seinem Ostrand liegen die Salzstöcke Flachstökheim, Thiede, Bechtsbüttel, Calberlah und Weyhausen. Zu den größeren Störungszonen bzw. Bruchstrukturen im Modellgebiet zählen die Aufschiebungen im nördlichen Salzgitter-Höhenzug, die Immenfelder Störung, die Drütter Störung, der Konrad-Graben, die Aufschiebungen von Rühme-Vordorf, die Störungszone von Bechtsbüttel-Calberlah, die Störungszone zwischen den Salzstöcken Rolfsbüttel und Gifhorn und der Gifhorn-Calberlah-Graben.

Das Gebiet zwischen den beiden Salzstockreihen im West- und Ostteil des Modellgebietes ist strukturgeologisch in mehrere Stockwerke gegliedert. Im tieferen Untergrund liegen varistisch gefaltete, wohl durch Störungen in Schollen zerlegte und präpermisch bis intrapermisch eingerumpfte Gesteinsfolgen des Karbon sowie vermutlich des älteren Paläozoikum. Diskordant darüber folgen Gesteine des Perm, insbesondere die Zechstein-Salze, die infolge der Salzwanderung in Salzkissen und Salzstöcken akkumuliert sind und zwischen diesen Salzstrukturen meist nur noch reliktsch, aber flächig vorkommen.

Die Zechstein-Basis liegt im Modellgebiet nicht horizontal, sondern fällt generell deutlich nach Westen ein: Sie findet sich im Ostteil des Modellgebietes im Raum Salzgitter etwa 2500-2700 m unter NN und im Raum Calberlah etwa 2100 m unter NN, aber im Westteil des Modellgebietes westlich der Salzmauer Broistedt-Vechelde-

Wendeburg-Rolfsbüttel bis über 4000 m unter NN. Neuere Interpretationen reflexionsseismischer Meßergebnisse weisen auf eine Sockelstörung unter dem Salzstock Rolfsbüttel-Wendeburg hin (KOCKEL 1991), die eine westliche Tief- von einer östlichen Hochscholle trennt und einige hundert Meter Versatz aufweisen kann.

Über dem Zechstein folgen im Grubenbereich Konrad sowie südlich und nördlich davon in der Konrad-Scholle als nächstes Stockwerk die Gesteine der Trias und des Jura einschließlich der geplanten Einlagerungsschichten. Diese Gesteinsfolge fällt meist flach, lokal halbsteil nach Westen, aber unmittelbar vor der Salzmauer Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel infolge Anschleppung nach Osten ein, so daß eine muldenartige Lagerung resultiert.

Darüber liegen als weiteres Stockwerk und ebenfalls in Form einer weitspannigen, relativ flachen Mulde die Gesteine der Kreide, die meistens diskordant und transgressiv die Gesteine in ihrem Liegenden überdecken. Dabei transgrediert vorwiegend das Hauterive, aber außerdem zum Teil auch das Valangin und/oder das Berrias (Wealden). Infolge der speziellen Lagerungsverhältnisse im Grenzbereich des Trias-Jura- und des Kreide-Stockwerkes gehen nach Osten allgemein, nach Westen lokal vor der genannten Salzmauer die Schichten des Tithon bis Keuper unter transgredierenden Kreide-Schichten aus.

Als letztes und oberflächennächstes Stockwerk im Modellgebiet folgen die relativ geringmächtigen Quartär- und lokal Tertiär-Schichten, die je nach den speziellen Lagerungsverhältnissen teils Kreide-, teils ältere Schichten bis einschließlich Zechstein-Salz diskordant überdecken.

Diskordanzen sowie auch Störungszonen innerhalb der verschiedenen Stockwerke, z.B. im Buntsandstein, im Dogger und in der höheren Kreide, weisen auf lokale Gliederungen der Stockwerke in unterschiedlich gelagerte und verbreitete Abschnitte hin (einzelne Beispiele s.u.). Neben dem tektonischen gibt es im Modellgebiet Konrad auch einen hydrogeologischen Stockwerksbau (s. Kap. 2.4.1.2).

## Stellungnahme zu den geologischen Tiefenlinienplänen und Schnitten

Die speziellen Lagerungsverhältnisse der einzelnen Schichten in den verschiedenen Stockwerken sind am besten aus Tiefenlinienplänen z.B. der Basisflächen bestimmter Schichtenabschnitte bzw. der seismischen Reflektoren zu ersehen. Darüber hinaus sind abgedeckte geologische Karten und Horizontalschnitte sowie Vertikalschnitte (Profile) hilfreich. Einen Tiefenlinienplan der Korallenoolith-Oberfläche im "Gifhorner Trog" hat bereits SEITZ (1950) konstruiert. KOLBE & SIMON (1969) entwarfen einen Tiefenlinienplan der Korallenoolith-Basis (in m unter NN) im "Gifhorner Trog".

■■■■■ [1984] entwarfen für den zwischen Salzgitter-Bad, Flachstöckheim und dem Mittellandkanal gelegenen Südtteil des Modellgebietes Konrad Tiefenlinienpläne (in m unter NN) im Maßstab 1 : 50 000 jeweils der Basis des Zechstein, Unteren bis Mittleren Buntsandstein, Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk, Keuper, Lias, Dogger (Obertoarcium bis Dogger), Oberjura bis Wealden, der Unterkreide (Valangin bis Alb) und der Oberkreide. Ferner konstruierten sie eine abgedeckte geologische Karte der Quartär-Basis.

■■■■■ [1985b] hat für den Grubenbereich und seine unmittelbare Umgebung skizzenhaft etwa im Maßstab 1 : 50 000 die Tiefenlinien in m unter NN der Oberkreide-, Alb-, Unterkreide-, Obermalm-, Kimmeridge- und Korallenoolith-Basis dargestellt sowie im 100-m-Abstand von + 100 m NN bis - 1400 m NN Horizontalschnitte konstruiert.

Die Auswertung der sogenannten Konrad-Seismik durch ■■■■■ [1985] ergab für den Grubenbereich Konrad und seine nähere Umgebung (=Raum Gebhardshagen-Lebenstedt-Lengede-Alvesse-Thiede-Barum) eine wesentliche Erweiterung und Verbesserung der Datenbasis. Für diesen Raum wurden mittels Tiefbohrungen und der seismischen Reflektoren Tiefenlinienpläne (in m unter NN) im Maßstab 1 : 25 000 jeweils der Basis des Zechstein, Unteren bis Mittleren Buntsandstein, Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk, Keuper, Lias (Hettan-

gium bis Untertoarcium), Obertoarcium bis Bajocium, Bathonium bis Callovium, Oxford, Kimmeridge, Portland, der Unterkreide (Wealden bis Apt), des Alb und der Oberkreide neu konstruiert. Die Tiefenlinienpläne der Oxford-, Unterkreide- und Alb-Basis sind von JARITZ (1986) veröffentlicht worden. In den Plan Konrad 4/90 hat man die Tiefenlinienpläne Basis Bathonium bis Callovium, Basis Oxford und Basis Unterkreide (Wealden bis Apt) übernommen (Abb. 3.1.9.2/1 bis 3.1.9.2/3 im Plan Konrad 4/90).

Mittels aller vorgenannten Pläne und sonstigen Unterlagen, z.B. den Ergebnissen von Tiefbohrungen, wurden vom Antragsteller (EU 55) Tiefenlinienpläne (in m unter NN) im Maßstab 1 : 50 000 für den Südteil und für den Nordteil des Modellgebietes Konrad konstruiert und als Vorgabe zur Modellierung für die hydrogeologischen Modellrechnungen nach dem sogenannten Schichtenmodell eingebracht. Der Südteil des Modellgebietes reicht vom Salzstock Flachstöckheim und vom Nordende des Salzgitter-Höhenzuges bis zum Mittellandkanal, der Nordteil von diesem Kanal bis Gifhorn und Calberlah (Aller-Niederung). Im einzelnen wurden für den Südteil die Tiefenlinienpläne jeweils der Basis des Oberen Muschelkalk, Rhät, Cornbrash, Oxford, Kimmeridge bis Portland, der Unterkreide (Wealden bis Apt), des Hilssandstein, der Oberkreide (Cenoman bis Turon) und des "Emscher" entworfen. Für den Nordteil sind Tiefenlinienpläne jeweils der Basis des Keuper, Lias, Cornbrash, Oxford, der Unterkreide (Valangin bis Apt), des "Emscher", Tertiär und Quartär erstellt worden.

Schließlich hat der Antragsteller (EU 197) fast identische Serien von Tiefenlinienplänen im Maßstab 1 : 50 000 für den Südteil und für den Nordteil des Modellgebietes entworfen und als Vorgabe zur Modellierung für die hydrogeologischen Modellrechnungen nach dem sogenannten Störzonenmodell eingebracht. Dabei entfielen die Tertiär- und Quartär-Pläne vom Nordteil des Modellgebietes, während für den Nord- und für den Südteil zusätzlich Tiefenlinienpläne der Alb-Basis konstruiert wurden.

Hinsichtlich der Lage und des Verlaufs der Tiefenlinien unterscheiden sich die Pläne in beiden vom Antragsteller vorgelegten

Unterlagen (EU 55, EU 197) nicht; lediglich in den Plänen des Hilssandstein gibt es am südlichen Modellgebietsrand geringe Unterschiede. In den Plänen der Basis des Oberen Muschelkalk, Rhät, Cornbrash, Oxford und des Kimmeridge bis Portland für den Südteil des Modellgebietes sind in der EU 197 jedoch Störungen und Störungszonen, wie z.B. der Konrad-Graben, die Immendorfer Störung mit Begleitstörungen sowie Störungen südlich vom Konrad-Graben und am Nordende des Salzstockes Thiede, detailliert und vollständiger eingetragen als in der EU 55.

Im Rahmen unserer Prüfarbeiten haben wir mittels aller uns zur Verfügung stehenden Daten (Geologische Karten, Bohrungen, Seismik, Veröffentlichungen, Berichte, Angaben des Antragstellers u.a.) Tiefenlinienpläne (in m unter bzw. über NN) für das gesamte Modellgebiet Konrad im Maßstab 1 : 50 000 jeweils der Basis des Zechstein, Unteren bis Mittleren Buntsandstein, Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk, Keuper, Lias, Dogger (Obertoarcium), Oxford, Kimmeridge, Tithon, Wealden, der Unterkreide (Hauterive, lokal Valangin), des Alb, Hilssandstein, Flammenmergel, der "Oberkreide" (Cenoman bis Turon), des "Emscher" (Coniac bis Campan), Tertiär und Quartär entworfen. Ferner wurden Tiefenlinienpläne verschiedener hydrogeologischer Schichteinheiten konstruiert, auf die im Kapitel 3 (Hydrogeologie) dieses Textes eingegangen wird. Schließlich haben wir abgedeckte geologische Karten der Quartär-, Oberkreide- und Unterkreide-Basis sowie zwei Horizontalschnitte im Niveau - 300 m NN und - 1100 m NN im Maßstab 1 : 50 000 erstellt.

Die speziellen Lagerungsverhältnisse der einzelnen Schichten im Bereich der strukturgeologischen Einheiten wie Salzstöcken und größeren Störungszonen bzw. Bruchstrukturen sind nicht nur in den Tiefenlinienplänen, sondern auch in geologischen Profilen (Vertikalschnitte) übersichtlich dargestellt worden und aus diesen leicht abzulesen. [1985] hat bei der Auswertung der sogenannten Konrad-Seismik acht geologische Profile für den Grubenbereich Konrad und seine nähere Umgebung (= Raum Gebhardshagen-Lebenstedt-Lengede-Alvesse-Thiede-Barum) entworfen. Davon sind fünf Profile von JARITZ (1986) veröffentlicht worden, vier Profile

hat man in den Plan Konrad 4/90 übernommen (Abb. 3.1.9.1/2, 3.1.9.1/3, 3.1.9.2/4 und 3.1.9.2/5 im Plan Konrad 4/90).

Als Vorgabe für hydrogeologische Modellrechnungen sind vom Antragsteller zahlreiche hydrogeologische Profile (= Vertikalschnitte der hydrogeologischen Schichteinheiten) entworfen worden, auf die im Kapitel 3 dieses Textes im einzelnen eingegangen wird.

Im Rahmen unserer Prüfarbeiten haben wir mittels aller uns zur Verfügung stehenden Daten (Geologische Karten, Bohrungen, Seismik, Veröffentlichungen, Berichte, Angaben des Antragstellers u.a.) für das gesamte Modellgebiet Konrad insgesamt 32 geologische Profile entworfen, und zwar 30 W-E- und 2 N-S-Profile. Die Konstruktion erfolgte im Längenmaßstab 1 : 50 000 mit 2,5-facher Überhöhung. Diese Profile liegen aber auch in nicht überhöhter Fassung vor. Eine Auswahl von 11 nicht überhöhten geologischen Profilen, die die wichtigsten Strukturelemente des Arbeitsgebietes im Schnitt zeigen, ist dem vorliegenden Text beigelegt (Anl. 2.1.4/1-13). Ferner sei auf die Anlage 2.1.4/14 (Strukturübersicht) hingewiesen. Auf der Grundlage der geologischen Profile wurden hydrogeologische Profile entworfen, auf die im Kapitel 3 (Hydrogeologie) dieses Textes eingegangen wird (vgl. Anl. 3.2.2/2-12).

Im Kapitel 2.1.2 Stratigraphie haben wir die Angaben zur Tiefenlage der beschriebenen stratigraphischen Einheiten nach unseren Tiefenlinienplänen und Schnitten gemacht. Ferner dienten unsere Pläne und Schnitte als Basis der Datensätze für die hydrogeologischen Modellrechnungen der Gutachter sowie als Grundlage für die geologische Bewertung (Kap. 2.4) der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers.

Im Rahmen unserer Prüfarbeiten wurden von uns Tiefenlinienpläne und Schnitte erstellt und mit den diesbezüglichen Unterlagen des Antragstellers verglichen. Hierbei zeigte sich, daß der Antragsteller die Verbreitung und die allgemeinen Lagerungsverhältnisse der Schichten vom Zechstein bis zum Quartär im Modellgebiet Konrad ausreichend erfaßt und dargestellt hat. Geringe Unterschiede im Detail erwiesen sich nach Prüfung als unwesentlich für das Vorha-

ben und gaben keine Veranlassung zu Nachforderungen an den Antragsteller.

### Stellungnahme zu den tektonischen Strukturen

Aus allen uns vorliegenden Daten und Unterlagen sind die aus unserer Sicht wichtigsten Angaben über Alter und Entwicklung der tektonischen Strukturen innerhalb des Modellgebietes Konrad im folgenden zusammengestellt.

Der Salzstock Broistedt (Anl. 2.1.4/6) reicht aus einer Tiefe von etwa 2300-2800 m unter NN teilweise bis in das NN-Niveau. An seinem unteren Rand sind noch Reste des ehemaligen Salzkissens erkennbar (Kissenfuß), und an seinen Flanken ist teilweise im Bereich der Jura- und Kreide-Schichten ein Salzüberhang ausgebildet. Auf dem Salzstockdach gibt es eine Subrosionssenke mit Tertiär- und Quartär-Schichten. Über seinem Nordostteil, dem Übergangsbereich zum anschließenden Salzstock Vechelde, und über dem südlichsten Teil des Salzstockes Vechelde liegen Unterkreide- sowie teilweise Oberkreide-Schichten. Insbesondere die Gesteine der höheren Unterkreide (Apt und Alb) und der Oberkreide sind an der Salzstockflanke infolge Anschleppung mehr oder weniger steil aufgerichtet.

Das Salzkissenstadium des Salzstockes Broistedt begann im Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk und setzte sich verstärkt im Keuper, Lias und bis in den Dogger fort. Nach einer Interpretation reflexionsseismischer Meßergebnisse dürften im Bereich des ehemaligen Salzkissens, also im Randgebiet des heutigen Salzstockes, der Obere Muschelkalk und das Steinsalz des Mittleren Muschelkalk fehlen und Schichten des Unteren bis Mittleren Keuper auf Gesteine des tieferen Muschelkalk übergreifen.

Der erste Salzdurchbruch mit Bildung eines noch kleinen Salzstockes erfolgte ab höherem Dogger und besonders im Malm, in dem sich die sekundäre Randsenke kräftig zu entwickeln begann. An der Nordwestflanke dieses Salzstockes griff transgredierender Wealden auf steil aufgerichtete Trias sowie auf Zechstein über. Verstärkte

Salzdurchbrüche und Nachschübe und die Vergrößerung des Salzstockes sowie eine deutliche Vertiefung der Randsenke mit entsprechendem Anschwellen der Mächtigkeit ihrer Sedimentfüllung erfolgten in der Unterkreide, besonders im Apt und Alb, sowie auch in der Oberkreide, insbesondere zwischen Oberturon und Obersanton. Deutliche Hebungen des Salzstockes gab es postsantonisch. Sie leiteten schließlich zur Bildung der erwähnten Subrosionssenke auf dem Salzstockdach über und hatten auf die Lagerungsverhältnisse an den Salzstockflanken, vor allem auf die genannte Anschleppung und Aufrichtung von Kreide-Schichten, merklichen Einfluß (BÄUERLE 1980; KOCKEL 1989b, 1991; [REDACTED] [1985], JARITZ 1986).

Der Salzstock Vechelde (Anl. 2.1.4/7) reicht aus einer Tiefe von etwa 3000-3300 m unter NN meist bis in das NN-Niveau. Vor allem an seinem östlichen Rand sind, nach Norden zunehmend, noch Reste des ehemaligen Salzkissens erkennbar (Kissenfuß), und an seinen Flanken ist teilweise ein Salzüberhang im Bereich der höheren Jura-Schichten ausgebildet. Das Zechstein-Salz ist in den Flankenbereichen in das Röt-Salz eingedrungen und bildet dort sogenannte Salzkeile. Auf dem Salzstockdach liegen, soweit bekannt, meist Quartär-Schichten; lediglich der südlichste Teil des Salzstockes ist, wie erwähnt, auch von Unterkreide- sowie teilweise von Oberkreide-Schichten überdeckt, die lokal gestört sind. Insbesondere Gesteine der höheren Unterkreide steigen infolge Anschleppung an den Flanken zum Salzstock hin an.

Das Salzkissenstadium des Salzstockes Vechelde begann im Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk und setzte sich verstärkt im Keuper, Lias und tieferen Dogger fort. Im Bereich des ehemaligen Salzkissens, also im Randgebiet des heutigen Salzstockes, dürften wie am Salzstock Broistedt der Obere Muschelkalk und das Steinsalz des Mittleren Muschelkalk fehlen und Schichten des Unteren bis Mittleren Keuper auf Gesteine des tieferen Muschelkalk übergreifen.

Der Salzdurchbruch mit Bildung der sekundären Randsenken begann im Bathonium und hielt im Malm weiter an. Die großen Bathonium-, Callovium- und Malm-Mächtigkeiten besonders in der östlichen Randsenke gelten als Äquivalent des starken Salzaufstieges in dieser

Zeit. Die Achse dieser Randsenke wanderte dabei von Osten nach Westen zum Salzstock hin. Obertoarcium, Aalenium, Bajocium und Unterbathonium wurden im Westteil dieser Randsenke von transgressivem Oberbathonium und letzteres von transgressivem Callovium gekappt und überlagert, so daß vom Dogger allein das Callovium und teilweise das Oberbathonium bis an den Rand des Salzstockes Vechelde reicht ( [1985], JARITZ 1986). Die Salznachschübe und der weitere Salzaufstieg in der Unter- und Oberkreide waren deutlich schwächer als beim benachbarten Salzstock Broistedt. Postsantonine Hebungen sind anzunehmen.

Der Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel (Anl. 2.1.4/8-10) liegt über einer Sockelstörung (KOCKEL 1991) und reicht aus einer Tiefe von etwa 3300-3800 m unter NN meist bis in das NN-Niveau. Vor allem an seinem östlichen Rande sind teilweise noch Reste des ehemaligen Salzkissens erkennbar (Kissenfuß), und an seinen Flanken ist im Bereich der höheren Jura-Schichten ein Salzüberhang ausgebildet. Das Zechstein-Salz ist wie am Salzstock Vechelde in den Flankenbereichen in das Röt-Salz eingedrungen und hat dort Salzkeile gebildet. Auf dem Salzstockdach liegen, soweit bekannt, teilweise in Subrosionssenken Tertiär- sowie Quartär-Schichten. Infolge Anschleppung finden sich lokal in oberflächennahen Flankenbereichen Wealden-Schichten, und zwar anscheinend auch in isolierten Schollen sowie diskordant auf Zechstein-Salz (JARITZ 1973). Das Salzkissenstadium des Salzstockes Wendeburg-Rolfsbüttel reichte vom Oberen Buntsandstein bis zum tieferen Dogger. Im Bereich des ehemaligen Salzkissens, also im Randgebiet des heutigen Salzstockes, dürften der Obere Muschelkalk und das Steinsalz des Mittleren Muschelkalk fehlen.

Der Salzdurchbruch mit Bildung der sekundären Randsenken mit ihren mächtigen Sedimentfüllungen begann im Dogger und hielt im Malm sowie bis in die Unterkreide weiter an. Hinsichtlich der Verbreitung und Ausbildung der einzelnen Doggerschichten in der östlichen Randsenke ist mit analogen Verhältnissen zu rechnen wie in der östlichen Randsenke des Salzstockes Vechelde, die in Anlehnung an JARITZ ( [1986], 1986) oben beschrieben sind. An den Salzstockflanken fehlen Oberkreide-Gesteine, jedoch transgredieren in einiger

Entfernung vom Salzstock Santon- bzw. Campan- auf Alb- und lokal auf tiefere Unterkreide-Schichten. Dies spricht für Hebungen des Salzstockes und seiner Umgebung in der Oberkreide. Im Tertiär soll der Salzstock bei gleichzeitiger Ablaugung weiter aufgestiegen sein.

Der Untere und der Mittlere Buntsandstein liegen westlich des Salzstockes wesentlich tiefer und sind deutlich mächtiger als östlich des Salzstockes. Auch die Kreidebasis liegt im Westen des Salzstockes tiefer als im Osten. Diese und andere Merkmale einer Asymmetrie des Flankenaufbaues wurden von KOCKEL (1991) mit der Annahme einer seit der Trias bis nach dem Santon aktiven Flexur- oder Störungszone unterhalb dieses Salzstockes erklärt. Auch die Relikte eines miozänen Basaltganges im Caprock weisen nach KOCKEL (1991) auf den Sockelbruch unter dem Salzstock hin. Zur Frage des Auftretens des Basaltganges an der Westflanke des Salzstockes wurde im Kapitel 2.1.2.3.2 dieses Textes Stellung genommen.

Der Salzstock Gifhorn (Anl. 2.1.4/12) reicht aus einer Tiefe von etwa 3000-3200 m unter NN bis in das Niveau 150-200 m unter NN und weist nur teilweise Salzüberhänge im Bereich der Unterkreide-Schichten auf. Auf seinem Dach liegen Quartär- und Tertiär- sowie teilweise Unterkreide-Schichten, vor allem Wealden. Lokal sollen Gesteine des "Portland" auf Zechstein-Salz übergreifen (JARITZ 1973). Im Südosten, im Bereich des an den Salzstock grenzenden Gifhorn-Calberlah-Grabens, sind Reste des ehemaligen Salzkissens erkennbar (Kissenfuß).

Das Salzkissenstadium des Salzstockes Gifhorn reichte vom Oberen Buntsandstein bis zum unteren Dogger. Im Bereich des Salzkissens erfolgten mehrfach Abtragungen und Transgressionen (vermutlich Solling-Folge bzw. Röt, Keuper, Lias und Dogger epsilon). In seinem Bereich, also im Randgebiet des heutigen Salzstockes, dürften wiederum der Obere Muschelkalk und das Steinsalz des Mittleren Muschelkalk zumindest teilweise fehlen.

Der Salzdurchbruch mit Bildung der sekundären Randsenken mit ihren mächtigen Sedimentfüllungen begann im Dogger und hielt im Malm so-

wie bis in die Unterkreide weiter an. In der südöstlichen Randsenke sind vor allem die Kimmeridge-, in der nordwestlichen Randsenke besonders die Dogger- und Unterkreide-Schichten extrem mächtig. Das Fehlen von Oberkreide-Gesteinen am Salzstock Gifhorn wird mit Abtragung infolge Hebung dieses Gebietes in der höheren Oberkreide erklärt.

Der Salzstock Flachstöckheim (Anl. 2.1.4/3) liegt über einer etwa nordsüdlich gerichteten Sockelstörung, die sich in der Zeit des Mittleren Buntsandstein vor Anlage der Solling-Diskordanz gegen Osten abschiebend bewegte (KOCKEL 1991) und somit eine Hochscholle im Westen gegen eine Tiefscholle im Osten begrenzte. Der Salzstock reicht aus einer Tiefe von etwa 2600 m unter NN teils bis in das NN-Niveau, teils aber nur bis in das Niveau um etwa 200 m unter NN. An seinen Flanken sind Salzüberhänge teils nur im Bereich der höheren Trias- (vor allem der Keuper-), teils auch im Bereich der unteren Jura-Schichten ausgebildet. Auf dem Salzstockdach liegen im Zentralbereich Schichten des Quartär und lokal vermutlich des Tertiär, in randlichen Bereichen aber auch Kreide-Schichten, die an den Salzstockflanken teilweise relativ steil aufgerichtet sind. Am Fuß der Salzstock-Westflanke liegt Röt (bzw. Solling-Folge) transgressiv auf tieferem Buntsandstein und auf Zechstein.

Das Salzkissenstadium des Salzstockes Flachstöckheim umfaßte offensichtlich nur die Zeit des Oberen Buntsandstein und Muschelkalk. Der erste Salzdurchbruch erfolgte im Keuper, wobei sich westlich des entstehenden Salzstockes bei vermutlich gleichzeitiger Umkehr der Bewegungsrichtung der Sockelstörung eine tiefe sekundäre Randsenke mit mächtigen Keuper-Schichten bildete. Lias transgredierte auf Zechstein im Bereich des damaligen Salzstockdaches (= heute an der tiefen Westflanke des Salzstockes). Vor der Hauterive-Transgression stieg das Salz weiter auf, so daß das Hauterive über Lias und Teile des Dogger transgressiv bis auf Zechstein übergrieff. Weitere Aufstiegsbewegungen erfolgten in der Oberkreide, die im Scheitel des Salzstockes lokal ebenfalls direkt auf Zechstein transgredierte. Der Salzaufstieg hielt schließlich bis in das Quartär an.

Der Salzstock Thiede (Anl. 2.1.4/6) liegt nach KOCKEL (1991) über einer Sockelstörung und reicht aus einer Tiefe von etwa 2500-2700 m unter NN teils bis zur Erdoberfläche (Gipssteinbruch in Thiede), teils bis in das Niveau um etwa 200-400 m unter NN. An seinem unteren Süd- und Ostrand sind noch Reste des ehemaligen Salzkissens erhalten, und an seinen Flanken ist das Zechstein-Salz in das Röt-Salz eingedrungen und bildet dort Salzkeile. Auf dem Salzstockdach und über den Salzstockflanken finden sich neben Quartär- teilweise Unterkreide-, Dogger-, Lias- und Trias-Schichten (Keuper, Muschelkalk und Buntsandstein), wobei die Trias-, Lias- und Dogger-Schichten teilweise in kleineren Grabenschollen liegen, die von den Unterkreide-Schichten abgedeckt sind. Die Keuper-Schichten sind im Osten des Salzstockes mächtiger als im Westen. Mächtigkeit und Umfang des unter der Solling-Diskordanz erhaltenen Mittleren und Unteren Buntsandstein sind im Bereich dieser Salzstruktur unterschiedlich (KOCKEL 1991).

Der erste Salzdurchbruch erfolgte im Bereich Thiede in der Trias. Vor der Unterkreide-Transgression stieg das Salz weiter auf, und es bildeten sich über Teilen der Struktur kleine Scheitelgräben, so daß die Unterkreide-Schichten an und über dieser Aufwölbung transgressiv auf Dogger-, Lias- und Keuper-Schichten übergreifen konnten. Nach der Unterkreide, insbesondere im Santon, erfolgten Inversionsbewegungen über der alten Sockelstörung (KOCKEL 1991). In diesem Bereich ist das Salz postsanton weiter aufgestiegen. Der Salzaufstieg muß teilweise bis in das Quartär angehalten haben, u.a. weil der Gipshut in Thiede zu Tage ausbeißt. An den Flanken des Salzstockes sind einige kleinere Störungen bekannt, die teilweise schaufelartig zum Salzstock einfallen. Bemerkenswert ist schließlich, daß der Hilssandstein an bzw. über dieser Salzstruktur unter Quartär-Schichten ausgeht.

Der Salzstock Bechtsbüttel (Anl. 2.1.4/9) ist nicht detailliert erkundet. Er reicht aus einer Tiefe von etwa 2400-2500 m unter NN teils bis in das NN-Niveau, teils bis in das Niveau um etwa 200 m unter NN. An seinen unteren Rändern dürften noch Reste des ehemaligen Salzkissens erhalten sein, und an seinen Flanken ist Zechstein-Salz lokal in das Röt-Salz eingedrungen und bildet dort

Salzkeile. Auf dem Salzstock und über den Salzstockflanken finden sich neben Quartär- teilweise Unterkreide-, Dogger- und Lias-Schichten, die im Scheitelbereich der Struktur schwach gestört sind. Etwa parallel zur Westflanke des Salzstockes verläuft eine West-abschiebende Störung, die in der transgredierenden Unterkreide seismisch nicht mehr nachweisbar ist. Im Südteil der Ostflanke des Salzstockes wurde Buntsandstein angeschleppt, der im Stadtgebiet Braunschweig zu Tage ausgeht (Nußberg).

Aufstiegsbewegungen des Salzstockes Bechtsbüttel sind in der Zeit zwischen dem Dogger und der Unterkreide-Transgression (Hauterive) belegbar. Im Santon soll diese Salzstruktur bei weiterem Salzaufstieg in die Bewegungen an der Rühme-Vordorf-Aufschiebungszone einbezogen worden sein, in deren südlicher Verlängerung sie liegt. Der Salzaufstieg muß bis in das Quartär angehalten haben, denn im Stadtgebiet Braunschweig liegen Quartär- sowie lokal vermutlich Tertiär-Schichten auf dem Salzstockdach.

Der Salzstock Calberlah (Anl. 2.1.4/11) reicht aus einer Tiefe von etwa 2100-2500 m unter NN maximal bis in das Niveau um 50-130 m unter NN. An seinen unteren Rändern sind teilweise noch Reste des ehemaligen Salzkissens erhalten, und an seinen Flanken ist das Zechstein-Salz zum Teil in das Röt-Salz eingedrungen und bildet dort Salzkeile. Ferner ist an seinen Flanken vor allem im Bereich der Keuper-Schichten ein Salzüberhang ausgebildet. Auf dem Salzstockdach finden sich Schichten des Quartär, Tertiär, Wealden, Dogger, Lias und Keuper (FAHRION 1953).

Das Salzkissenstadium des Salzstockes Calberlah umfaßte nur die Zeit des Oberen Buntsandstein und Muschelkalk. Der Salzdurchbruch erfolgte im älteren Keuper, wobei der im Südwesten des sich bildenden Salzstockes gelegene Teil der sekundären Randsenke besonders stark eingetieft wurde und entsprechend hohe Sedimentmächtigkeiten aufweist. Im Mittleren Keuper, der auf Zechstein transgrediert (JARITZ 1973), war das Diapirstadium abgeschlossen. Im Dogger blieb die Sedimentation im Bereich dieses Salzstockes lückenhaft (FAHRION 1953), und vor der Transgression von Unterkreide-Schichten erfolgte dort Abtragung. Auch in der höheren Oberkreide,

ab Coniac/Santon, gab es in diesem Gebiet Hebungen und Abtragungen. Im Tertiär bildete sich eine Subrosionssenke über dem Salzstock. An den Salzstock Calberlah grenzt im Nordwesten der Gifhorn-Calberlah-Graben und im Südwesten die Störungszone von Bechtsbüttel-Calberlah.

Der Salzstock Weyhausen liegt dicht nordöstlich außerhalb des Modellgebietes Konrad und reicht aus Tiefen um 2000 m unter NN bis in das Niveau um 200 m unter NN, und an seinen Flanken ist vor allem im Bereich der Keuper-Schichten ein Salzüberhang ausgebildet. Auf dem Salzstockdach finden sich Schichten des Quartär, Tertiär (Subrosionssenke), Lias und wahrscheinlich des höheren Keuper.

Das Salzkissenstadium des Salzstockes Weyhausen umfaßte nur die Zeit des Oberen Buntsandstein und Muschelkalk. Der Salzdurchbruch erfolgte im Keuper, wobei der im Südwesten des sich bildenden Salzstockes gelegene Teil der sekundären Randsenke infolge starker Salzabwanderung besonders eingetieft wurde und entsprechend hohe Sedimentmächtigkeiten aufnahm. Dieses Gebiet mit sehr großer Keuper-Mächtigkeit reicht bis in das Modellgebiet Konrad hinein. Im Keuper wurde das Diapirstadium bereits abgeschlossen. Lias und vermutlich höherer Keuper liegen transgressiv auf dem Salzstockdach in Subrosionssenken. Salznachschübe sollen im Malm sowie im Alttertiär erfolgt sein.

In dem teilweise im Modellgebiet Konrad gelegenen Nordteil des Salzgitter-Höhenzuges (Anl. 2.1.4/3 u. 4 sowie 14), nördlich Salzgitter-Bad, bilden die mesozoischen Schichten eine sattelartige Struktur mit Zechstein-Salz im Kern. Die Südwestflanke dieser Struktur ist an etwa NW-SE-streichenden Aufschiebungen auf die Nordostflanke aufgeschoben. Diese Bewegungen sollen in der höheren Oberkreide (Santon) erfolgt sein. Vor der Unterkreide-Transgression und noch während der Ablagerung der Unterkreide-Schichten wurde dieses Gebiet durch NE-SW-streichende Brüche geprägt, zwischen denen die durch sie begrenzten Schollen unterschiedlich stark einsanken und teils abgetragen wurden, teils eine mächtige Sedimentdecke erhielten, darunter die Unterkreide-Eisenerze in den

sogenannten Kolken. Zu dieser Zeit war die heutige, etwa NW-SE-streichende, sattelartige Struktur mit den Aufschiebungen noch nicht vorhanden.

Die Immendorfer Störung (Anl. 2.1.4/4-6 u. 14) verläuft in nord-südlicher Richtung vom Gebiet östlich des Salzstockes Flachstöckheim über Salzgitter-Immendorf-Adersheim bis in den östlich der Grube Konrad gelegenen Bereich zwischen dem Salzstock Thiede und dem Konrad-Graben etwa 1,5 km nordöstlich von Salzgitter-Beddingen. Sie fällt relativ steil nach Westen ein und weist streckenweise eine in nordwestlicher Richtung ablaufende Begleitstörung auf, die meist deutlich flacher als die Immendorfer Störung ist und nach Osten einfällt. Die Immendorfer Störung reicht bis in die Zechstein-Basis, während die Begleitstörung im Bereich von Trias-Schichten auf die Immendorfer Störung trifft, so daß die beiden Störungen eine Struktur nach Art eines keilförmig nach Süden endenden Y-Grabens umgrenzen [██████ 1985].

Die Immendorfer Störung ist ein Musterbeispiel für eine synsedimentäre Störung mit Umkehr der Bewegungsrichtung. Im Unteren und Mittleren Buntsandstein sank die östlich der Störung (die sich wahrscheinlich aus einer Flexur entwickelt hat) gelegene Scholle stärker ein als die westlich der Störung befindliche Scholle. Schon in der darauf folgenden Zeit des Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk kam es zur Umkehr der Bewegungsrichtung. Von nun an sank die westliche Scholle stärker ein als die östliche. Im Südabschnitt der Störung kappte das Röt bzw. die Solling-Folge auf der Westscholle die Schichten des tieferen Buntsandstein und griff auf Zechstein bis Präzechstein über. In diesem Bereich der Störung haben heute Buntsandstein- und Präzechstein-Schichten miteinander Kontakt.

Im Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk, im Keuper und im Lias sank die westliche Scholle im Vergleich zur östlichen besonders stark ein und nahm entsprechend mächtige Sedimente auf, so daß sich für diese Schichten an der Störung ein deutlicher Mächtigkeitssprung zeigt. Diese Tendenz setzte sich im Dogger nur noch abgeschwächt fort, und zwar nur im Südabschnitt der Störung. Im

Bereich der transgredierenden Unterkreide-Schichten waren die Immendorfer Störung und die Begleitstörung reflexionsseismisch nicht mehr nachweisbar (JARITZ [REDACTED], 1986).

Südlich des Modellgebietes Konrad läßt sich die Immendorfer Störung nach Süden bis in den Raum Liebenburg verfolgen (Liebenburger Störung nach KOCKEL 1991). Ferner ist bemerkenswert, daß westlich des Salzstockes Flachstökheim analoge Verhältnisse angetroffen wurden wie auf der Westscholle der Immendorfer Störung, nämlich Kappung tieferer Buntsandstein-Schichten und Übergreifen von Röt bzw. Solling-Folge bis auf Zechstein.

Die Immendorfer Störung und die Randstörungen des Konrad-Grabens scheinen sich nach reflexionsseismischen Befunden nicht zu kreuzen ([REDACTED] 1985). Nach unserer Prüfung gehen wir jedoch davon aus, daß beide Strukturen zumindest über Kluft- bzw. Zerrüttungszonen Kontakt miteinander haben, wobei die Störungen und sonstigen Trennflächen des Konrad-Grabens deutlich jünger sind und damit auch jüngere Schichteinheiten durchsetzen als die Immendorfer Störung (Einzelheiten s.u.).

Im Bereich Drütte-Immendorf findet sich dicht westlich der Immendorfer Störung die etwa NE-SW-streichende und West-abschiebende Drütter Störung (Anl. 2.1.4/14). Diese hat eine seigere Sprunghöhe von etwa 100 m und war während der Unterkreide einschließlich Alb aktiv. In der tieferen Oberkreide ist sie seismisch nicht mehr nachweisbar, und teufenwärts klingt sie in tieferen Lias-Schichten aus.

Die Drütter Störung quert den sogenannten Drütter Sporn, eine im Gebiet Drütte-Leinde gelegene, etwa westöstlich streichende und nach Westen abtauchende, möglicherweise schwach gestörte Aufwölbung der mesozoischen Schichten bis einschließlich tieferer Oberkreide, in deren Bereich das Generalstreichen der einzelnen Schichten von der N-S- in die W-E-Richtung einschwenkt. Unmittelbar nordöstlich dieser Struktur liegt der Salzstock Thiede. Im Südosten schließt sich der Oderwald-"Sattel" an. Nordwestlich des Drütter Spornes finden sich der Konrad-Graben und das Grubenfeld

Konrad. Im Scheitel der Struktur tritt bei Drütte eine Quartär-Rinne auf. Die Entstehung des Drütter Spornes dürfte mit den Inversionsvorgängen in der höheren Oberkreide (Coniac/Santon) zusammenhängen.

Der Konrad-Graben (Anl. 2.1.4/13 u. 14) erstreckt sich in generell westöstlicher bis westnordwestlicher Richtung vom Grubenfeld Konrad nach Westen bis zum Nordostrand des Salzstockes Broistedt. Er ist im Süden von dem relativ steil Nord-fallenden Bleckenstedter Sprung und im Norden von dem relativ steil Süd-fallenden Sauinger Sprung begrenzt. Die Grabenscholle ist von dem NE-SW-streichenden und etwas flacher Nord-fallenden Konrad-Sprung durchsetzt. Die seigeren Sprunghöhen erreichen am Bleckenstedter Sprung über 100 m, am Konrad-Sprung um 30 m, am Sauinger Sprung unter 100 m und an einer nördlichen Begleitstörung des letzteren etwa 40 m. Die horizontalen Verwürfe betragen am Bleckenstedter Sprung über 350 m, am Konrad-Sprung um 95 m und am Sauinger Sprung um 100 m bis maximal etwa 200 m.

Nach reflexionsseismischen Meßergebnissen (JARITZ [REDACTED], 1986) reicht der Sauinger Sprung von der Alb- bis zur Zechstein-Basis. Auch der Bleckenstedter und der Konrad-Sprung versetzen nach der Seismik als jüngste Schichteinheit das tiefere Alb. Der Bleckenstedter Sprung trifft jedoch teufenwärts im Bereich von Trias-Schichten auf den Sauinger Sprung; und der Konrad-Sprung trifft zur Tiefe im Bereich von Lias-Schichten auf den Sauinger Sprung. Insgesamt ergibt sich das Bild eines Y-förmigen Grabens, dessen Grabenscholle abgesunken und nach Westen, also in Richtung Salzstock Broistedt, bewegt ist.

Die Bewegungen erfolgten nach Ablagerung des Oxford überwiegend während der tieferen Unterkreide (Hauterive, Barrême) und klangen im Alb allmählich aus. In den Oberkreide-Schichten waren die Grabenrandstörungen reflexionsseismisch nicht nachweisbar; sie könnten sich aber als Trennflächen ohne größeren Verwurf, also z.B. als Kluftzonen, bis zur Quartär-Basis fortsetzen und durchpausen. Die beiden Grabenrandstörungen laufen nach Interpretationen der seismischen Meßergebnisse östlich der Grube Konrad zusammen, enden

dort und kreuzen nicht die Immendorfer Störung. Wie oben erwähnt, gehen wir jedoch von einer Verbindung bzw. einem Kontakt beider Strukturen über Kluftzonen aus.

Östlich vom Salzstock Broistedt und südlich vom Konrad-Graben gibt es nach der Seismik einige generell WNW-ESE-verlaufende und relativ steil einfallende Abschiebungen, die von der Zechstein-Basis teilweise bis deutlich in den Dogger reichen, aber das Oxford und jüngere Schichteinheiten nicht tangieren. Die Sprunghöhen dieser Störungen sind meist relativ gering. Sie fallen meist nach Süden, vereinzelt auch nach Norden ein und bilden das Störungssystem im südlichen Vorfeld des Konrad-Grabens, das hier der Vollständigkeit halber erwähnt wird.

Der komplizierte tektonische Bau der Aufschiebungszone von Rühme-Vordorf (Anl. 2.1.4/10 u. 13 sowie 14) ist nicht bis ins letzte Detail seismisch auflösbar, doch ergibt sich auf Grund aller vorliegenden Daten im wesentlichen folgendes: Die Aufschiebungszone besteht aus zwei annähernd parallelen, generell NW-SE-gerichteten, nach Südwesten einfallenden Haupt-Aufschiebungen, die nach Südosten zusammen- und auf das Nordende des Salzstockes Bechtsbüttel zulaufen und die vor ihrem Nordwestende in westliche Richtung einschwenken. In ihrem südöstlichen, an den Salzstock Bechtsbüttel grenzenden Abschnitt liegen sie über einem Salzkissen, das zum Kissenfuß des Salzstockes Bechtsbüttel überleitet, und werden wie dieser Salzstock im Westen von einer West-abschiebenden Störung mit relativ kleiner Sprunghöhe begleitet. Es ist möglich, daß beide Aufschiebungen und die sie im Westen begleitende Abschiebung bis in die Zechstein-Basis reichen. Die begleitende Abschiebung ist nur bis in den Bereich der Unterkreide-Transgression reflexionsseismisch erkennbar. Dagegen reicht die westliche Haupt-Aufschiebung vielfach bis zur Quartär-Basis, zumindest aber bis in das Campan, während die östliche meist im Alb bzw. an dessen Obergrenze endet.

Die Mächtigkeiten der Trias-, Lias- und Dogger-Schichten sind besonders im Scheitelpbereich der Struktur über dem Salzkissen deutlich geringer als im Westen in der Randsenke des Salzstockes Wen-

deburg-Rolfsbüttel. Die Schichten des Malm und des Wealden gehen von Westen nach Osten zur Struktur hin unter transgredierendem Obervalangin bzw. Hauterive aus, und zwar im Südabschnitt der Struktur westlich der beiden Aufschiebungen und im Nordabschnitt erst in ihrem Bereich und östlich von ihnen. Im Südabschnitt gehen Lias- und Dogger-Schichten im Kulminationsbereich der Struktur westlich der beiden Aufschiebungen unter dem transgredierenden Obervalangin bzw. Hauterive aus. In diesem Gebiet liegt das Erdölfeld Rühme, dessen Erdölträger von den tonigen Unterkreide-Schichten abgedeckt sind.

An den Aufschiebungen sind Jura- auf mächtige Unterkreide- und Unterkreide- auf Oberkreide-Schichten (Santon, Campan) aufgeschoben. In den tieferen Abschnitten der Aufschiebungen grenzen dementsprechend verschiedene Trias-Schichten aneinander. Die Aufschiebungsweiten klingen im Nordabschnitt der Struktur deutlich ab. Die Aufschiebungsbewegungen erfolgten nach dem Alb etwa in der Zeitspanne Coniac/Santon. Die östliche Aufschiebung versetzt das Santon nicht oder nicht wesentlich, während die westliche Aufschiebung das Santon versetzt, aber das Campan nicht oder nicht wesentlich erfaßt. Somit war die westliche Aufschiebung wohl länger aktiv als die östliche.

Die Störungszone von Bechtsbüttel-Calberlah (Anl. 2.1.4/14) liegt zwischen den Salzstöcken Bechtsbüttel und Calberlah am Ostrand und teilweise außerhalb des Modellgebietes Konrad. Von den zugehörigen Abschiebungen, die generell NE-SW streichen, gilt die westlichste als die Hauptstörung. Sie fällt nach Osten ein und schwenkt an ihrem Nordende in NW-SE-Streichen um. Von ihr laufen West-abschiebende Störungen ab, von denen die östlichste ebenso wie der südlichste Abschnitt der Hauptstörung außerhalb des Modellgebietes liegt. Diese Störungen bilden eine kleine Schollenstaffel bzw. einen kleinen, vielleicht Y-förmigen Graben. Sie wurzeln vermutlich in Trias-Schichten (Keuper) und erfassen darüber hinaus Lias-, Dogger- und Unterkreide-Schichten. Die Sprunghöhen betragen etwa 50-100 m. Infolge späterer Hebung und Abtragung dieses Gebietes (Inversion) ist nicht feststellbar, wann das Störungssystem aktiv war.

Die Störungszone zwischen den Salzstöcken Rolfsbüttel und Gifhorn besteht aus der im Nordwestteil des Modellgebietes Konrad gelegenen, West-abschiebenden Hauptstörung und einigen westlich außerhalb des Modellgebietes befindlichen listrischen Abschiebungen, die zusammen den Leiferder Graben (Anl. 2.1.4/11 u. 14) bilden. Die Störungen verlaufen in NE-SW-Richtung. An der Hauptstörung sind Abschiebungsbeträge von 50-100 m bekannt.

Im Bereich dieser Struktur soll vom Oberen Buntsandstein bis in den tieferen Dogger ein Salzkissen bestanden haben, wofür die Mächtigkeitsabnahmen dieser Schichten von Osten nach Westen zur Struktur hin sprechen. In diesem Bereich dürften der Obere Muschelkalk und das Steinsalz des Mittleren Muschelkalk fehlen. Im höheren Dogger, im Malm und in der Unterkreide wanderte das Zechstein-Salz aus dem Kissen in die benachbarten Salzstöcke Rolfsbüttel und Gifhorn ein, die, wie oben beschrieben, in dieser Zeitspanne ihr Diapirstadium durchmachten. Die großen Mächtigkeiten dieser Schichten im Leiferder Graben und in der Umgebung dieser Struktur sind das Äquivalent dieser Salzabwanderung.

In der Grabenscholle ist im Modellgebiet auf Alb transgredierendes Obercampan erhalten, das teilweise von Tertiär überlagert ist. Danach dürften im Coniac/Santon bis Untercampan die Schichten des höheren Alb bis Turon abgetragen worden sein, bevor das Obercampan transgredierte, das selbst prätertiär wieder weitgehend erodiert wurde. Tertiär liegt auch auf Unterkreide östlich der Hauptstörung.

Der Gifhorn-Calberlah-Graben (Anl. 2.1.4/12-14) erstreckt sich in NW-SE-Richtung zwischen den Salzstöcken Gifhorn und Calberlah. Seine Ostrandstörung reicht nach unserer Interpretation von der Zechstein-Basis bis in die Unterkreide bzw. bis zur Grenzfläche Unterkreide/Quartär und fällt, teufenwärts zunehmend flacher werdend, nach Südwesten ein. Nach Nordwesten läuft von ihr im Bereich der Grabenscholle eine steiler einfallende Begleitstörung ab. Seine Weststrandstörung beginnt innerhalb der Unterkreide-Schichten, sie fällt, teufenwärts zunehmend flacher werdend, nach Nordosten

ein und trifft im Bereich von Jura- bzw. Trias-Schichten auf die Ostrandstörung. Dadurch ergibt sich das Bild eines Y-förmigen Grabens. Es ist aber auch möglich, daß sich die beiden Randstörungen kreuzen; jedoch dürfte auch bei einer solchen Interpretation zumindest eine Randstörung die Zechstein-Basis erreichen.

Unter dem heutigen Graben bestand in der Zeitspanne Buntsandstein bis Dogger ein Salzkissen, dessen Reste heute noch erkennbar sind (über 200 m Zechstein-Salz unter dem Graben). In dem ehemaligen Kissenbereich sind Trias-, Lias- und Dogger-Schichten lückenhaft und relativ geringmächtig. Muschelkalk-Steinsalz fehlt dort, und es transgredieren u.a. Röt oder Solling-Folge auf tieferen Buntsandstein und teilweise auf Zechstein sowie Dogger epsilon auf Lias und lokal auf Keuper.

Die synsedimentäre Absenkung des Grabens begann im Malm, setzte sich verstärkt im Wealden und in der weiteren Unterkreide fort und klang schließlich noch in der Unterkreide aus. Dementsprechend sind in der Grabenscholle besonders Wealden- und weitere Unterkreide-Schichten deutlich mächtiger als auf den Grabenschultern. Die Grabeneinsenkung soll durch die Abwanderung des Zechstein-Salzes aus dem Salzkissen in den benachbarten Salzstock Gifhorn hinein verursacht worden sein. Da aber eine Grabenrandstörung wohl bis zur Zechstein-Basis reicht, dürfte die Entstehung der Struktur nicht allein auf Halokinese zurückzuführen sein.

Unsere Prüfarbeiten zu den tektonischen Strukturen ergaben, daß der Antragsteller Alter und Entwicklung dieser 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 dies dadurch, daß dieses Gebiet vergleichsweise geologisch besonders gut und umfassend untersucht und bekannt ist. Die vorgelegten Unterlagen bilden die Grundlage für die hydrogeologischen Betrachtungen und Modellrechnungen der Gutachter nach dem Schicht- und dem Störzonenmodell (Kap. 3.2.2, 3.2.3 u. 3.4.2) sowie zur geologischen Bewertung (Kap. 2.4.1.2) des geplanten Endlagers.

### 2.1.4.3 Kleintektonik

#### 2.1.4.3.1 Darstellung des Antragstellers

Im Bereich der Schachtanlage Konrad zeigen die jurassischen Schichten N-S-Streichen, das nur im Süden und äußersten Norden des Grubenfeldes in NNE-SSW-Richtung umschwenkt. Das Einfallen der Schichten liegt bei durchschnittlich 22° nach Westen.

Die aus epirogen-tektonischen und halokinetischen Bewegungen resultierenden Beanspruchungen des Gesteinsverbandes bewirkten die Ausbildung von Klüften, Abschiebungen und schichtparallelen Gleitflächen. Die um N-S-streichenden Trennflächen und Störungen bilden ein älteres Gefügesystem, dessen Entstehung zeitlich in den höheren Oberjura (später als Unterkimmeridge) zu stellen ist. Dieses System folgt vermutlich alten Sockelstrukturen, die, später reaktiviert, sich nach oben durchgepaust haben.

Über das Alter aller anderen Störungen und Trennflächen läßt sich keine gesicherte Aussage machen. Die um W-E-, NW-SE- und NE-SW-streichenden Störungen und sonstigen Trennflächen, deren Richtungen vermutlich ebenfalls im tieferen Untergrund alt angelegt sind, werden Bewegungen in der Zeitspanne hoher Obermalm bis höhere Unterkreide (etwa bis zur Alb-Basis) zugeordnet und als jüngeres Gefügesystem zusammengefaßt. Eine in der Literatur vorgenommene Zuordnung der NW-SE- und der NE-SW-streichenden Störungen und sonstigen Trennflächen zu einem zweiten sowie der W-E- und der NNE-SSW-streichenden Trennflächen zu einem dritten, jüngsten Gefügesystem läßt sich aus den vorhandenen Gefügedaten nicht belegen.

Hinsichtlich der im Grubenrißwerk dokumentierten Klüfte und Störungen verweist der Antragsteller auf die Anlagen 3.1.9.2/1 bis 3.1.9.2/4 zum Plan Konrad 4/90, wobei vorwiegend solche Klüfte und Störungen dargestellt sind, die auf beiden Streckenstößen beobachtet werden konnten.

Die den Konrad-Graben begrenzenden Störungen, der Sauinger und der Bleckenstedter Sprung, werden von Kluftsystemen begleitet, die deren Streich- und Fallrichtungen entsprechen. Bei der Grabeneinsenkung wurde die Grabenscholle nach Westen verfrachtet. Darauf lassen die schräg nach Westen gerichteten starken Harnische auf den Störungsflächen des Sauinger und Bleckenstedter Sprunges schließen. Harnische auf Störungsflächen im Bereich des Sauinger Sprunges zeigen Lineationen unterschiedlicher Richtung, was mit Schollenkippen und Rotationen erklärbar ist. Der Graben wird vom Konrad-Sprung und dazu quer streichenden Störungen in mehrere große Blöcke zerlegt. Aufgrund der im Ort 300 aufgeschlossenen Störungen und Klüfte sind wahrscheinlich auch die weiter östlich liegenden Grabenteile in kleinere Schollen zerlegt.

Das LHD-Feld Nord (LHD = Load-Haul-Dump-Technik mit gleislosen Fahrzeugen zur Auffahrung von Strecken und Abbauen im Bergbau) und der nördliche Teil des Spülversatzfeldes sind durch den nach SE staffelartig aufgegliederten Bleckenstedter Sprung beeinflusst. Sigmoidal NW-SE-verlaufende Kluftscharen und Störungen sowie gering eingesenkte Gräben spiegeln die bei der Bildung des Konrad-Grabens wirkende Zerrungstektonik wider. Diese erfaßte auch eine östlich des Spülversatzfeldes N-S-streichende Störung, die sogenannte Grabenstörung, die sich bis in das LHD-Feld Süd verfolgen läßt. Östlich der Grabenstörung ist das Gebirge durch NW-SE-streichende und nach SW einfallende Störungen in keilförmige, staffelartig angeordnete Schollen zerlegt.

Auch westlich des Spülversatzfeldes und südlich des Bleckenstedter Sprunges wirkte sich die genannte Zerrungstektonik aus und überprägte dort die alt angelegte "N-S-Tektonik". Südlich einer Linie durch die Bohrungen Bleckenstedt 4 und Konrad 101 werden die N-S-streichenden Klüfte und Störungen orthogonal von relativ engständigen W-E-streichenden Kleinstörungen gequert, die eine W-E-verlaufende Einmuldung des Unteren Erzlagere bewirken. Die Umbiegungspunkte der dem Streichen des Erzlagere folgenden Strecken ordnen sich deshalb ebenfalls in W-E-Richtung an. Die maximale Absenkung beträgt etwa 50 m.

Das Trennflächengefüge von Oberkreide-Schichten in einigen Steinbrüchen in der Umgebung der Schachanlage Konrad ist von den tektonischen Strukturen in der weiteren Umgebung des Salzstockes Broistedt geprägt. Die Trennflächen fallen überwiegend steil ein. Die Hauptrichtungen kommen auch im Trennflächeninventar der Jura-Schichten in der Schachanlage Konrad vor.

Im Aufschluß Woltwiesche nordwestlich des Salzstockes Broistedt treten Trennflächenrichtungen um 70° und um 155° auf, im Aufschluß Cramme westlich des Oderwaldes Richtungen um 70° und 175°. Im Aufschluß Salder an der Nordflanke des Salzgitter-Höhenzuges kommen Trennflächenrichtungen um 25° und um 120° vor, im Aufschluß Drütte südöstlich der Grube Konrad Richtungen um 20°, ferner um 55°, 135° und 150°.

#### 2.1.4.3.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zur Kleintektonik beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- GEITNER (1961), GOLESTANEH et al. (1975), JARITZ (1986), KOLBE & SIMON (1969), KÖLBEL (1944), KÜHNE (1932), MILINGOS (1980), SCHLOENBACH (1985).

- [REDACTED] [1985a], [REDACTED] [1985].

- EU 178, EU 201.3, EU 202, EU 367, EU 418, EU 424, EU 454.

Unter Kleintektonik werden hier die Lagerungsverhältnisse der einzelnen Schichten, insbesondere der geplanten Einlagerungsschichten, einschließlich ihres Trennflächeninventars (= Störungen und Klüfte) im Grubenbereich Konrad verstanden. Die wichtigsten Angaben und Fakten sind im folgenden aus unserer Sicht zusammengestellt.

Die geplanten Einlagerungsschichten, insbesondere das Untere Erzlager, streichen im Grubenfeld Konrad generell in nordsüdlicher Richtung und fallen mit durchschnittlich etwa 22° nach Westen ein. Im äußersten Norden des Grubenfeldes (Nordstrecke 5. Sohle nördlich Schacht Konrad 1) lenkt das Schichtstreichen in NNE-SSW-Richtung ein.

Im südlichsten Teil des Grubenfeldes (LHD-Feld Süd südwestlich vom Schacht Konrad 2 und Gebiet der geplanten Einlagerungsfelder südlich vom Schacht Konrad 2) schwenkt das Schichtstreichen von Norden nach Süden zunächst von nordsüdlicher in NNW-SSE- und schließlich in NNE-SSW-Richtung um. Dadurch zeigt sich in Grubenrissen und Schnitten das Bild einer nach Westen offenen Mulde, die z.B. in der Auffahrt 210 A durchörtert worden ist. Auf der 4. Sohle ist das Untere Erzlager im Zentralbereich dieser Mulde (Umgebung der Tiefbohrung Bleckenstedt 4) um etwa 50 m eingesenkt bzw. flexurartig durchgebogen. In diesem Gebiet finden sich eine West-Ost-streichende, flach Süd-abschiebende Störung sowie eine Anzahl ebenfalls West-Ost-streichender, aber steil Süd- bzw. Nord-abschiebender Störungen, deren Sprunghöhen höchstens einige Meter erreichen. Diese Abschiebungen sind mit der muldenartigen Schichtenlagerung in Verbindung gebracht worden (EU 178). Ob sie aber diese Einmuldung bewirkten (Plan Konrad 4/90), scheint uns zweifelhaft und muß offen bleiben.

Die in der Grube Konrad aufgeschlossenen Schichten weisen tektonische Trennflächen (Klüfte und Störungen) auf, die üblicherweise von der Markscheiderei der Grube aufgenommen werden. Nichttektonische Trennfugen sind hier nicht erfaßt. Von den bis Mitte 1987 vorliegenden 1616 untertägigen Meßwerten stammen 1581 Werte aus den Jura-Schichten (meist Oxford und Kimmeridge) im Grubengebäude und 35 Meßwerte aus den Kreide-Schichten in den Schächten Konrad 1 und 2. Die Meßergebnisse sind statistisch ausgewertet worden (SCHLOENBACH 1985, EU 202; Einzelheiten hierzu s.u.). Von den 1581 Trennflächen in Jura-Gesteinen sind 1024 Trennflächen ohne Verwurf (= Klüfte) und 557 Trennflächen mit Verwurf (= Störungen). Von den letzteren haben 399 Trennflächen Verwurfsbeträge von weniger als 1 m; 148 Störungen zeigen Verwurfsbeträge von 1-10 m und nur 10

Störungen weisen Verwurfsbeträge von mehr als 10 m auf. Bei den Klüften handelt es sich vorwiegend um Großklüfte mit einer Erstreckung von 1-10 m, teilweise aber auch um Riesenklüfte mit über 10 m Erstreckung.

Die tektonischen Trennflächen in der Grube folgen vier Hauptrichtungen, nämlich um Nord-Süd (NNW bis NNE), um West-Ost (WNW bis ENE), um Nordost-Südwest und um Nordwest-Südost. Die Nord-Süd-gerichteten Trennflächen gelten als die ältesten und entstanden nach Antragstellerangaben in der Zeitspanne nach dem Unterkimmeridge und vermutlich vor der Unterkreide-Transgression. Die drei übrigen Trennflächensysteme sind jünger als das nordsüdliche System und wurden nach Antragstellerangaben in der Zeitspanne hoher Obermalm bis höhere Unterkreide (Alb) gebildet. Entgegen der Meinung von SCHLOENBACH (1985), die teilweise zu anderen Ergebnissen kam, läßt sich eine genaue Altersfolge für diese drei Systeme derzeit nicht angeben und muß offen bleiben, bis eindeutige Belege vorliegen. Die Klärung dieser Problematik ist für das geplante Vorhaben unerheblich.

Die genannten Trennflächen-Richtungen sind schon im Präzechstein (Zechstein-Basis) nachgewiesen und dürften sich bei den späteren Bewegungen zumindest teilweise in den jüngeren Schichten (Post-Zechstein) nachgezeichnet und nach oben durchgepaust haben. Diese mehrfachen, hinsichtlich der Hauptrichtungen sicherlich örtlich und zeitlich unterschiedlich starken Reaktivierungen der Bewegungen dürften ein gewichtiger Grund dafür sein, daß die Altersfolge der genannten jüngeren Trennflächensysteme noch nicht eindeutig aufgelöst werden konnte.

In dem südlich vom Bleckenstedter Sprung gelegenen Spülversatzfeld und dem LHD-Feld Nord dominieren NW-SE-streichende, Nordost- bzw. Südwest-abschiebende Störungen (sogenannte Diagonalstörungen, s.u.) sowie um nordsüdlich (NNE bis NNW) gerichtete, West- bzw. Ost-abschiebende Störungen, die meist halbsteil bis steil einfallen und nur relativ geringe Sprunghöhen besitzen. Insbesondere die nordsüdlich streichenden Störungen weisen nicht selten Mineralfüllungen auf, darunter Cölestin.

Im Ostteil dieses Gebietes findet sich die sogenannte Grabenstörung (Grabensprung), eine nordsüdlich streichende, halbsteil nach Osten einfallende Abschiebung mit etwa 15-20 m Sprunghöhe, die sich vom LHD-Feld Süd am Ostrand des Spülversatzfeldes entlang bis in das LHD-Feld Nord und möglicherweise bis in den Konrad-Graben (s.u.) erstreckt (Orte 390, 320 B, 400 A, 203 und 202 sowie möglicherweise 370 A, 310 N-A, 410 N und 300). Östlich der Grabenstörung ist das Gebirge durch meist halbsteil bis steil West-abschiebende Begleitstörungen in kleine, teils keilförmige, staffelartig angeordnete Schollen zerlegt. Im Westen wird die Grabenstörung außer von Kluftsystemen von halbsteil bis steil einfallenden, anti- und synthetischen Abschiebungen begleitet.

Die Sprunghöhen der Begleitstörungen östlich und westlich der Grabenstörung liegen vorwiegend im Meterbereich. Im Bereich der Grabenstörung und ihrer Begleitstörungen und durch Diagonalstörungen ergaben sich lokal Probleme hinsichtlich der Streckenstandfestigkeit, z.B. im Ort 202, die aber für das geplante Endlager belanglos sind.

Die oben erwähnten, NW-SE-streichenden Diagonalstörungen sind in dem Spülversatzfeld und dem LHD-Feld Nord südlich vom Bleckenstedter Sprung sowie westlich und nordwestlich vom Schacht Konrad 2 in einigen Fällen über mehrere Sohlen der Grube zu verfolgen. Sie kreuzen und verwerfen nordsüdlich gerichtete Störungen. Ob eine oder mehrere dieser Diagonalstörungen den Bleckenstedter Sprung kreuzen und verwerfen, kann vermutet, aber nicht belegt werden. Eine nach Nordosten einfallende Diagonalstörung mit etwa 0,8 m Sprunghöhe wurde in Barrême-Tonsteinen in 517 m Tiefe im Schacht Konrad 2 durchteuft und mit späteren Schäden am Schachtausbau in diesem Teufenbereich sowie mit einem Senkungsmaximum der Schachtröhre bei 540 m Teufe in Zusammenhang gebracht. Daraus ergeben sich jedoch keine besonderen Probleme für den Schacht oder das geplante Endlager.

Im LHD-Feld Süd werden die um Nord-Süd-streichenden Störungen von den schon erwähnten, um West-Ost-streichenden Abschiebungen ge-

kreuzt und verworfen. Wie im gesamten Grubengebäude bilden die um Nord-Süd-streichenden Störungen und die sie begleitenden Klüfte das älteste Trennflächensystem. Sie fallen nicht selten antithetisch ein, also entgegen dem Schichteinfallen nach Osten. Dabei ist ihre Sprunghöhe im Süden oft etwas größer als im Norden. Dagegen neigen die nach Norden an Sprunghöhe zunehmenden Störungen zu synthetischem Einfallen, also mit dem Schichteinfallen nach Westen. Diese streichenden Abschiebungen lösen sich teilweise fiederig ab, die Schollen dazwischen verhalten sich wie Kippschollen: Ablösung von Schollen, die abwechselnd im Norden und Süden stärker abgesunken und mit einer Art neutraler Faser ohne Bruch im abklingenden Bereich verbunden sind (GOLESTANEH et al. 1975).

Die West-Ost-gerichteten, querschlägigen Abschiebungen versetzen, wie erwähnt, die Nord-Süd-verlaufenden Längsstörungen. Es gibt Beispiele dafür, daß diese Querstörungen in den neutralen Zonen der Längsstörungen auftreten, also an Stellen, an denen infolge des Kippschollen-Charakter's der älteren Tektonik eine Umkehr des Bewegungssinnes und manchmal auch der Einfallrichtung der Längsstörungen beobachtet wurde. Dies soll nach GOLESTANEH et al. (1975) für ein Auftreten der Querstörungen an präformierten Queraufwölbungen sprechen. Die Querstörungen bilden teilweise Staffelsprünge oder begrenzen Gräben, wobei die Verwurfshöhen meist tiefenwärts ausklingen. Längsstörungen und vor allem um Nord-Süd-gerichtete Klüfte nehmen teilweise von den tieferen zu den höheren Sohlen der Grube zu und sind in den Oberkreide-Plänerkalken im Hangenden des Grubengebäudes ebenfalls häufig (s.u.).

Der Konrad-Graben, in dessen Zentralbereich der Schacht Konrad 1 steht, ist die bedeutendste tektonische Einheit im Grubengebäude. Seine südliche Randstörung, der Bleckenstedter Sprung, ist in der Grube die Störung mit dem größten Verwurfsbetrag und bildet die Nordgrenze des Spülversatzfeldes.

Der Bleckenstedter Sprung besteht zumindest streckenweise aus mehreren, staffelartig angeordneten Verwerfungen bzw. weist eine oder mehrere Begleitstörungen auf, von denen eine im Süden gelegene als Vorstörung bezeichnet wird. Haupt- und Begleitstörungen bilden

eine etwa 10-30 m, lokal 40-70 m breite Störungszone, wobei stellenweise um 1-2 m breite Mylonitzonen ausgebildet sind. Das Streichen der Störungen beträgt 77° bis 95°, das Einfallen zwischen 60° und 70° Nord, lokal über 80° Nord. Harnische weisen Fallwinkel zwischen 20° und 60° West auf.

Der Bleckenstedter Sprung ist auf allen Sohlen der Grube abgeschlossen, soweit sie in seinem Bereich aufgefahren sind, und zwar meist in den Richtstrecken vom Schacht Konrad 1 nach Süden und in den Querschlägen im Bereich des Sprunges sowie u.a. in den Orten 102, 302 A, 410 N, 610 N und in der Neuen Werkstatt auf der 4. Sohle. Der Vertikalverwurf soll auf der 6. Sohle etwa 140 m, auf der 5. und 4. Sohle etwa 135 m, auf der 3. Sohle etwa 105 m und auf der 1. Sohle (Ort 102) etwa 60 m betragen, also nach Osten deutlich abnehmen (EU 178). Der Horizontalverwurf (söhliges Versetzen der Schichten) beträgt auf der 4. und 5. Sohle etwa 355 m und ist auf der 3. Sohle allem Anschein nach etwas größer.

Der Nordrand des Konrad-Grabens ist in der Grube nur in der Nordstrecke auf der 5. Sohle nördlich vom Schacht Konrad 1 abgeschlossen. Seine nördliche Randstörung, der Sauinger Sprung, streicht dort etwa WNW-ESE (um 108°) und fällt mit etwa 67° nach SSW ein. Südlich dieses Sprunges treten W-E- bis NW-SE-streichende Begleitstörungen auf, wodurch insgesamt das Bild eines in kleine Schollen zerlegten Grabens resultiert. Die südliche Randstörung dieses als ein Teilgraben innerhalb des Konrad-Grabens gelegenen, sogenannten Sauinger Grabens streicht etwa WNW-ESE (um 104°) und fällt mit etwa 47° nach NNE ein. Die Horizontalverwürfe der Randstörungen des Sauinger Grabens erreichen um 100 m bis maximal etwa 200 m (Sauinger Sprung: seigerer Verwurf 40 m, horizontaler = söhliger Verwurf 200 m).

Auch nördlich des Sauinger Sprunges ist das Gebirge in der Nordstrecke auf der 5. Sohle durch einige W-E- und NW-SE-streichende und nach Süden und Südwesten einfallende Abschiebungen gestört. In diesem gesamten Bereich nördlich vom Schacht Konrad 1 ging kein Erzabbau um und ist keine Einlagerung geplant.

Die Grabenscholle des Konrad-Grabens ist nicht nur am Graben-nordrand, sondern auch in der Umgebung und südlich vom Schacht Konrad 1 durch Abschiebungen zerlegt. Die bedeutendste Störung ist dort der Konrad-Sprung, der schon beim Abteufen im Schacht Konrad 1 und später in verschiedenen Grubenbauen durchörtert wurde (z.B. Ort 610 N, Füllort 5. Sohle, Schachtquerschlag 4. Sohle, Orte 370 A, 310 N-A und 300). Dieser Sprung streicht auf der 5. Sohle in NE-SW-Richtung ( $68^\circ$ ) und fällt mit  $50^\circ$  nach Nordwesten ein. Sein Vertikalverwurf beträgt etwa 30 m, sein Horizontalverwurf etwa 95 m. Nach seismischen Meßergebnissen trifft der Konrad-Sprung ostnordöstlich vom Schacht Konrad 1 auf den Sauinger Sprung und südwestlich vom Schacht Konrad 1 im Bereich des Ortes 610 N auf den Bleckenstedter Sprung.

Im Bereich der Orte 370 A und 310 N-A wird der Konrad-Sprung von einer NW-SE- bis NNW-SSE-streichenden ( $160^\circ$ ) und mit  $55^\circ$  Nordost-abschiebenden Diagonalstörung gekreuzt und verworfen. Die vertikale Sprunghöhe dieser Störung beträgt über 7 m, der Horizontalverwurf etwa 30 m. Weitere Aufschlüsse dieser Störung fanden sich in den Orten 300 und 410 N, ferner in der Richtstrecke auf der 3. Sohle sowie auf der 4. Sohle Nord (EU 178).

Man kann vermuten, aber nicht belegen, daß diese Diagonalstörung eine Fortsetzung der Grabenstörung nördlich des Bleckenstedter Sprunges darstellt. Schließlich belegen die Aufschlüsse im Ort 300 (Schachtquerschlag 3. Sohle) die Zerlegung der Grabenscholle des Konrad-Grabens durch Abschiebungen mit relativ geringen Verwurfsbeträgen und mit den genannten Hauptstreichrichtungen in mehrere Teilschollen.

Nach Beobachtungen in der Grube muß darauf hingewiesen werden, daß das Gebirge in Bereichen mit gehäuft auftretenden und/oder sich kreuzenden bzw. sich vergitternden Klüften und Störungen unterschiedlich stark zerrüttet ist. Ein Beispiel für eine solche Zerrüttungszone ist der oben erwähnte Bereich der Grabenstörung und ihrer Begleitstörungen im Ort 202. Wir gehen davon aus, daß das Gebirge besonders in Bereichen mit mehrfach bzw. über lange Zeiträume bewegten Störungen sowie in Gebieten mit sich vergitternden

tektonischen Trennflächen Zerrüttungszonen aufweist. Zu solchen Bereichen zählen z.B. der Konrad-Graben sowie, außerhalb der Grube, die Immendorfer Störung und die Salzstockränder. Zur hydrogeologischen Bedeutung und Bewertung dieser Bereiche wird im Kapitel 3 (Hydrogeologie) dieses Textes Stellung genommen.

Wie oben erwähnt, sind bis Mitte 1987 in der Grube Konrad seitens der Markscheiderei 1616 tektonische Trennflächen (Klüfte und Störungen) aufgenommen und alle Meßergebnisse vom Antragsteller statistisch ausgewertet worden, wobei eine Variante des EDV-Programmes GELI benutzt wurde (EU 202). Weitere Arbeiten dieser Art erfolgten inzwischen im Korallenoolith im Feld 5/1 im Bereich der 1. Sohle Süd in den Orten 101 Süd, 110, 210 A, 230, 231 Süd und 241 Süd (EU 367, EU 418) sowie im Alb auf der 343-m-Sohle und im Barême auf der 541-m-Sohle am Schacht Konrad 2 (EU 424, EU 454). Nach Prüfung der Auswertungsergebnisse können wir die Angaben des Antragstellers dazu im wesentlichen bestätigen. Die aus unserer Sicht wichtigsten Angaben und Fakten sind im folgenden zusammengestellt.

Unter den in Jura-Gesteinen in der Grube eingemessenen 1581 tektonischen Trennflächen waren 188 offene Trennfugen, von denen 118, also 7,5 % der eingemessenen tektonischen Trennflächen, beim Anfahren Wasser führten. Der Anteil an tektonischen Trennflächen, die beim Anfahren Wasser führten, am gesamten eingemessenen Trennflächeninventar lag im Bereich südlich des Bleckenstedter Sprunges bei knapp über 10 %, während er im Bereich des Konrad-Grabens nur ca. 7 % erreichte. Auf die wasserführenden Gefügeflächen wird im Kapitel 3 (Hydrogeologie) dieses Textes eingegangen.

In der Grube Konrad folgen die tektonischen Trennflächen, wie erwähnt, vier Hauptrichtungen. Unter den in Jura-Gesteinen in der Grube eingemessenen 1581 tektonischen Trennflächen überwiegen um Nord-Süd-streichende, nach Westen einfallende sowie um West-Ost-streichende, nach Norden einfallende Gefügeflächen. Von den beiden übrigen Haupttrennflächenrichtungen kommt die Nordwest-Südost-Richtung häufiger vor als die Nordost-Südwest-Richtung. In den einzelnen Teilbereichen des Grubengebäudes sind die Haupttrennflä-

chenscharen vorwiegend nach dem jeweiligen Großstörungeninventar ausgerichtet (EU 202).

Aus den einzelnen Teilbereichen des Grubengebäudes sind aus unserer Sicht die folgenden Angaben besonders wichtig:

Nördlich des Konrad-Sprunges, im Bereich des Sauinger Grabens und des Sauinger Sprunges, herrschen Nordwest-Südost- bis West-Ost-streichende, steil nach Südwesten bis Süden einfallende tektonische Trennflächen vor.

Im Gebiet zwischen dem Konrad-Sprung und dem Bleckenstedter Sprung überwiegen, in Anlehnung an diese beiden Großstörungen, um Nordost-Südwest- und West-Ost-streichende, nach Nordwesten und Norden einfallende Gefügeflächen. Östlich der Diagonalstörung, die, wie erwähnt, den Konrad-Sprung versetzt, bilden um Nordwest-Südost-streichende, steil nach Südwesten einfallende Trennflächen ein antithetisch zu der Diagonalstörung einfallendes Begleitgefüge (EU 202).

Im Bereich des Bleckenstedter Sprunges sind in Anlehnung an diesen zweischarige, West-Ost-streichende Abscherungsbrüche am stärksten ausgebildet, die synthetisch mit dem Bleckenstedter Sprung nach Norden und antithetisch zu diesem nach Süden einfallen. Daneben sind in diesem Bereich u.a. Nordost-Südwest-streichende, nach Nordwesten einfallende Gefügeflächen häufig.

Im Bereich des LHD-Feldes Nord, des Spülversatzfeldes und des westlich anschließenden Grubengebäudes bis zur 6. Sohle (Gebiet westlich der Grabenstörung) herrschen um Nord-Süd-streichende, steil nach Westen und halbsteil bis steil nach Osten einfallende Trennflächen vor, während um Nordwest-Südost-streichende, nach Südwesten einfallende Gefügeflächen weniger häufig vorkommen. Daneben sind West-Ost-streichende, nach Norden und teilweise auch nach Süden einfallende tektonische Trennflächen zu erwähnen.

Im Bereich östlich des LHD-Feldes Nord, des Spülversatzfeldes und des LHD-Feldes Süd (Gebiet östlich der Grabenstörung bis zur 1. Sohle) sind alle vier Trennflächen-Hauptrichtungen deutlich vertreten, jedoch herrschen um Nord-Süd- bis Nordwest-Südost-streichende, nach Westen bis Südwesten einfallende Gefügeflächen vor. Diese fallen antithetisch zu der Grabenstörung ein. Synthetisch mit der Grabenstörung nach Osten einfallende Trennflächen sind relativ selten. Dagegen kommen noch Nordost-Südwest-streichende, nach Nordwesten einfallende Trennflächen sowie um West-Ost-streichende, nach Norden und nach Süden einfallende Gefügeflächen in diesem Bereich relativ häufig vor.

Auch im Feld 5/1 im Bereich der 1. Sohle Süd herrschen um Nord-Süd-streichende, halbsteil bis steil nach Westen einfallende Trennflächen eindeutig vor. Daneben sind Westnordwest-Ostsüdost-streichende, teils nach Nordnordosten, teils nach Südsüdwesten einfallende Trennflächen relativ häufig. Die Versatzbeträge an Störungen liegen dort im  $\delta m$ -Bereich, lokal werden 3 m Versatzbetrag erreicht (z.B. fast Nord-Süd-streichende, steil nach Westen einfallende Abschiebung im Ort 231 Süd). Örtlich fanden sich Öffnungsweiten der Nord-Süd-streichenden Trennflächen bis max. etwa 10 cm (EU 418) und Füllungen mit Calcit und Cölestin. Das im östlichen Teil des LHD-Feldes Süd und in den Strecken südlich und östlich des Spülversatzfeldes aufgeschlossene Trennflächensystem der Grabenstörung beeinflusst mit West-fallenden Abschiebungen das Feld 5/1. Mehrere gestaffelte Abschiebungen verwerfen das Untere Erzlager zwischen dem Ort 101 Süd (1. Sohle Süd) und dem Ort 331 A (LHD-Feld Süd) um insgesamt etwa 35 m (EU 367, EU 418).

Im Nordteil des LHD-Feldes Süd (Zugangsbereich) überwiegen West-Ost-streichende, halbsteil nach Norden und steil nach Süden einfallende sowie um Nord-Süd-streichende, halbsteil bis steil nach Osten und steil nach Westen einfallende tektonische Trennflächen. Daneben kommen Nordost-Südwest-streichende, nach Nordwesten einfallende Gefügeflächen vor.

Im LHD-Feld Süd (Südteil) vergittern sich um Nord-Süd-streichende, steil nach Westen und nach Osten einfallende Trennflächen mit um West-Ost-streichenden, steil nach Norden und nach Süden einfallenden Gefügeflächen. Daneben sind vor allem noch Nordost-Südwest-streichende, steil nach Nordwesten und nach Südosten einfallende Trennflächen ausgebildet.

Unter den 35 in Kreide-Gesteinen in den Schächten Konrad 1 und 2 eingemessenen tektonischen Trennflächen überwiegen Nordwest-Südost-streichende, nach Nordosten und nach Südwesten einfallende Gefügeflächen. Etwas weniger häufig sind um Nordost-Südwest-streichende, nach Südosten und nach Nordwesten einfallende Trennflächen. Hinsichtlich dieser Streichrichtungen unterscheiden sich die tektonischen Trennflächen in den Kreide-Gesteinen nicht von denen in den Jura-Gesteinen in der Grube, jedoch ist ihr Einfallen mit etwa  $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$  generell etwas flacher als das der Gefügeflächen in den Jura-Gesteinen.

In den schluffigen Tonmergelsteinen des Alb auf der 343-m-Sohle am Schacht Konrad 2 überwiegen Nordost-Südwest-streichende Trennflächen, die teils mit  $60^{\circ}$  nach Nordwesten, teils mit  $45^{\circ}$  nach Südosten einfallen. Ferner sind Nordnordwest-Südsüdost-streichende und mit  $60^{\circ}$  nach Westsüdwesten einfallende sowie Westnordwest-Ostsüdost-streichende und mit  $70^{\circ}$  nach Nordnordosten einfallende Trennflächen häufig (EU 424).

In den schluffigen Ton- bis Tonmergelsteinen des Barrême auf der 541-m-Sohle am Schacht Konrad 2 herrschen vier Trennflächenrichtungen vor, nämlich Nordnordwest-Südsüdost- und Nordnordost-Südsüdwest-streichende und mit  $60^{\circ}$  bzw.  $65^{\circ}$  nach Ostnordosten bzw. Ostsüdosten einfallende Trennflächen (Einfallen z.T. auch mit  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  nach Westnordwesten), ferner Westnordwest-Ostsüdost-streichende und mit  $60^{\circ}$  nach Nordnordosten einfallende sowie Westsüdwest-Ostnordost-streichende und mit  $60^{\circ}$  nach Südsüdosten einfallende Trennflächen (EU 454).

Sowohl im Alb als auch im Barrême sind die Trennflächen teils glatt und eben, teils rauh und uneben ausgebildet, und sie weisen

teilweise Harnische, Striemung und Calcitbeläge und -füllungen auf; Versatzbeträge konnten nicht ermittelt werden. Engständige Klüfte kommen nur begrenzt vor; die Klüftlängen erreichen zumindest mehrere dm. Im Hinblick auf die Streichrichtungen und das Einfallen der tektonischen Trennflächen bestätigten die Aufschlüsse auf der 343- und der 541-m-Sohle am Schacht Konrad 2 die Auffassung, daß in dieser Hinsicht keine prinzipiellen Unterschiede zwischen Jura- und Unterkreide-Gesteinen im Grubenbereich Konrad bestehen.

GEITNER (1961), MILINGOS (1980), SCHLOENBACH (1985) und der Antragsteller (EU 202) führten gefügestatistische Untersuchungen in den Oberkreide-Tagesaufschlüssen bei Woltwiesche, Cramme, Drütte (Walzwerk III) und Salder in der Nachbarschaft der Grube Konrad durch. Auf die Ergebnisse von Woltwiesche wird hier nicht eingegangen, weil dieser Aufschluß in der Lesser Mulde nordwestlich vom Salzstock Broistedt liegt und deshalb aus unserer Sicht für das Vorhaben Konrad nicht relevant ist.

In dem am Westrand des Oderwaldes etwa 8 km südöstlich der Grube Konrad gelegenen Aufschluß Cramme überwiegen in den flach nach Westen einfallenden Turon-Plänerkalken NE-SW- bis ENE-WSW-streichende, steil in nördliche und in südliche Richtungen einfallende tektonische Trennflächen. Daneben kommen um Nord-Süd-streichende, steil nach Westen und nach Osten einfallende Gefügeflächen vor.

In dem unmittelbar südöstlich der Grube Konrad gelegenen Aufschluß Drütte (Walzwerk III) gibt es in den Turon-Plänerkalken NNE-SSW-streichende, steil nach Osten und nach Westen einfallende tektonische Trennflächen, ferner NE-SW-streichende, steil nach Südosten einfallende Gefügeflächen sowie schließlich um NW-SE-streichende, steil nach Nordosten und nach Südwesten einfallende Trennfugen.

In dem etwa 7 km südwestlich der Grube Konrad gelegenen Aufschluß Salder fallen die Turon-Plänerkalke an der Nordflanke des Salzgitter-Höhenzuges steil nach Nordosten ein. Dort herrschen um NNE-SSW-streichende, steil nach NNW und nach ESE einfallende tektoni-

sche Trennflächen vor. Daneben treten um NW-SE-streichende, steil nach Südwesten und nach Nordosten einfallende Gefügeflächen auf.

In diesen Tagesaufschlüssen fallen die tektonischen Trennflächen in den Turon-Plänerkalken mit  $60^{\circ}$ - $80^{\circ}$  generell deutlich steiler ein als in den Kreide-Gesteinen in den beiden Konrad-Schächten, wo die Trennfugen mit etwa  $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$  einfallen (s.o.). Ein Vergleich ergibt, daß die Trennflächeninventare in den Kreide- und in den Jura-Gesteinen innerhalb der Grube Konrad und in ihrer näheren Umgebung nach den Einfallswerten und nach den Hauptrichtungen prinzipiell übereinstimmen. Lediglich die westöstlich-streichenden Trennflächen sind in den Oberkreide-Gesteinen deutlich schwächer vertreten als in den Unterkreide- und den Jura-Gesteinen.

Zur Frage der mittleren Abstände der tektonischen Trennflächen und deren Vernetzung in den Jura-Gesteinen, in den Oberkreide-Plänerkalken und im Oberen Muschelkalk im Bereich der Grube Konrad hat der Antragsteller eine Ausarbeitung vorgelegt (EU 201.3). Dazu sei angemerkt, daß die darin enthaltenen Aussagen nicht die Angaben in der EU 202 und nicht die Untersuchungsergebnisse von SCHLOENBACH (1985) für die Umgebung der größeren Störungen enthalten. Diese Angaben sind im folgenden zusammengefaßt.

Nach Untersuchungen der Störungsbegleittektonik (= Begleitstörungen und Klüfte) an den Randstörungen des Sauinger Grabens, am Bleckenstedter Sprung und an der Grabenstörung ist das Gebirge im Nahbereich dieser großen Verwerfungen relativ stark von begleitenden tektonischen Trennflächen durchsetzt.

Im Sauinger Graben wurden gehäuft tektonische Trennflächen an den Störungen, die den Untersuchungsbereich im Norden begrenzen, bis zu einer Entfernung von 25 m festgestellt. Im Nahbereich von 5 m fand sich an diesen Störungen die höchste Klüftigkeit.

Am Bleckenstedter Sprung reicht die erhöhte Klüftigkeit querschlägig 5-10 m weit in das Gebirge hinein. Die Begleitklüftung ist dort mit parallel und senkrecht zum Bleckenstedter Sprung streichenden Klüften entwickelt, wobei parallel streichende Klüftflä-

chen örtlich erst in einer Entfernung von 50 m von dem Sprung vorkommen. Inwieweit diese Kluftflächen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Bleckenstedter Sprung stehen, ist fraglich.

An der Grabenstörung reichen die begleitenden, parallel streichenden Klüfte querschlägig etwa 30 m weit in das Gebirge hinein. Diese Klüfte fallen wie die begleitenden Störungen antithetisch zur Grabenstörung ein.

Unsere Prüfung der Kleintektonik ergab, daß der Antragsteller alle wesentlichen Punkte erfaßt und dargestellt hat. Einzelne tektonetische Deutungen und Interpretationen sind noch in der geowissenschaftlichen Diskussion, wie besonders die ungeklärte Altersabfolge unterschiedlich gerichteter Störungs- und Kluftsyste-  
me. Die Klärung dieser Frage ist jedoch für die zukünftige tektonetische Entwicklung am Standort und damit für das geplante Vorhaben ohne Bedeutung.

#### 2.1.4.4 Bewertung zur Tektonik

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. Kap. 2.1.2) zur Grundlage für die geowissenschaftliche Untersuchung und Bewertung des Endlagervorhabens in der Grube Konrad.

Für die Prüfung und für die Bewertung der Angaben des Antragstellers zur Tektonik stand uns eine umfangreiche und dem geplanten Vorhaben genügende Datenbasis zur Verfügung (s. Kap. 1.2). Hierzu gehören vom Antragsteller neben dem Plan Konrad 4/90 die diesem zugeordneten, teilweise aufgrund von Nachforderungen der Gutachter der Genehmigungsbehörde erarbeiteten und in das Verfahren eingebrachten Erläuternden Unterlagen (EU) sowie ferner Literaturangaben, auf die der Antragsteller verweist.

Über die vom Antragsteller vorgelegten Daten hinausgehend liegen uns, als Ergänzung dazu, weitere Literaturangaben und geowissenschaftliche Fachberichte sowie die Ergebnisse eigener Auswertungen von geophysikalischen Bohrlochdiagrammen und von reflexionsseismischen Messungen aus dem Modellgebiet Konrad vor (s. Kap. 1.2 und 2.1.2.4).

Unsere Prüfung der Angaben des Antragstellers zur Fernerkundung ergab, daß diese auf der Auswertung geeigneter Satellitenbilder beruhen und nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erarbeitet worden sind. Als Ergebnis hat sich gezeigt, daß nach kritischer Prüfung keine unbekanntes Strukturen oder Strukturelemente durch Fernerkundung aufgefunden wurden. Dies ist insofern nicht verwunderlich, als das gesamte Modellgebiet geologisch gut bekannt ist. Die vom Antragsteller zur Fernerkundung im Modellgebiet Konrad vorgelegten Auswertungen werden unsererseits als ausreichend akzeptiert.

Im Rahmen unserer Prüfarbeiten haben wir u.a. Tiefenlinienpläne und Schnitte erstellt und damit die Angaben und Interpretationen des Antragstellers hinsichtlich der Verbreitung und der allgemeinen Lagerungsverhältnisse der Schichten vom Zechstein bis zum Quartär im Modellgebiet Konrad überprüft. Geringe Unterschiede im Detail erwiesen sich nach Prüfung als unwesentlich für das Vorhaben und gaben keine Veranlassung zu Nachforderungen an den Antragsteller.

Unsere Prüfarbeiten zu den tektonischen Strukturen ergaben, daß der Antragsteller Alter und Entwicklung dieser 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 dies dadurch, daß dieses Gebiet vergleichsweise geologisch besonders gut und umfassend untersucht und bekannt ist. Die vorgelegten Unterlagen bilden die Grundlage für die hydrogeologischen Betrachtungen und Modellrechnungen der Gutachter nach dem

Schicht- und dem Störzonenmodell (Kap. 3.2.2, 3.2.3 u. 3.4.2) sowie zur geologischen Bewertung (Kap. 2.4.1.2) des geplanten Endlagers.

Unsere Prüfung der Kleintektonik ergab, daß der Antragsteller alle wesentlichen Punkte erfaßt und dargestellt hat. Einzelne tektogenetische Deutungen und Interpretationen sind noch in der geowissenschaftlichen Diskussion, wie besonders die ungeklärte Altersabfolge unterschiedlich gerichteter Störungs- und Kluftsysteme. Die Klärung dieser Frage ist jedoch für die Prognose der zukünftigen tektogenetischen Entwicklung am Standort nicht erforderlich.

## 2.1.5 Rohstoffvorkommen ( [REDACTED] )

Bei der Auswahl und Bewertung eines Standortes für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk ist nach allgemeiner Auffassung und nach den Sicherheitskriterien des BMI (1983) die Erhaltung wirtschaftlich bedeutender mineralischer Rohstofflagerstätten zu berücksichtigen. Im Modellgebiet Konrad sind Vorkommen von Eisenerzen, Kohlenwasserstoffen, Salzen sowie von Steinen und Erden bekannt, die teilweise genutzt werden und/oder in der Zukunft genutzt werden könnten.

### 2.1.5.1 Darstellung des Antragstellers

Im Kapitel 3.1.9.4 "Lagerstätte" des Planes Konrad 4/90 beschreibt der Antragsteller auf den Seiten 3.1.9.4-1 bis 3.1.9.4-9 (einschließlich Literaturverzeichnis, Tab. 3.1.9.4/1 bis 3.1.9.4/4 sowie Abb. 3.1.9.4/1) ausschließlich die Eisenerzvorkommen im Korallenoolith (Oxford) im Bereich der Schachtanlage Konrad. Die Eisenerze im nördlich anschließenden Modellgebiet werden ebenso wie Kohlenwasserstoff-, Salz- und Steine- und Erden-Vorkommen im Modellgebiet nicht behandelt. Jedoch geht der Antragsteller im Kapitel 3.1.10.1 "Geologische Bewertung" des Planes auf die Eisenerz- sowie Erdöl- und Erdgasvorkommen ein (Einzelheiten s.u.).

Daten über die Eisengehalte im Korallenoolith in der Umgebung der Salzstöcke Broistedt, Vechelde, Wendeburg-Rolfsbüttel, Gifhorn und Vorhop liegen aus Eisenerz- und Erdölbohrungen vor. Der Antragsteller legt dar, daß die Verteilung der Mächtigkeiten von Dogger und Malm vorwiegend von der Abwanderung von Zechsteinsalz in die sich bildenden Salzstöcke abhängt und daß somit Salzstockentstehung und Sedimentation in den Randsenken syngenetische Vorgänge sind. Insoweit ist die Bildung der Eisenerzlager im Korallenoolith östlich und westlich der Salzstöcke Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel in getrennten Senkungs- und Sedimentationsräumen erfolgt, die nördlich des Salzstockes Wendeburg-Rolfsbüttel miteinander Verbindung hatten. Im Bereich der Schachtanlage Konrad und nördlich davon bis nach Wierthe liegt das ehemals abbauwürdige

Eisenerz des Unteren Erzlagers mit durchschnittlich mindestens 30 % Fe und 10 m Mächtigkeit in den zentralen Teilen der Randsenke östlich der Salzstöcke Broistedt und Vechelde, zu deren Rändern hin das Erz vertaubt (s. Abb. 3.1.9.4/1 im Plan Konrad 4/90).

In der Schachtanlage Konrad ist der eisenerzführende Mittlere Korallenoolith etwa 50 m mächtig. Er beginnt mit dem ehemals abgebauten Unteren Lager, das z.B. in der Bohrung Bleckenstedt 1 im Grubenfeld 18 m Mächtigkeit und 30,1 % Fe aufweist (s. Tab. 3.1.9.4/3 im Plan Konrad 4/90).

Das Mächtigkeitsmaximum des Lagers folgt der Lage der östlichen Randsenkenachse der Salzstöcke Broistedt und Vechelde im Malm. Die Vertaubung des Lagers an den Rändern der Randsenke beschreibt der Antragsteller wie folgt: Im Osten weisen Befunde aus Grubenaufschlüssen sowie aus den Bohrungen Konrad 101 und Bleckenstedt 2, nämlich Fe-Gehalts- und Mächtigkeitsabnahme des Unteren Lagers bei gleichzeitiger Zunahme der CaO- und SiO<sub>2</sub>-Gehalte des Erzes (s.a. Tab. 3.1.9.4/4 im Plan Konrad 4/90), auf den nahegelegenen Beckenrand hin (=Ostrand der Randsenke der Salzstöcke Broistedt und Vechelde).

Im Südwestteil des Grubenfeldes Konrad ist der primäre Rand des Erzbeckens durch das Auskeilen des Erzlagers und den faziellen Übergang von Brauneisenoolith in goethitisch imprägnierten, stromatolithischen Algenkalkstein mit einzelnen Brauneisenoiden gekennzeichnet. Dort fehlen der Erzkalk und der Fladentonstein des Unteren Korallenoolith, und der Algenkalk liegt auf sehr festen, verkieselten Kalksteinen bzw. karbonatischen Feinsandsteinen, die lithofaziell den Heersumer Schichten entsprechen, aber biostratigraphisch nicht entsprechend eingestuft werden konnten. Die schwache Winkeldiskordanz zwischen dem Algenkalk und seinem Liegenden korreliert mit der Hauptemersion im Korallenoolith des Wesergebirges.

Auch in der benachbarten, südwestlich vom Grubenfeld gelegenen Bohrung Hallendorf 1 wird das Untere Erzlager durch ein Lager-

äquivalent vertreten. Dort wurden tonig-sandige Heersumer Schichten im Liegenden nachgewiesen.

Über dem Unteren Lager folgen in der Grube die schillführenden Tonmergelsteine des Zwischenmittels. Gelegentliche lokale linsenförmige Einlagerungen von Brauneisenooiden, Onkoiden und Eisenerzgeröllen weisen auf die Umlagerung älteren Erzes hin.

Auf dem Zwischenmittel liegt das 4-10 m mächtige Obere Lager, das in der Grube keine Abbauwürdigkeit erreichte. Nördlich der Grube nimmt seine Mächtigkeit bis auf etwa 14 m im Raum Adenbüttel zu, doch auch dort bleiben die Fe-Gehalte unter denen des Unteren Lagers. Am südwestlichen Beckenrand ist das Obere Lager sandig-kalkig und nur sehr schwach eisenführend ausgebildet; im Beckenzentrum finden sich eisenooide- und schillführende Kalkoolithe und am Beckenstrand wiederum eine sandig-kalkige Ausbildung dieses Lagers mit Brauneisenooiden.

Das Eisenerz der Grube Konrad ist marin-sedimentär entstanden und wird dem Minette-Typ zugeordnet. Die einzelnen konzentrisch-schalig aufgebauten Eisenooide haben 0,4-0,6 mm Durchmesser und bestehen vorwiegend aus den Mineralen Goethit und oxidiertem Chamosit. Dementsprechend wird das Erz petrographisch als Brauneisensilikatoolith angesprochen. Auf Grund wechselnder Anteile von Calcit und Siderit sowie unterschiedlich dichter Packung der Ooide sind von mineralogischer Seite vier Erztypen im Unteren Lager unterschieden worden, deren Zusammensetzung vom Antragsteller in der Tab. 3.1.9.4/2 im Plan Konrad 4/90 aufgelistet wurde. Der  $\text{SiO}_2$ -Gehalt des Erzes beruht weitgehend auf freiem Quarz; der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt ist teils isomorph im Goethit, teils in Al-reichem Chamosit in den Ooiden gebunden. Nach dem  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ -Verhältnis ist das Konrad-Erz neutral bis schwach basisch.

Das Eisenerz in der Grube Konrad war nach früheren Bewertungskriterien zwar abbauwürdig, gilt aber nach heutigen hüttentechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten als nicht abbauwürdiges Armerz. An dieser Bewertung wird sich auf absehbare Zeit nichts ändern, da auf dem Weltmarkt in ausreichendem Maße kostengünstige

Reicherze angeboten werden. Dieses Thema wird vom Antragsteller im Kapitel 3.1.10.1 "Geologische Bewertung" des Planes Konrad 4/90 näher behandelt (Einzelheiten s. im folgenden).

Im Kapitel 3.1.10.1 "Geologische Bewertung" des Planes Konrad 4/90 verweist der Antragsteller auf den Seiten 3.1.10.1-4 bis 3.1.10.1-6 unter der Überschrift "Bodenschätze" auf die Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk, nach denen bei der Auswahl des Standortes die Erhaltung wirtschaftlich bedeutender Rohstofflagerstätten zu berücksichtigen ist, und geht auf die Eisenerze sowie auf Kohlenwasserstoffe ein.

Nach Angabe des Antragstellers haben Ende der 50er Jahre ein hohes Preisniveau für Importerze, ein niedriges Lohnkostenniveau im Inland und die Nachbarschaft des Werkes Salzgitter der [REDACTED] (heute [REDACTED] den Abbau des Eisenerzes im Korallenoolith in der Grube Konrad wirtschaftlich erscheinen lassen. Damals sind die möglichen Eisenerzvorräte im Raum Salzgitter-Gifhorn auf 1,4 Mrd. t geschätzt worden, doch muß die Gesamtlagerstätte differenziert bewertet werden. In ihrem Südbereich sind Gesamterzvorräte von ca. 330 Mio. t angenommen worden. Davon galten 47 Mio. t Erzvorräte in der Grube Konrad als gesichert, von denen bis 1985 rund 7 Mio. t Eisenerz gefördert wurden.

Nach heutigen Bewertungsmaßstäben müssen die Eisenerze im Mittleren Korallenoolith in die Gruppe der Armerzlagerstätten gestellt werden. Wegen ihrer geringen Fe-Gehalte, ihrer schlechten Aufbereitbarkeit und ihrer großen Teufe liegen sie heute an der Grenze zur Klassifizierung als Rohstofflagerstätte. Eine Prognose über ihre zukünftige Nutzbarkeit muß sich an der bergwirtschaftlichen, aufbereitungs- und hüttentechnischen Entwicklung orientieren. Mit der Umstellung des Eisenerzbergbaues auf ausländische Lagerstätten, die in Großtagebauen abgebaut werden können, und mit der Umstellung der Eisenhütten auf Reicherze und Erzkonzentrate mit über 60 % Fe ist der Abbau der Konrad-Erze unrentabel geworden.

Der Antragsteller geht davon aus, daß sich das Preisniveau auf Grund des "übergroßen Angebotes an hochwertigen Eisenerzen auf dem Weltmarkt" in absehbarer Zeit nicht zugunsten der Konrad-Erze verschieben wird. Die wirtschaftlich gewinnbaren sicheren und wahrscheinlichen Eisenerzvorräte in der Welt werden nach Literaturangaben mit 65,5 Mrd. t Fe in 153,3 Mrd. t Erz beziffert; davon befinden sich drei Fünftel (39,4 Mrd. t Fe) in den Ländern der westlichen Welt. Die Welt-Bergwerksförderung 1986 betrug 501 Mio. t Fe in 861 Mio. t Erz. Bei diesem Förderniveau (bezogen auf den Fe-Inhalt) reichen die Vorräte der genannten Kategorie rund 130 Jahre. Schließt man die gegenwärtig marginalen und subökonomischen Reserven mit ein, dann hat die sogenannte reserve base ein Volumen von 92,5 Mrd. t Fe in 216,4 Mrd. t Erz und reicht für rund 185 Jahre aus.

Erdöl- und/oder Erdgaslagerstätten sind im Bereich des geplanten Endlagers weder in der Endlagerformation noch in ihrem Hangenden oder Liegenden noch in der nächsten Umgebung nachgewiesen worden. Das nächstgelegene Erdölfeld (Broistedt) ist etwa 5 km von der Grube Konrad entfernt und liegt jenseits des Salzstockes Broistedt, so daß eine wechselseitige Beeinflussung mit dem Endlager unmöglich ist.

Die Möglichkeit des Vorkommens von noch nicht entdecktem Erdöl und Erdgas diskutiert der Antragsteller auf der Basis erarbeiteter Erkenntnisse: Potentielle Speichergesteine gibt es im Unterbathonium, im Oberaalenium und möglicherweise im Zechstein und Präzechstein.

Für den Unterbathonium-Sandstein wurde mittels Reflexionsseismik eine noch nicht abgebohrte Hochlage im Südosten der Schachanlage Konrad ermittelt. Die in der Bohrung Konrad 101 nachgewiesene geringe Permeabilität dieses Sandsteins sagt über die Speichereigenschaften in der Hochlage nichts aus, weil bei einer frühen Einwanderung von Kohlenwasserstoffen günstigere Speichereigenschaften erhalten bleiben können. Als potentiell Muttergestein für Kohlenwasserstoffe ist im Liegenden der Posidonienschiefer des Lias nachweislich vorhanden und eine Abdeckung des potentiellen Trägers

durch Ton- und Tonmergelsteine der Unterkreide ebenfalls. Eine Ölförderung ist wegen ausreichender räumlicher Trennung vom geplanten Endlager nicht infrage gestellt (der Antragsteller verweist hierzu auf die Abb. 3.1.9.2/1 im Plan Konrad 4/90).

Eine Hochlage des Aalenium-Sandsteins am Drütter Sporn wird durch nur geringmächtige Unterkreide abgedeckt. Die Bohrung Fümmlse 1005 wies die Verwässerung des potentiellen Trägers nach.

Sollte im basalen Zechstein oder im Präzechstein Erdgas vorkommen, so am ehesten in einer südlich des Salzstockes Broistedt reflexionsseismisch angedeuteten Hochlage ohne räumliche Beziehung zum geplanten Endlager.

#### 2.1.5.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zu den Rohstoffvorkommen im Modellgebiet sowie zu deren geologischer Bewertung beruht auf Daten aus folgenden Unterlagen bzw. Veröffentlichungen:

- Archivunterlagen des NLfB

- ANONYMOUS (1993a, b), BOIGK (1981), BOTTKE (1981), BRAND & HOFFMANN (1963), DIEM (1984), ESSAID & KLARR (1982), FAHRION (1953), FULDA (1935), GOLESTANEH (1964, 1968), GOLESTANEH et al. (1975), GOLESTANEH & URBAN (1973), HECHT (1959a, 1959b), HECHT et al. (1957), HEDBERG (1978), HEDEMANN (1954), IRRLITZ et al. (1979a, 1979b), JARITZ et al. (1978), KOLBE (1966a, 1970, 1976), KOLBE & SIMON (1969), KÜHNE (1932), LOTZE (1938), MEYER (1978), PHILIPP et al. (1963), POHL (1992), RICHTER-BERNBURG (1955), SCHWARZKOPF (1987), SEITZ (1950), SIEBEL & WENS (1992), SIMON & HALTENHOF (1970), SIMON & NOWAK (1978), US BUREAU OF MINES (1993), WOLDSTEDT (1932a, 1932b, 1933).

- [REDACTED] [1981], [REDACTED] [1994].

- EU 63.3, EU 178, EU 378.

## Eisenerze ( [REDACTED] )

Im Modellgebiet Konrad kommen Eisenerze im Mittleren und im Oberen Korallenoolith in den Randsenken der Salzstöcke Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel und Gifhorn vor. Nördlich des Modellgebietes setzen sich diese Erzvorkommen über Dannenbüttel-Westerbeck-Platendorf bis in die Randsenken des Salzstockes Vorhop, 20 km nordöstlich von Gifhorn, fort.

Diese Eisenerze sind marin-sedimentär entstanden, oolithisch ausgebildet und werden dem Minette-Typ zugeordnet. Sie sind phosphorhaltig und weisen teils Kalk-, teils Kieselsäureüberschuß und nicht selten ein ausgeglichenes Kalk/Kieselsäure-Verhältnis auf. Mit Eisengehalten um 30 % und mit Goethit (Nadeleisenerz) als überwiegendem Eisenmineral gehören sie bergwirtschaftlich zu den eisenarmen Brauneisenerzen. Im Vergleich zu hämatitischen und magnetitischen Eisenerzen kann ihr Eisengehalt durch Aufbereitung nicht den heutigen Qualitätsanforderungen entsprechend angereichert werden.

Gegenüber früheren Jahrzehnten werden oolithische Brauneisenerze derzeit nur noch in geringem Umfang zum Erschmelzen von Roheisen abgebaut, so z.B. die Lothringer Minette, deren Gewinnung aber stark rückläufig ist und kurz- bis mittelfristig auslaufen wird. In Vorkommen dieses Typs finden sich aber noch für die Zukunft bedeutende Eisenerzvorräte. Für die von Broistedt bis Vorhop reichende Kette von Salzstock-Randsenken, die in der Literatur als "Gifhorner Trog" bekannt ist, wurden Eisenerzvorräte von rund 1,4 Mrd. t errechnet bzw. abgeschätzt (KOLBE & SIMON 1969, S. 331-337).

Diese 1,4 Mrd. t Roherz enthalten etwa 350-420 Mio. t Eisen. Solche Zahlen erscheinen beeindruckend, sie relativieren sich aber angesichts der Tatsache, daß derzeit weltweit jährlich etwa 500-550 Mio. t Roheisen aus Eisenerzen erschmolzen und bis über 900 Mio. t Eisenerz gefördert werden (ANONYMOUS 1993b). Die jähr-

liche Welt-Rohstahlproduktion beträgt über 700 Mio. t, von denen ca. 40 Mio. t auf die Bundesrepublik entfallen.

Die Welt-Eisenerzvorräte umfassen nach amtlichen US-amerikanischen Angaben von Anfang 1993 (ANONYMOUS 1993a, US BUREAU OF MINES 1993) 230 Mrd. t Roherz mit einem Eiseninhalt von 100 Mrd. t; hierbei handelt es sich um die sogenannte reserve base, die sichere (measured) und wahrscheinliche (indicated), wirtschaftlich gewinnbare, marginal-ökonomische Vorräte und Teile von subökonomischen Vorräten der amtlichen US-amerikanischen Vorratsklassifikation beinhaltet. Davon gelten 150 Mrd. t Roherz mit 65 Mrd. t Eiseninhalt als derzeit wirtschaftlich gewinnbar (sogenannte reserves der genannten Vorratsklassifikation); zu den letzteren zählen die Eisenerze im Gifhorner Trog nicht. Einschließlich der errechneten reserves und der berechneten reserve base betragen die weltweiten resources an Eisenerzen nach US-amerikanischen Schätzungen insgesamt über 800 Mrd. t Roherz mit über 230 Mrd. t Eiseninhalt (US BUREAU OF MINES 1993).

Im Mittleren und Oberen Korallenoolith des Gifhorner Troges kommen vier Eisenerzlager bzw. Flözgruppen vor, die im einzelnen unterschiedlich verbreitet, wechselnd mächtig und verschieden ausgebildet sind. Bemerkenswert sind insbesondere die unterschiedlichen Eisen-Gehalte und Kalk-Kieselsäure-Verhältnisse der Erzhorizonte in den einzelnen Teilbereichen des Gifhorner Troges. Zum Mittleren Korallenoolith gehören das Untere Lager (Flözgruppe 1), das Mittellager (im Zwischenmittel; Flözgruppe 2) und das Obere Lager (Flözgruppe 3). Im Oberen Korallenoolith findet sich das Vorlager (Flözgruppe 4). Dieses ist meist nur geringmächtig und deshalb relativ bedeutungslos. Die drei übrigen Lager sind zwar meist deutlich mächtiger und gleichmäßiger verbreitet als das Vorlager, aber regional auffällig differenziert entwickelt.

Das Untere Lager ist in dem zwischen der Grube Konrad und dem Mittellandkanal gelegenen südlichen Teil des Erztroges (Bleckenstedter Mulde nach SEITZ 1950 sowie KOLBE & SIMON 1969) optimal ausgebildet. Das Erz ist dort maximal 15-20 m mächtig, in der Grube Konrad maximal etwa 18 m. Sein durchschnittlicher Eisengehalt

erreicht im Gebiet Grube Konrad-Alvesse-Wierthe (Üfinger Teilmulde Süd und Nord nach KOLBE & SIMON 1969) und im Bereich Wedtlenstedt-Bortfeld (Bortfelder Teilmulde) östlich der Salzstöcke Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel sowie im Raum Köchingen-Wahle (Köchinger Teilmulde) westlich des Salzstockes Vechelde über 30 %. In diesen Gebieten ist das Mittellager nur stellenweise entwickelt. Das Obere Lager ist dort zwar gleichmäßig verbreitet, aber unter 5 m bis maximal etwa 10 m mächtig und enthält durchschnittlich stets unter 30 % Eisen, oft nur 20-25 % Eisen. Das Untere Lager zeigt im Durchschnitt der gesamten Bleckenstedter Mulde ein annähernd ausgeglichenes Kalk-Kieselsäure-Verhältnis, während das Obere Lager in den Üfinger Teilmulden Kalk-Überschuß, in der Bortfelder und der Köchinger Teilmulde deutlichen Kieselsäure-Überschuß aufweist.

Im Raum Adenbüttel-Ribbesbüttel-Isenbüttel (Isenbütteler Mulde nach SEITZ 1950 sowie KOLBE & SIMON 1969) sind meist das Untere und das Obere Lager sowie oft auch das Mittellager ausgebildet und teilweise in Form relativ mächtiger Flözgruppen (Flözgruppe 1 bis 3) entwickelt. Das Erz im Unteren Lager (Flözgruppe 1) ist bis über 6 m mächtig und erreicht durchschnittlich mehr als 25 %, teilweise auch mehr als 30 % Eisen. Im Zwischenmittel kommen bis über 4 m mächtige Erzbänke mit durchschnittlich über 27 % Eisen vor (Mittellager, Flözgruppe 2). Das Erz im Oberen Lager (Flözgruppe 3) erreicht etwa 10 m Mächtigkeit und durchschnittlich mehr als 25 %, teilweise auch mehr als 30 % Eisen.

Im nördlichen Teil des Erztrages, im Raum Vorhop-Platendorf nördlich des Modellgebietes Konrad, ist vor allem das Obere Lager optimal entwickelt. Das Erz ist dort etwa 4 m bis über 7 m mächtig, enthält durchschnittlich über 30 % Eisen und zeigt meist deutlichen Kieselsäure-Überschuß. In Teilen der westlichen Randsenke des Salzstockes Vorhop bilden Unteres Lager, Mittellager und Oberes Lager ein einheitliches Erzlager mit nur wenigen und geringmächtigen Nebengesteinseinlagerungen. Dieses ist 13-23 m mächtig, enthält durchschnittlich über 30 % Eisen und weist Kieselsäure-Überschuß auf (Kalk-Kieselsäure-Verhältnis ca. 0,5).

In der Grube Konrad verlaufen die Isopachen des dort bis über 18 m mächtigen Eisenerzes des Unteren Lagers in nordwestlicher bis nordnordwestlicher Richtung und damit spitzwinklig zum vorwiegend nordsüdlichen Streichen des Lagers. Die Linien gleichen Eisengehaltes des Lagers sind teils ebenfalls NW-SE-, teils westöstlich gerichtet. Ein Mächtigkeitsmaximum findet sich im zentralen Teil des Spülversatzfeldes. Von dort nimmt die Erzmächtigkeit nach Westen und nach Osten ab. Nach Detailuntersuchungen der Mächtigkeitsverteilung und der Schüttungsstrukturen bietet das Untere Lager in der Grube Konrad das Bild einer aus östlichen Richtungen aufgeschütteten Schüttungshalde (GOLESTANEH et al. 1975).

Für dieses Bild sprechen auch die Faziesunterschiede innerhalb des Unteren Lagers im Grubenbereich. Wie in marin-sedimentären oolithischen Eisenerzvorkommen üblich, nehmen Erzmächtigkeit und Eisengehalt gleichsinnig zu und ab. Im Gebiet des Mächtigkeitsmaximums im Spülversatzfeld ist auch der Eisengehalt des Unteren Lagers optimal. Das Erz besteht dort vorwiegend aus Eisenoolithen, während Quarzkörner, kalkige Schalenbruchstücke und calcitische Matrix sowie Tonminerale zurücktreten (eisenoolithische Fazies nach GOLESTANEH & URBAN 1973).

Nach Osten nehmen die Mächtigkeit und der Eisengehalt des Lagers ab, der Kalk- und vor allem der Kieselsäuregehalt dagegen zu. Das Erz enthält weniger Eisenoolithen und mehr Calcit sowie vor allem mehr Quarzkörner und dürfte schließlich in einen eisenschüssigen Kalksandstein verfaulen (sandige Fazies nach GOLESTANEH & URBAN 1973).

Nach Westen gehen die Mächtigkeit und der Eisengehalt des Lagers ebenfalls zurück, während vor allem der Kalkgehalt ansteigt. In der Bohrung Hüttenberg 1 enthält das Erz z.T. nur in untergeordnetem Maße Eisenoolithen und nur relativ wenige Quarzkörner, aber reichlich calcitischen Schalenbruch und Calcit-Matrix (kalkige Fazies nach GOLESTANEH & URBAN 1973). Im Südwestteil der Grube nimmt die Lagermächtigkeit zwischen 5. und 6. Sohle rasch ab, im Ort 660 A verzahnt sich der Brauneisenoolith mit Algenkalkstein (s. Kap. 2.1.2.2.2 dieses Textes).

Die um 0,5 mm großen, konzentrisch-schalig aufgebauten Eisenooide bestehen vorwiegend aus Goethit und enthalten daneben zwei Arten von Chamosit (vermutlich echten Chamosit mit Chloritgitter sowie Berthierin = "Kaolin-Chamosit" = Chamosit mit Kaolinitgitter) sowie Spuren von Rubinglimmer. Diese Eisenminerale kommen neben Calcit und untergeordneten Anteilen von Tonmineralen, Pyrit und Siderit in wechselndem Maße auch in der Erzmatrix vor.

In den nördlich bis nordwestlich der Grube Konrad gelegenen Bohrungen Alvesse 1, Üfingen 1, Hüttenberg 1 und Sauingen 2 bestehen die Eisenooide teilweise aus Hämatit und Chamosit. In der Erzmatrix treten dort Ankerit und Anhydrit auf, die den Calcit sowie auch Quarzkörner und Eisenooide teilweise oder ganz verdrängen. Dieser ankeritische Roteisen-Silikat-Oolith soll nach GOLESTANEH & URBAN (1973) durch metasomatische Einwirkung salinärer Wasser vom benachbarten Salzstock Broistedt-Vechelde auf das vorwiegend goethitische Erz entstanden sein. Bei der Hämatitisierung des Goethits nimmt der Eisengehalt der Ooide von 49-51 % auf 57-59 % zu und der Wassergehalt von 11-12 % auf etwa 2 % ab, gleichzeitig sinkt der Aluminiumoxidgehalt der Ooide von 4-7 % auf 3-4 %.

Die Eisenerzvorräte im "Gifhorner Trog" werden vom Antragsteller und von uns in Anlehnung an KOLBE & SIMON (1969), wie oben bereits erwähnt, mit rund 1,4 Mrd. t Roherz angegeben. Von diesen Roherzvorräten entfallen etwa 415 Mio. t auf den Raum Vorhop-Platendorf nördlich vom Modellgebiet Konrad. Im Raum Adenbüttel-Ribbesbüttel-Isenbüttel (Isenbütteler Mulde) im Nordteil des Modellgebietes liegen nach bisheriger Kenntnis etwa 375 Mio. t Roherz. In dem südlich vom Mittellandkanal gelegenen Südteil des Modellgebietes (Bleckenstedter Mulde) finden sich schließlich rund 603 Mio. t Roherz, von denen rund 493 Mio. t auf das Untere Lager entfallen.

Von den zuletzt genannten 603 Mio. t Roherz liegen rund 64 Mio. t im Raum Köchingen-Wahle (Köchinger Teilmulde) westlich vom Salzstock Vechelde und damit in einem Gebiet, das von dem Einlageungsvorhaben nicht tangiert wird. Etwa 207 Mio. t Roherz finden sich im Bereich Wedtlenstedt-Bortfeld (Bortfelder Teilmulde) öst-

lich vom Salzstock Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel. Schließlich liegen im Gebiet Grube Konrad-Alvesse-Wierthe (Üfinger Teilmulde Süd und Nord) östlich vom Salzstock Broistedt-Vechelde rund 332 Mio. t Roherz, von denen rund 310 Mio. t auf das Untere Lager entfallen. Davon hat man rund 47 Mio. t in der Grube Konrad gewinnbar aufgeschlossen, von denen knapp 7 Mio. t abgebaut worden sind.

Nur die in der Grube Konrad aufgeschlossenen Roherzvorräte können als sichere Vorräte bezeichnet werden. Alle anderen genannten Rohervorräte im "Gifhorner Trog" innerhalb und außerhalb des Modellgebietes Konrad sind wahrscheinliche und mögliche Vorräte. Für eine Erzgewinnung außerhalb der Grube Konrad wären jeweils noch Untersuchungsarbeiten zur Ermittlung der Erzvorräte im Detail nötig, wie z.B. reflexionsseismische Messungen, Tiefbohrungen und Versuchsschächte.

Die Erzvorräte gelten aber schon beim derzeitigen Erkundungsstand als nicht unbedeutende Zukunftsreserve. Diesem Umstand wurde bei planerischen Maßnahmen durch Eintragung der mit Eisenerz belagerten Gebiete in die Karten der Raumordnungsprogramme und Flächennutzungsplanungen der Gemeinden entsprochen. Hierbei ist die derzeitige Unbauwürdigkeit der Erze unerheblich; denn die gegenwärtig in den Hüttenwerken eingesetzten ausländischen Reicherze und Erzkonzentrate könnten zukünftig nicht oder nicht in ausreichendem Umfang und/oder nicht zu annehmbaren Preisen verfügbar sein. In diesem Falle könnten einheimische eisenarme Brauneisenerze (Arm-erze) Versorgungslücken schließen. Die deutsche eisenschaffende Industrie hat sich diese Option durch den Erwerb verliehener Bergwerksfelder (Bergwerkseigentum), die das gesamte Erzvorkommen im Gifhorner Trog überdecken, offen gehalten. Dieses Eigentum wurde bei der Neuordnung des Berechtigtenswesens nach Inkrafttreten des Bundesberggesetzes (BBergG) vom 13. August 1980 nicht aufgegeben.

Bei der Durchführung des geplanten Einlagerungsvorhabens kann im Grubenfeld Konrad nur das beim Auffahren von Einlagerungskammern und anderen Grubenbauen anfallende Roherz im Bedarfsfall einer

Nutzung zugeführt werden. Die restlichen Erzvorräte im Grubenfeld verbleiben in den Festen in der Grube Konrad. Hierbei handelt es sich jedoch nur um einen relativ geringen Teil der im Bereich Grube Konrad-Alvesse-Wierthe sowie im Raum Wedtlenstedt-Bortfeld anstehenden Roherzvorräte.

Die nördlich der Grube Konrad gelegenen Erzvorkommen im Korallenoolith (Oxford) werden durch das geplante Einlagerungsvorhaben nicht in Anspruch genommen. Da nach den Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk die Erhaltung bedeutender Rohstoffvorkommen bei der Standortauswahl zu berücksichtigen ist, war zu fragen und zu prüfen, ob und inwieweit eine spätere Gewinnung dieser Erzvorkommen eventuell durch vom geplanten Endlager ausgehende Kontamination beeinträchtigt oder verhindert werden kann.

Zur Beantwortung dieser Frage ließ der Antragsteller mittels Modellrechnungen mit dem Programm SWIFT die Radionuklidkonzentration entlang des potentiellen Ausbreitungspfades Oxford in Abhängigkeit von Ort und Zeit abschätzen, der nach derzeitigen Erkenntnissen zu maximalen Radionuklidkonzentrationen in diesem Grundwasserleiter führt (EU 378). Im Hinblick auf diese Nuklidkonzentration im versalzten Tiefengrundwasser wurden die Kd-Werte so gewählt, daß sie die Sorptionseigenschaften der Gesteine eher unterschätzen. Den Ausbreitungsrechnungen für die betrachteten Radionuklide liegen Aktivitätsinventare für das geplante Endlager zugrunde, die den Angaben im Plan Konrad 4/90 entsprechen. Es wurden zeitabhängig Radionuklidkonzentrationen in den Oxford-Gesteinen und -Erzen ab 3 km bis 33 km vom geplanten Endlager nach Norden berechnet. Zum Durchlaufen der ersten 3 km vom Grubengebäude Konrad nach Norden benötigt das Tiefengrundwasser unter diesen Randbedingungen im Oxford 25 000 Jahre.

Die Ausbreitungsrechnungen des Antragstellers wurden vom [REDACTED] [REDACTED] [1994] überprüft. Die vom [REDACTED] erzielten Ergebnisse für die Aktivitätskonzentrationen im Tiefengrundwasser im Oxford stimmen mit denen des Antragstellers überein. Der [REDACTED] geht

deshalb davon aus, daß die maximale Kontamination der Oxford-Gesteine und -Erze aus den Transportrechnungen mit SWIFT vom Antragsteller korrekt ermittelt wurde.

Die errechnete maximale Kontamination der Oxford-Gesteine und -Erze nördlich der Grube Konrad liegt bei  $10^4$  Bq/m<sup>3</sup> Erz bzw. Gestein. Dabei ist zu bedenken, daß die errechneten Maximalwerte für die einzelnen Nuklide nicht gleichzeitig auftreten. Andererseits sind einige Tochternuklide aus den Zerfallsreihen nicht aufgeführt. Wenn trotzdem die angegebenen nuklidspezifischen Konzentrationen summiert werden, ergibt sich bei einer Dichte des Erzes bzw. Gesteins von 2500 kg/m<sup>3</sup> eine maximale Kontamination von 0,004 Bq/g Erz bzw. Gestein.

Demgegenüber erreicht die natürliche Aktivität der Oxford-Erze und -Gesteine u.a. aufgrund ihrer Uran- und Thorium-Gehalte, die sowohl vom Antragsteller als auch stichprobenartig von uns ermittelt worden sind, 0,1-0,4 Bq/g<sup>e</sup> Erz bzw. Gestein. Ein Vergleich dieser Werte mit der berechneten zusätzlichen Kontamination des Oxford durch das geplante Endlager zeigt, daß der Radionuklidgehalt der Oxford-Erze und -Nebengesteine vom Endlager her nicht wesentlich verändert wird.

In diesem Zusammenhang verweist der ■■■ [1994] auf eine Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK), nach der bei schwachradioaktivem Stahl und Eisen aus Kernkraftwerken eine bedingungslose Freigabe zur allgemeinen uneingeschränkten Verwendung und Verwertung möglich ist, wenn die spezifische Gesamtaktivität nicht größer als 0,1 Bq/g ist. Die mögliche Strahlenexposition eines Menschen liegt dann bei etwa 1 µSv/a. Zu dieser Dosis trägt als wesentliches Radionuklid das Kobalt-Isotop Co 60 bei. Dieses Nuklid spielt aber aufgrund seiner Halbwertszeit bei den Betrachtungen hinsichtlich des Oxford nördlich der Grube Konrad keine Rolle. Dort überwiegen die Beta- und Alpha-Strahler, die zu einer äußeren Strahlenexposition nur gering beitragen.

Der ■■■ [1994] kommt zu dem Schluß, daß bei den oben genannten Ausbreitungsrechnungen die Sorptionseigenschaften der Oxford-

Gesteine und -Erze unterschätzt und die Mobilität der Radionuklide aus dem geplanten Endlager überschätzt wurde, weil bei den Berechnungen die Salinität der Tiefengrundwässer nicht berücksichtigt werden konnte. Unter Beachtung der Bandbreite der gemessenen Kd-Werte erscheint nach Aussage des [REDACTED] die Gewinnung der Erzlagerstätte nördlich der Grube Konrad in der Nachbetriebsphase des geplanten Endlagers Konrad auch langfristig nicht ausgeschlossen.

Wir schließen uns dieser Bewertung des [REDACTED] an, nach der ein späterer Abbau der nördlich der Grube Konrad gelegenen Eisenerzvorkommen im Korallenoolith nach den üblichen bergbaulich-montangeologischen Voruntersuchungen in der Zukunft grundsätzlich möglich bleibt. Ein genereller Verzicht auf diese Erze infolge nicht akzeptabler Kontamination aus dem geplanten Endlagerbereich ist nicht erforderlich. Insoweit bestehen keine Bedenken gegen das geplante Einlagerungsvorhaben.

#### Kohlenwasserstoffe ( [REDACTED] )

Bei der Bewertung des Endlagervorhabens sind die Nutzung bekannter Lagerstätten von Kohlenwasserstoffen und die Exploration auf zu vermutende Kohlenwasserstoff-Vorkommen zu berücksichtigen. Dabei sind nicht nur der engere Bereich der Grube Konrad, sondern auch das gesamte Projektgebiet zu betrachten.

Für die Umgebung der Grube stellt der Plan Konrad 4/90 richtig dar, daß außer dem Erdölfeld Broistedt keine fördernden Felder existieren und daß dieses Feld durch den Salzstock Broistedt-Vechelde gegen eine Beeinflussung vom geplanten Endlager Konrad her abgeschirmt ist. An der östlichen Flanke dieses Salzstockes und damit im möglichen Einflußbereich des geplanten Endlagers liegt, ca. 6 km in nördlicher Richtung entfernt, das erschöpfte Erdölvorkommen Vechelde (kumulative Produktion ca. 2 000 t). Hier wird es wegen des geringen Umfanges dieses Vorkommens höchstwahrscheinlich nicht zu Wiedererschließungsarbeiten durch die Erdölindustrie kommen.

Die derzeit gewinnbaren Vorräte von etwa 500 000 t Rohöl (Stichtag: 01.01.1993) der weiter nördlich liegenden fördernden Erdölfelder Rühme und Leiferde-Hillerse-Nord werden selbst bei weiter abnehmenden Förderraten in wenigen Jahren erschöpft sein. Ein Radionuklidtransport aus dem geplanten Endlager könnte nach rechnerischer Abschätzung aber erst nach etwa 1000 Jahren einsetzen, wenn sich die ursprünglichen Druckverhältnisse des Grundwassers um den Grubenbereich Konrad wieder eingestellt haben (vgl. Kap. 3.3). Bevor dann ein nach Norden gerichteter, nuklidbelasteter Tiefenwasserstrom die beiden genannten, vom geplanten Endlager etwa 18 km bzw. 28 km entfernten, derzeit noch fördernden Erdöllagerstätten beeinflussen könnte, vergeht nach den Modellrechnungen ein noch wesentlich längerer Zeitraum (vgl. hierzu auch die Ausführungen zum Rohstoff Eisenerz, die hier analog gelten). Daraus folgt, daß die zukünftige Nutzung der bekannten Erdöllagerstätten im Modellgebiet bis zu deren Erschöpfung in keiner Weise eingeschränkt ist. Dies gilt auch, wenn man für die Zukunft wesentlich erhöhte Ausbeutefaktoren durch technischen Fortschritt unterstellt und von entsprechend größeren Vorräten ausgeht.

Inwieweit die Kohlenwasserstoff-Exploration im Gebiet zwischen der Grube Konrad und dem Salzstock Gifhorn von dem geplanten Endlager beeinträchtigt werden könnte, wird im Plan Konrad 4/90 nicht betrachtet. Im Plankapitel 3.1.10.1 werden darüber hinaus lediglich potentielle Speichergesteine im Unterbathonium (Cornbrash-Sandstein), Oberaalenium (Dogger-beta-Sandstein), Zechstein und Präzechstein genannt. Nach unseren Erkenntnissen ist für das Modellgebiet nicht auszuschließen, daß lokal im Valangin, Wealden, Korallenoolith, tieferen Lias, Rhät und Buntsandstein ebenfalls gute Speichergesteinseigenschaften ausgebildet sein könnten. Mit Ausnahme der Felder Broistedt, Vechelde (stillgelegt), Rühme, Leiferde und Calberlah (stillgelegt) sowie im Bereich Fümmelse (Träger verwässert) sind aber trotz umfangreicher Kohlenwasserstoff-Exploration bisher keine weiteren Kohlenwasserstoff-Vorkommen bekannt geworden.

Für potentiell kohlenwasserstoffhöfliche Strukturen fanden sich nur im stromaufwärts liegenden Teil des hydrogeologischen Modellgebiet-

tes Hinweise, also südlich einer in Höhe der Grube Konrad anzunehmenden West-Ost-Linie. Sie besitzen eine ausreichende räumliche Trennung von der Grube, wie im Plan Konrad 4/90 für eine Unterbathonium-Hochlage und für mögliche Hochlagen im basalen Zechstein/Präzechstein beschrieben ist. Eine künftige Kohlenwasserstoff-Exploration und -Produktion wären dort nicht von dem geplanten Einlagerungsvorhaben beeinträchtigt.

### Salze ( [REDACTED] )

Im Kapitel "Lagerstätten" des Planes Konrad 4/90 werden Lagerstätten und Vorkommen von Salzen sowie von Steinen und Erden (oberflächennahe Rohstoffe) nicht behandelt. Zur Vervollständigung der Standortbeschreibung sowie der Beurteilung und Bewertung der Lagerstätten im Modellgebiet Konrad sind dazu im folgenden einige wesentliche Angaben zusammengestellt.

Im Modellgebiet Konrad und seiner näheren Umgebung sind Zechstein-Salzstöcke, in denen die Salzsichten überwiegend steile Lagerung aufweisen, und Trias-Steinsalzlager (Röt-, Muschelkalk- und Keuper-Salinare) mit meist annähernd flacher Lagerung bekannt. Die letzteren sind aufgrund ihrer im Vergleich zu den Zechstein-Salzstöcken geringeren Salzmächtigkeiten, ihrer größeren Teufenlagen und der fehlenden Kalisalze bergwirtschaftlich unbedeutend.

Von den neun teilweise oder ganz im Modellgebiet Konrad gelegenen Zechstein-Salzstöcken wurden drei bergbaulich erschlossen: Aus dem Salzstock Flachstockheim förderte man im Kalisalzbergwerk Friedrichroda bis 1925 Carnallitit und Hartsalz des Staßfurt-Lagers (Zechstein 2). Sylvinitlager wurden dort nicht gefunden (FULDA 1935, LOTZE 1938).

Aus dem Kalisalzbergwerk Thiederhall im Salzstock Thiede wurde bis 1926 Carnallitit und Hartsalz des Staßfurt-Lagers (Zechstein 2) gefördert. Ein Sylvinitlager (vermutlich das Ronnenberg-Lager des Zechstein 3) ist dort erbohrt worden (FULDA 1935, LOTZE 1938). In der jüngsten Vergangenheit wurden die Grubenbaue als Deponie genutzt. Verbindungen zwischen diesen Grubenbauen im Zechstein-Salz-

gebirge des Salzstockes Thiede und dem geplanten, über 5 km entfernten Endlager Konrad in Korallenoolith-(Oxford-) Gesteinen des "Gifhorner Troges" existieren nicht, so daß gegenseitige Beeinflussungen oder Beeinträchtigungen ausgeschlossen sind.

Auf dem Salzstock Rolfsbüttel ist der Schacht Antonsglück abgeteuft, aber nicht vollendet worden. Tiefbohrungen hatten dort Carnallitit und Hartsalz des Staßfurt-Lagers (Zechstein 2) angetroffen (FULDA 1935, LOTZE 1938). Das Vorkommen von Sylvinit wird vermutet. Der Abteufschacht ist 1922 stillgelegt und 1990 endgültig bis zur Tagesoberfläche verfüllt worden.

In der Umgebung des Modellgebietes Konrad ist Sylvinit in den Salzstöcken Berkhöpen, Ilsede, Ehmén und Allertal (Schacht Rothenfelde) bergbaulich erschlossen und in der Struktur Hohenassel (Raum Grasdorf-Osterlinde) in Tiefbohrungen angetroffen worden (WOLDSTEDT 1933, FULDA 1935, LOTZE 1938).

Für die Zukunft ist nicht völlig auszuschließen, daß die Zechstein-Salzstöcke im Modellgebiet Konrad und seiner Umgebung auf Kalisalze, insbesondere Sylvinit, und auf Steinsalz exploriert werden und daß man dort Salze gewinnt. Auch eine Steinsalzgewinnung aus den Trias-Salinaren z.B. durch Aussolung wäre denkbar, jedoch aus bergwirtschaftlicher Sicht wenig wahrscheinlich. Derartige Aktivitäten und das geplante Endlager in der Grube Konrad werden sich aus unserer Sicht gegenseitig nicht nachteilig beeinflussen. Dies gilt sowohl für die Betriebs- als auch für die Nachbetriebsphase; denn die Salzgesteine und -strukturen werden weder von dem Einlagerungsvorhaben berührt noch ist aufgrund ihrer Lage und Eigenschaften ihre spätere Kontamination vom Endlager aus zu besorgen.

#### Steine und Erden ( [REDACTED] )

Im Modellgebiet Konrad sind lokal oberflächennahe Rohstoffe verbreitet, die im Tagebau gewonnen werden und z.T. intensiv im Abbau stehen. Dabei handelt es sich um kieshaltige Sande, Bausande, Kalk- und Kalkmergelsteine sowie um Tonsteine. Die entsprechenden

Lagerstätten und Vorkommen und die ausgewiesenen Rohstoffsicherungsgebiete sind in Spezialkarten eingetragen, die sowohl den Planungsbehörden zur Verfügung stehen als auch veröffentlicht worden sind (IRRLITZ et al. 1979a, 1979b).

Die größte Verbreitung haben kieshaltige Sande. Hierbei handelt es sich um fluviatile Ablagerungen alter Flußtäler der Oker, die durch glazigene Vorgänge sehr stark überprägt worden sind. Dementsprechend sind die einzelnen Vorkommen heterogen aufgebaut. Die bedeutendsten Lagerstätten liegen zu beiden Seiten des Salzgitter-Stichkanals zwischen Salzgitter-Beddingen und Wendeburg. Weitere Vorkommen finden sich im Raum Flachstöckheim, Lobmachersen, Barum, Drütte, Thiede und Großstöckheim. Die Mächtigkeit beträgt zwischen 5 m und 20 m. Der nutzbare Kiesanteil überschreitet nur lokal 25 M.-%. Häufiger treten Verunreinigungen durch organische Bestandteile (Holz, Kohleflitter) auf, so daß eine Aufbereitung der Rohsande und -kiese erforderlich ist. Diese Rohstoffvorkommen liegen überwiegend im Grundwasserbereich.

Der Abbau erfolgt durch mehrere Kieswerke bei Üfingen, Groß Gleidingen, Wedtlenstedt, Wahle und Bortfeld. Die Gesamtproduktion von kieshaltigen Sanden liegt im Planungsraum bei 500 000 t/a. Die Rohstoffe sind überwiegend von regionaler, z.T. von überregionaler volkswirtschaftlicher Bedeutung. Hauptabnehmer der Rohstoffe ist der Ballungsraum Braunschweig.

Hochwertige Bausande mit nur untergeordneten Kiesanteilen (kleiner 10 M.-%) liegen im nördlichen Teil des Untersuchungsraumes entlang des Mittellandkanals zwischen Bienrode und Wasbüttel. Ihre Mächtigkeit beträgt durchschnittlich 10 m. Sie sind in der Regel von Geschiebelehm oder von durch organische Bestandteile (Holz, Kohle) verunreinigten Sanden unterlagert. Abbauschwerpunkte liegen bei Bechtsbüttel und Abbesbüttel. Die Sande bilden teilweise die Rohstoffbasis für Kalksandsteinwerke (bei Abbesbüttel und Rüper) und sind daher von überregionaler Bedeutung. Die geförderte Rohstoffmenge liegt bei 300 000 t/a.

Kalk- und Kalkmergelsteine als Rohstoffbasis für die Zement- und Düngemittelindustrie sowie für den Einsatz im Umweltschutz (u.a. Rauchgasreinigung) stehen großflächig im Bereich des Oderwaldes an. Der nutzbare Lagerstättenkörper erreicht Mächtigkeiten von mehr als 100 m. Das Vorkommen steht noch nicht im Abbau. Ein Kalksteinabbau ist jedoch im Zusammenhang mit Straßen- bzw. Autobahnvorhaben vorgesehen. Kleinflächige Verbreitungsgebiete von Kalk- und Kalkmergelsteinen befinden sich südlich von Salder, südlich von Klein Gleidingen und südlich von Stöckheim. Das Vorkommen bei Salder stand zeitweise im Abbau.

Stark karbonatische Tonsteine stehen unmittelbar westlich des Stadtgebietes von Braunschweig (Weststadt) an. Ihre Mächtigkeit beträgt mehr als 50 m. Eine Verwendung ist nur für die Herstellung von Hintermauersteinen sowie als Deponiedichtungsmaterial möglich. Die Vorkommen standen früher intensiv im Abbau.

Nachteilige Auswirkungen des in der Grube Konrad geplanten Endlagers auf die genannten oberflächennahen Rohstoffe im Modellgebiet Konrad sowie auf deren Exploration und Nutzung sind aus unserer Sicht weder in der Betriebsphase noch in der Nachbetriebsphase des Endlagers zu befürchten. Diese Vorkommen werden durch das Einlagerungsvorhaben nicht in Anspruch genommen, und eine vom Endlager ausgehende, nicht akzeptable Kontamination ist sowohl beim bestimmungsgemäßen Betrieb als auch nach den Langzeitsicherheitsberechnungen auszuschließen.

#### 2.1.5.3 Bewertung zu Rohstoffvorkommen ( [REDACTED] )

Bei der Auswahl und Bewertung eines Standortes für die Endlagerung radioaktiver Abfälle ist nach allgemeiner Auffassung und nach den geltenden Sicherheitskriterien die Erhaltung wirtschaftlich bedeutender mineralischer Rohstofflagerstätten zu berücksichtigen. Im Modellgebiet Konrad sind Vorkommen von Eisenerzen, Kohlenwasserstoffen, Salzen sowie von Steinen und Erden bekannt, die teilweise gewonnen werden und/oder in der Zukunft gewonnen werden könnten.

Für die Prüfung und für die Bewertung der Angaben des Antragstellers zu den Rohstoffvorkommen stand uns, wie unseren Stellungnahmen zu entnehmen ist, eine umfangreiche und dem geplanten Vorhaben genügende Datenbasis (s. Kap. 1.2) zur Verfügung. Hierzu gehören vom Antragsteller der Plan Konrad 4/90 und die zugeordneten Erläuternden Unterlagen (EU) sowie ergänzend dazu Literaturangaben, geowissenschaftliche Fachberichte und die Archivunterlagen des NLFb aus dem Standortbereich sowie dem gesamten Modellgebiet Konrad.

Der Antragsteller ist im Plan Konrad 4/90 nur auf Eisenerz- und Kohlenwasserstoff-Vorkommen eingegangen. Wir hielten es, auch hinsichtlich der Vollständigkeit der geowissenschaftlichen Standortbeschreibung, für unerlässlich, ebenso Vorkommen von Salzen sowie von Steinen und Erden in die Prüfarbeiten einzubeziehen. Ferner erschien es aus unserer Sicht sinnvoll und geboten, besonders bei den Eisenerzen mehr Details und neue Daten zu berücksichtigen.

Unsere Prüfung ergab, daß hinsichtlich der Eisenerze keine Bedenken gegen das geplante Endlager in der Grube Konrad bestehen. Ein späterer Abbau der nördlich der Schachanlage Konrad gelegenen Eisenerzvorkommen im Korallenoolith (Oxford) bleibt trotz des Einlagerungsvorhabens grundsätzlich möglich. Das geplante Endlager in der Grube Konrad hat nach unseren Prüfergebnissen auch keine nachteiligen Auswirkungen auf die Vorkommen von Kohlenwasserstoffen, von Salzen sowie von Steinen und Erden.

## 2.2 Standortbeschreibung Seismologie ( [REDACTED] )

Erdbeben können Schäden an Einrichtungen des geplanten Endlagers zur Folge haben. Daher ist es notwendig, die seismologischen Verhältnisse am Standort und in seiner Umgebung zu untersuchen. Ferner sind die am Standort seismologisch relevanten tektonischen Strukturen zu ermitteln und darauf aufbauend zusätzliche Lastannahmen für den Fall eines Erdbebens bei der Auslegung der Bauwerke und technischen Anlagen zu berücksichtigen. Grundlage für die Ermittlung dieses Bemessungserdbebens ist das kerntechnische Regelwerk KTA 2201.1 "Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen" (6/1990), das sinngemäß auch auf andere kerntechnische Anlagen anzuwenden ist.

### 2.2.1 Regionale seismologische Verhältnisse

#### 2.2.1.1 Darstellung des Antragstellers

Nach der im Plankapitel 3.1.9.3 "Seismologische Verhältnisse und Lastannahmen" beschriebenen Einteilung der Bundesrepublik in erdbebengeographische Einheiten liegt der Standort im "Norddeutschen Tiefland". Das Norddeutsche Tiefland besitzt verglichen mit anderen seismotektonischen Einheiten eine geringe Seismizität, d.h. Erdbeben, insbesondere Schadenbeben stellen hier sehr seltene Ereignisse dar. Da bisher nur eine geringe Anzahl von Erdbeben in Norddeutschland beobachtet worden ist, liegt nur eine schmale Datenbasis vor. Diese Datenbasis reicht für eine statistische Auswertung nicht aus. Somit bleibt nur das deterministische Vorgehen mit der Untersuchung wichtiger Einzelereignisse hinsichtlich ihrer Relevanz für den Standort, verbunden mit der Bewertung der dem Standort benachbarten tektonischen Elemente als potentielle Erdbebenherde.

Erdbeben, die bei der Bestimmung des seismischen Risikos für den Standort des Endlagers Konrad gem. KTA 2201.1 (6/1990) im Umkreis von 50 km und ca. 200 km zu berücksichtigen sind, enthält Anlage 2.2.2/1 des vorliegenden Textes. Die meisten Erdbeben sind tekto-

nischen Ursprungs, d.h. tektonische Spannungen werden durch den Bruch oder die Verschiebung von Gesteinsformationen plötzlich abgebaut. Auch Einsturzbeben kommen vor. Ein Einsturzbeben kann sich ereignen, wenn infolge unterirdischer Materialablaugung ein Hohlraum plötzlich einstürzt. Dies ist bei oberflächennahen Salzstrukturen, wie sie in Norddeutschland existieren, nicht auszuschließen. Vulkanische Erdbeben treten in Deutschland nicht auf.

Das bedeutendste Erdbeben im Norddeutschen Tiefland im Umkreis von 200 km um den Standort ereignete sich am 23.08.1410 in der Prignitz bei Wittstock (ehemalige DDR) mit der Intensität 7 (MSK). Wegen des großen Schütterradius von ca. 180 km muß es tektonischen Ursprungs gewesen sein. Ein zweites tektonisches Schadenbeben ebenfalls mit der Intensität 7 (MSK) erschütterte am 03.09.1770 das Gebiet um Alfhausen im nördlichen Vorland des Wiehengebirges. Im Umkreis von ca. 50 km um den Standort sind aus vorinstrumenteller Zeit nur wenige schwache Beben bekannt, von denen wegen zu geringer Informationen keine Intensitäts- und Epizentrumsbestimmungen durchgeführt werden können. In jüngster Zeit sind dort zwei schwache Beben beobachtet worden. Am 10.08.1980 ereignete sich in Bad Salzdetfurth ein Beben der Magnitude (Richterskala)  $M_L=1.6$  und am 19.04.1983 in Ahrbergen eines mit  $M_L=1.8$ .

Neben der Möglichkeit eines tektonischen Bebens ist auch das Auftreten eines Einsturzbebens zu prüfen. Mit 2 km Entfernung ist der Salzstock Broistedt, dessen Salzspiegel etwa 150 m unter der Erdoberfläche liegt, dem Standort am nächsten. Die Mächtigkeit des Gipshutes variiert zwischen 5 m und 95 m. Bedingt durch die in weiten Bereichen geringe Mächtigkeit des Gipshutes und dessen flache Überdeckung mit tertiären und quartären Sedimenten können große Hohlräume, durch deren plötzlichen Einsturz eine schadenswirksame Erschütterung erzeugt werden könnte, nicht entstehen.

#### 2.2.1.2 Stellungnahme des NLfB

Nach der Karte der Erdbebenzonen gem. KTA 2201.1 (1975) liegt der Standort in der Zone 0 (Anl. 2.2.2/2 des vorliegenden Textes),

d.h. es handelt sich um ein Gebiet geringer seismischer Gefährdung, in dem die Intensität 5 (MSK) nach den bisherigen Erfahrungen nicht überschritten wurde. Bei der Ermittlung und Bewertung der regionalen Seismizität wurde in der EU 36.14 nach den Grundsätzen, die in der KTA 2201.1 (6/1990) vorgegeben sind, vorgegangen. Die in der EU 36.14 gegebene Bewertung der regionalen seismologischen Verhältnisse entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik sowie der Praxis bei der Ermittlung der seismologischen Standortdaten in Norddeutschland.

Über die Seismizität in der unmittelbaren Umgebung des Standortes liegen Informationen auf Grund der Registrierung der seismologischen Station im Bergwerk Konrad für den Zeitraum von 1979 bis 1985 vor (EU 22, EU 85.1, EU 105, EU 182). Wegen des relativ großen seismischen Störpegels am Standort der Station unter Tage, der im wesentlichen durch die Bodenerschütterungen im Walzwerk der XXXXXXXXXX und durch den zeitweise durchgeführten Streckenvortrieb unter Tage erzeugt wurde (EU 156), war eine Registrierung von Mikroerdbeben mit Magnituden von  $M_L < 1$ , die ein Kriterium für rezente tektonische Bewegungen darstellen, nur bedingt möglich. Allerdings konnten mit dieser Station, zusammen mit der seismologischen Station im Bergwerk Asse, die in Kapitel 2.2.1.1 des vorliegenden Textes erwähnten Ereignisse vom 10.08.1980 und vom 19.04.1983 registriert und geortet werden. Beide Ereignisse wurden an der Erdoberfläche verspürt. Die Epizentralentfernung vom Standort betrug bei dem ersten Ereignis 29 km und beim zweiten 36 km (Anl. 2.2.2/1 des vorliegenden Textes). Auf Grund der Lage der Epizentren der beiden Ereignisse, die eine sehr geringe Magnitude hatten, kann man davon ausgehen, daß sie im Zusammenhang mit dem Bergbau in diesem Gebiet stehen. Starke Gebirgsschläge, wie sie aus der söhlichen Lagerung des Zechsteins im hessischen Grenzgebiet zu Thüringen beobachtet werden, welche die Intensität des Bemessungserdbebens erreichen könnten, sind hier wegen der steilstehenden Lagerung der Schichten in den Salzstöcken, die eine andere Bergbautechnik erfordern, nicht zu erwarten.

## 2.2.2 Seismologisch relevante tektonische Strukturen

### 2.2.2.1 Darstellung des Antragstellers

Als Voraussetzung für die Bestimmung des Bemessungserdbebens gem. KTA 2201.1 (6/1990) wurden im Plankapitel 3.1.9.3 "Seismologische Verhältnisse und Lastannahmen" jüngere tektonische Störungen in der Umgebung des Standortes beschrieben, die als potentielle Erdbebenzentren in Betracht kommen.

Der Standort liegt im Ostteil der Niedersächsischen Scholle. Diese wird im Norden vom Allerlineament und im Süden von der Harznordrandüberschiebung begrenzt. Westlich der Schachanlage Konrad verläuft von NNE nach SSW die Salzstockkette Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt. Neuere Interpretationen reflexionsseismischer Daten weisen auf eine Sockelstörung unterhalb des Salzstockes Rolfsbüttel-Wendeburg hin. Zwischen der westlichen Tiefscholle und der östlichen Hochscholle kann ein Versetzungsbetrag von einigen 100 m vorhanden sein.

Wegen des bei Rolfsbüttel vermuteten Basaltes wird auf eine Bewegung an dieser Störung während des Jungtertiärs im Miozän-Pliozän geschlossen. Die südliche Fortsetzung dieser Störung bis unterhalb des Salzstockes Broistedt, d. h. ca. 2 km westlich des Standortes, konnte bisher nicht nachgewiesen werden, wird aber unterstellt und als potentielles Epizentrum des Bemessungserdbebens angenommen.

### 2.2.2.2 Stellungnahme des NLfB

Die Annahme einer jungtertiären Bewegungsphase der Sockelstörung unter den Salzstöcken Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt stützt sich u.a. auf HARBORT (1911), nach dem in der Bohrung Rolfsbüttel XIII Basalt zwischen 160 m und 233 m Teufe und in der Bohrung Rolfsbüttel XI zwischen 200,25 m und 220,5 m Teufe angetroffen wurde (s. Kap. 2.1.2.3.2 u. 2.3.4). Die Gesteinsbestimmung von HARBORT wurde von DORN (1957) durch Untersuchung des gleichen

Dünnschliffmaterials bestätigt. Erste magnetische Messungen in diesem Gebiet von WOLFF (1940) lassen als Deutung der gemessenen positiven Anomalie einen Basaltgang in geringer Tiefe zu.

Die erneut von NAUWALD & HUNSCHE (1975) durchgeführten magnetischen Messungen wiesen "auf einen Basaltgang hin". Daß bei einem neueren Versuch, den Basaltkörper durch Bohrungen nachzuweisen, kein Basalt erbohrt wurde, ist nicht als Gegenbeweis zu werten. Vermutlich wurde der Basalt wegen zu geringer Endteufe der in dem betreffenden Gebiet niedergebrachten Bohrungen Rolfsbüttel 1 (91 m), Rolfsbüttel 2 (94 m) und Rolfsbüttel 3 (93.5 m) nicht erreicht (EU 100).

Es läßt sich somit feststellen, daß es verschiedene Hinweise auf Basalte im Bereich des Salzstockes Rolfsbüttel-Wendeburg gibt. Da basaltischer Magmatismus in Norddeutschland nur aus dem Jungtertiär bekannt ist, gehen wir aus Konservativitätsgründen in Übereinstimmung mit dem Antragsteller (EU 36.14) von der Annahme aus, daß die Sockelstörung unter der Salzstockkette Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt eine jungtertiäre Bewegungsphase durchgemacht hat. Der Sockelstörung kommt damit als größte und standortnächste Verwerfung eine besondere Bedeutung zu. Alle übrigen in ihrem Ausmaß vergleichbaren Störungen in der Umgebung des Standortes sind, soweit belegbar, bereits in früheren geologischen Zeitabschnitten zur Ruhe gekommen. In Übereinstimmung mit dem Antragsteller wird die Sockelstörung in dem Bereich, der dem Standort am nächsten ist, d.h. unter dem Salzstock Broistedt, als potentiell Erdbebenzentrum angenommen.

## 2.2.3 Bemessungserdbeben für den Standort

### 2.2.3.1 Darstellung des Antragstellers

#### 2.2.3.1.1 Lastannahmen über Tage

Im Plankapitel 3.1.9.3 "Seismologische Verhältnisse und Lastannahmen" ermittelt der Antragsteller das Bemessungserdbeben. Das Bemessungserdbeben ist gem. KTA 2201.1 (6/1990) definiert als "das Erdbeben mit der für den Standort größten Intensität, das unter Berücksichtigung einer größeren Umgebung des Standortes (bis etwa 200 km vom Standort) nach wissenschaftlichen Erkenntnissen auftreten kann". Bestimmend für das Bemessungserdbeben ist das Prignitz-Erdbeben aus dem Jahre 1410 mit einer Intensität von  $I = 7$  (MSK). Sein Epizentrum lag in einer Entfernung von ca. 170 km vom Standort. Es ergeben sich folgende Daten für das Bemessungserdbeben, wobei angenommen wird, daß sich ein Erdbeben dieser Intensität an der Sockelstörung unter dem Salzstock Broistedt ereignen würde (vgl. Kap. 2.2.2.1 des vorliegenden Textes):

Intensität	$I_o = 7$ (MSK)
max. Beschleunigung horizontal	$a_h = 120 \text{ cm/s}^2$
max. Beschleunigung vertikal	$a_v = 60 \text{ cm/s}^2$
jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit (nach Gumbel'scher Extremwertstatistik)	$W_{\ddot{u}} = 4 * 10^{-6}$
Dauer der Starkbebenphase für	$a_h > 50 \text{ cm/s}^2$ $D = 5 \text{ s}$
für	$a_h > 100 \text{ cm/s}^2$ $D = 3 \text{ s}$

Die durch probabilistische Analyse gefundene jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit, der allerdings wegen der kleinen Datenbasis große Unsicherheit anhaftet, spiegelt wider, daß der Standort in einem erdbebenarmen Gebiet liegt. Das vorgeschlagene Bemessungserdbeben wird danach statistisch einmal in 250 000 Jahren überschritten. Als Frequenzantwortspektren für den Standort sollen die dargestellten Spektren nach dem Entwurf KTA 2201.2 (1979) gelten (Anl. 2.2.3/1 des vorliegenden Textes).

### 2.2.3.1.2 Lastannahmen unter Tage

Beobachtungen in drei Bergwerken nahe dem Epizentrum des Tang-Shan-Erdbebens vom 27.07.1976 ergaben eine Abnahme der Intensität mit der Tiefe von  $I = 11$  (MSK) an der Erdoberfläche auf  $I = 7$  (MSK) in 700 m Tiefe. Allerdings gibt es auch Fälle, in denen nach einer zunächst beobachteten Verringerung der Intensität mit wachsender Tiefe eine Vergrößerung der Intensität festzustellen war.

Basierend auf diesen Beobachtungen werden aus Konservativitätsgründen die Lastannahmen für über Tage unvermindert auch für unter Tage angesetzt.

Zur Berechnung der Zusatzspannungen werden zunächst die maximale Schwinggeschwindigkeit aus den maximalen Bodenbeschleunigungen und die zum Kontrollpunkt C des Standardantwortspektrums gehörende Frequenz abgeleitet (Anl. 2.2.3/1 des vorliegenden Textes).

Unter Berücksichtigung der Ausbreitungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen und der Dichte in dem Bereich des Bergwerkes wurden die maximalen dynamischen Zusatzspannungen im unverritzten Gebirge bestimmt.

Die Wechselwirkung zwischen tiefen untertägigen Hohlräumen und seismischen Wellen sind bisher lediglich am Beispiel von Hohlräumen mit kreisförmigem Querschnitt in einem homogenen isotropen Vollraum eingehend untersucht worden. Berechnungen für andere Geometriebeispiele lassen den Schluß zu, daß die für den kreisförmigen Querschnitt gewonnenen Lösungen auf andere Hohlraumgeometrien übertragbar sind. Zu beachten ist danach der Belastungsfall bei Wellenlängen, die größer als das 12.5-fache des Hohlraumdurchmessers sind (OWEN & SCHOLL 1981).

Es ergeben sich für das Bemessungserdbeben:

max. Schwinggeschwindigkeit horizontal	$v_h = 7.6 \text{ cm/s}$
max. Schwinggeschwindigkeit vertikal	$v_v = 3.8 \text{ cm/s}$

max. dyn. Tangentialspannungen an den Hohlraumwänden:  
bei Anregung durch Kompressionswellen =  $\pm$  0.72 MPa  
bei Anregung durch Scherwellen =  $\pm$  1.80 MPa

max. dyn. Spannungen im unverritzten Gestein:  
Normalspannung =  $\pm$  0.72 MPa  
Scherspannung =  $\pm$  0.40 MPa

Die Zusatzspannungen an den Hohlräumen nehmen mit der Entfernung vom Hohlraum sehr schnell auf die für das unverritzte Gebirge angegebenen Werte ab. Sie sind daher nur in unmittelbarer Umgebung des Hohlraumes zu berücksichtigen.

#### 2.2.3.2 Stellungnahme des NLfB

##### 2.2.3.2.1 Lastannahmen über Tage

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 in Anlage 2.2.3/1 dieses Textes dargestellten Frequenzantwortspektren sind entsprechend dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft konservativ.

##### 2.2.3.2.2 Lastannahmen unter Tage

Ähnlich anerkannte technische Regeln, wie sie für über Tage existieren (KTA 2201.1, 6/1990), 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, die vom Antragsteller genutzt wurden (EU 81.3, EU 81.4, EU 102):

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.

In Verbindung mit der 1. Vorgehensweise ist den Erfahrungen, die während des Tang-Shan-Erdbebens, das sich 1976 in der chinesischen Industrie- und Bergbaustadt Tang-Shan ereignete und 240 000 Todesopfer forderte, eine besondere Bedeutung beizumessen. Hier waren während des Erdbebens 8 Kohlenbergwerke mit 10 000 Bergleuten unter Tage in Betrieb. Die primären Schäden unter Tage waren im Vergleich zu den Schäden über Tage relativ gering (CHEN YONG et al. 1988). Neuere Ergebnisse an Bohrlöchern (SEALE & ARCHULETA 1989) in den USA zeigen eine deutliche Abnahme der horizontalen Bodenbeschleunigung mit der Tiefe (Anl. 2.2.3/2 des vorliegenden Textes).

Aus einem Bergwerk in Japan wurde berichtet, daß nach anfänglicher Abnahme der Amplituden mit der Tiefe diese in 450 m wieder auf den an der Erdoberfläche beobachteten Wert anstiegen (KANAI et al. 1966). Bei speziellen geologischen Verhältnissen ist in einigen Bohrungen auch ein Ansteigen der Amplituden in größerer Tiefe über den Oberflächenwert beobachtet worden (IWASAKI et al. 1977). Offenbar tritt dies nur bei besonderen geologischen Verhältnissen auf, z.B. bei nahezu homogenem Gestein.

Es ist daher zu begrüßen, daß als Ergänzung zu den publizierten Beobachtungen vom Antragsteller umfangreiche Modellrechnungen durchgeführt wurden (2. Vorgehensweise). Sie ergaben für vertikal propagierende ebene Wellen für ein Modell, das dem geologischen Schichtenaufbau über der Grube Konrad entspricht, in der Tiefe des Endlagers eine Reduzierung der Amplituden der seismischen Wellen auf 60 % bis 75 %. Die Rechnungen ergaben bei der Benutzung von

zwei verschiedenen Rechenprogrammen und unterschiedlichen Modellen in keinem Fall in der Tiefe des Endlagers größere Amplituden als an der Oberfläche.

Es ist 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 vom Antragsteller ermittelten Lastannahmen konservativ sind.

#### 2.2.4 Bewertung zur Standortbeschreibung Seismologie

Die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen sind vollständig. Die Bewertung zur Seismologie erfolgte gem. KTA 2201.1 "Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen", die sinngemäß auch auf andere kerntechnische Anlagen anzuwenden ist. Hierfür ist es erforderlich, die in einer Umgebung von 200 km um den Standort bisher beobachteten Erdbeben zu betrachten und anzunehmen, daß das stärkste dieser Erdbeben auch in der Nähe des Standortes auftreten könnte. In Übereinstimmung mit dem Antragsteller wurde die Sockelstörung unter der Salzstockkette Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt als potentiell Erdbebenherdgebiet angenommen. Es wurde bei der Abschätzung der Lastannahmen aus Gründen der Konservativität davon ausgegangen, daß das potentielle Erdbebenzentrum in dem Bereich der Sockelstörung liegen würde, der dem Standort am nächsten liegt, d.h. unter dem Salzstock Broistedt.

Es wurden folgende Lastannahmen für das Bemessungserdbeben ermittelt:

Intensität	$I_0 = 7$ (MSK)
max. Beschleunigung horizontal	$a_h = 120 \text{ cm/s}^2$
max. Beschleunigung vertikal	$a_v = 60 \text{ cm/s}^2$
jährl. Überschreitungswahrscheinlichkeit (nach Gumbel'scher Extremwertstatistik)	$W_{\ddot{u}} = 4 * 10^{-6}$
Dauer der Starkbebenphase für	$a_h > 50 \text{ cm/s}^2$ D = 5 s
für	$a_h > 100 \text{ cm/s}^2$ D = 3 s

Diese Lastannahmen wurden vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt berücksichtigt.

Grundlage für die Ermittlung des Bemessungserdbebens war das kerntechnische Regelwerk KTA 2201.1 "Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen" (6/1990). Die so ermittelten Größen sind identisch mit den vom Antragsteller berechneten Werten.

## 2.3 Geologische Langzeitprognose ( [REDACTED] )

Das Kapitel 3.1.10.6 des Planes 4/90 "Geologische Langzeitprognose" basiert auf Darstellungen von Daten und Kenntnissen geologischer Ereignisse und Prozesse, die nach einer Expertenanalyse durch den Antragsteller aus der bisherigen Entwicklung oder aufgrund ihres möglichen zukünftigen Auftretens in der Region Konrad zu einer Schwächung der geologischen Barrieren und des Rückhaltevermögens für Radionuklide führen können und somit einen Einfluß auf die Sicherheit des Endlagers haben.

Als sicherheitsrelevante geologische Vorgänge werden vom Antragsteller mögliche Auswirkungen globaler Klimaveränderungen, Abtragung in Verbindung mit epirogenen Bewegungen, Einflüsse der dem Endlager benachbarten Salzstrukturen sowie Magmatismus betrachtet.

Der für die Langzeitprognose gewählte Zeitrahmen von einigen  $10^5$  Jahren steht im Einklang mit internationalen Arbeiten, die vereinzelt zwar Aussagen über Zeiträume von bis zu  $10^6$  Jahren machen, über  $10^5$  Jahre hinausgehende Extrapolationen aber als zunehmend unsicher einstufen.

Zukünftige anthropogene Einwirkungen auf die natürlichen Barrieren, wie z.B. Tiefbohrungen, werden vom Antragsteller von der Untersuchung im Rahmen der Langzeitprognose ausdrücklich ausgenommen (Plan 4/90).

Außer den Ausführungen im Plan 4/90 wurden vom Antragsteller keine Erläuternden Unterlagen zur "Geologischen Langzeitprognose" vorgelegt.

### 2.3.1 Klimaveränderungen

#### 2.3.1.1 Darstellung des Antragstellers

Der Einfluß künftiger Kaltzeiten und ihrer von den Wirkungen des Permafrostes und des Gletschereises bestimmten periglazialen und

glazialen Prozesse auf das geplante Endlager wird in der Langzeitprognose aus der pleistozänen geologischen Geschichte des zu betrachtenden Bereichs abgeleitet, die durch einen mehrfachen Wechsel von Warm- und Kaltzeiten gekennzeichnet ist.

Von Antragstellerseite wird ferner für den Fall einer globalen Klimaveränderung durch Erwärmung der Erdatmosphäre eine Kombination hydrogeologischer Effekte dargestellt, deren Auswirkungen auf Tiefengrundwasser sich in einer Verlangsamung der Fließgeschwindigkeiten zeigen.

#### 2.3.1.2 Stellungnahme des NLfB

Die Bedeutung einer von periglazialen Prozessen und Inlandsvereisungen begleiteten zukünftigen Kaltzeit für die Endlagerregion ergibt sich zunächst aus der hohen Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Ereignisses.

Seit etwa  $5 \times 10^5$  Jahren ist das Auftreten der zahlreichen weltweit bekannten Glaziale an Intervalle in der Größenordnung von  $10^5$  Jahren geknüpft, die von Interglazialen mit einer Dauer von etwa  $10^4$  bis  $3 \times 10^4$  Jahren abgelöst wurden und in deren Gefolge es aufgrund des Temperaturanstieges zu einem vorübergehenden Rückzug vorhandener Vereisungen bis in polare Bereiche kam (DUPHORN 1976). Die gegenwärtig herrschenden klimatischen Verhältnisse werden von manchen Forschern einer sich dem Ende zuneigenden Zwischeneiszeit zugeordnet, deren Temperatur-Maximum vor mehr als 4500 Jahren überschritten wurde. Unter Berücksichtigung der Zeitdauer zurückliegender Kaltzeiten wird daher ein Zeitraum von einigen tausend Jahren angegeben, in dem die gegenwärtig herrschende Zwischeneiszeit möglicherweise enden und eine neuerliche Kaltzeit mit größerer Wahrscheinlichkeit einsetzen könnte. Weitreichende polferne Inlandvereisungen dürften für den Fall einer derartigen Entwicklung erst in mehr als  $6 \times 10^4$  Jahren auftreten (BERTRAM-HOWERY et al. 1990, IMBRIE & IMBRIE 1980, ROYER 1988, SKI 1991).

In der Endlagerregion sind aufgrund der spezifischen exogenen Dynamik glazialer Prozesse die Spuren zweier pleistozäner Inlandsvereisungen (Elster- und Saale-Kaltzeit) sicher belegt. Diese durch die Holstein-Warmzeit getrennten Vereisungen haben Überreste vermutlich periglazialer Bildungen vorangegangener Kaltzeiten und Ablagerungen älterer Warmzeiten weitgehend zerstört, so daß über das prä-elsterzeitliche Geschehen wenig bekannt ist. Während der jüngsten Vereisung Norddeutschlands überschritt das Inlandeis der auf das Eem-Interglazial folgenden Weichsel-Eiszeit nicht mehr die Elbe. Sie hat daher nur durch die über das Verbreitungsgebiet des Eises hinausgehende Wirkung des nivalen Klimas Auswirkungen auf das Endlagergebiet gehabt.

Die genaue Bestimmung der Frosteindringtiefe in den Periglazialgebieten vergangener Glaziale war in Mitteleuropa bisher nicht Gegenstand umfassender wissenschaftlicher Untersuchungen. Zahlreiche Einzelbeobachtungen und theoretische Erwägungen sowie die gefrierpunktniedrigende Versalzung des Grundwassers in größeren Teufen rechtfertigen jedoch die Annahme, daß im Endlagergebiet auch während einer neuerlichen Eiszeit mit Frosteindringtiefen von wesentlich mehr als 200 m unter Gelände innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre kaum zu rechnen ist (DELISLE 1988). Darüber hinaus wiesen die Temperaturamplituden selbst innerhalb der letzten Kaltzeit deutliche Temperatursprünge auf, die das Temperaturfeld im Untergrund Norddeutschlands gegenläufig beeinflussten und der Ausbildung einer mächtigeren Permafrostschicht entgegenwirkten [REDACTED 1982]. Für die Endlagerregion ist über weite Zeiträume sowohl vergangener als auch zukünftiger Kaltzeiten die stark isolierende Wirkung von Schneebedeckungen als wahrscheinlich anzunehmen, die die Frosteindringtiefe ebenfalls beeinflusst (RIEGER 1983).

Der Aussage des Antragstellers, die Festgesteine der Endlagerregion änderten ihre Eigenschaften bei Abkühlung unter den Gefrierpunkt des Wassers nur unwesentlich, ist zuzustimmen. Für die aus Tonmergelsteinen aufgebaute Unterkreide-Barriere ist die Bildung von Rissen infolge von Abkühlung vom Antragsteller nicht völ-

lig ausgeschlossen worden. Es wird jedoch angenommen, daß möglicherweise entstehende Risse durch Quell- und Verformungsvorgänge wieder verheilen.

Angesichts der für den Fall einer neuerlichen Eiszeit zu erwartenden begrenzten Frosteindringtiefe von weniger als 200 m dürfte das Problem der Rißbildung unabhängig von der durch den Antragsteller postulierten Verheilung durch Quell- und Verformungsvorgänge die Barriere-Gesteine der Unterkreide nur oberflächennah betreffen.

Die Vorstöße großer Eismassen in die Endlagerregion während des Elster- und des Saale-Glazials sind in zahlreichen Untersuchungen zweifelsfrei nachgewiesen. Über die Mächtigkeit der Inlandeisbedeckungen bestehen dagegen noch weitgehende Unsicherheiten, einige hundert Meter werden für denkbar gehalten (NILSSON 1983, WOLDSTEDT & DUPHORN 1974). Aufgrund von Vergleichen der in Drucksetzungsexperimenten gewonnenen Daten mit geologischen Beobachtungen über die natürliche Kompaktion von Lockergesteinen infolge Eisauflast wurden für NW-Deutschland Werte mit einer Streuung zwischen weniger als 100 m und etwa 800 m ermittelt (BERNHARD 1963, VIETE 1957).

Für den Fall einer zukünftigen Vereisung im Endlagergebiet zu erwartende Eismächtigkeiten sind daher nur mit großen Unsicherheiten abschätzbar. Da jedoch davon ausgegangen werden kann, daß unabhängig von den unbekanntem absoluten Mächtigkeiten eine prinzipielle Vergleichbarkeit der vergangenen mit zukünftigen Eisdecken und damit auch ihrer geologischen Auswirkungen gegeben ist, ist eine genaue Aussage zu diesem Punkt nicht erforderlich.

Entsprechend dem Erkenntnisstand über die geologischen Wirkungen vergangener Glaziale darf angenommen werden, daß mit einer durch Eisauflast wesentlich verstärkten, das Maß der unter Eisbedeckung des Elster- und Saale-Glazials bereits erreichten Kompaktion übertreffenden Verdichtung des Endlager-Deckgebirges, zumindest für den in der Langzeitprognose vorgegebenen Zeitraum von einigen  $10^5$  Jahren, nicht gerechnet werden muß.

Umfangreiche quartärgeologische Untersuchungen haben zu einer begründeten Abgrenzung glazigener (glazitektonischer) von endogenen, tektonischen Prozessen geführt (ABER et al. 1989). So konnte für Norddeutschland gezeigt werden, daß die Tiefenwirkungen großer Eismassen auf Lockergesteine aus gewaltigen Stauchungen der Lockergesteine beim Vordringen des Eises bestanden. Die dadurch entstandenen Stauchmoränen sind zur Tiefe durch listrische, zunehmend flacher einfallende Scherflächen begrenzt, die lokal bis zu wenig mehr als 200 m unter Gelände nachgewiesen wurden (MEYER 1987, MÜNZING 1963).

Der Verlauf und das Erosionspotential nordwestdeutscher Flüsse und Urstromtäler sind von den zeitweiligen Meeresspiegelsenkungen (= Absenkungen der Erosionsbasis) im Pleistozän nachweislich wesentlich weniger stark beeinflußt worden als von der glazigenen Umgestaltung der Landoberfläche durch Exaration und glaziale Sedimentation, die zu ständigen Verlagerungen der fluviatilen Systeme in Raum und Zeit führten! So erreichte die vertikale Komponente der fluviatilen Erosion im Pleistozän Nordwestdeutschlands allenfalls eine Größenordnung von wenigen Zehner Metern (LÜTTIG & MEYER 1974). Ähnliche Verhältnisse sind auch bei eustatischen Meeresspiegelsenkungen im Gefolge zukünftig möglicher Eiszeiten zu erwarten.

Aufgrund großräumiger (weltweiter) Untersuchungen der rezenten Lage eiszeitlicher Strandterrassen werden für die einzelnen quartären Glaziale Angaben über eustatische Meeresspiegelsenkungen von 90 m bis mehr als 100 m (130 m) allgemein akzeptiert (JELGERSMA 1979, WOLDSTEDT 1954).

Der Stand des Meeresspiegels relativ zum Festland wird nicht nur von Vereisungen, sondern auch durch Erdkrustenbewegungen beeinflußt, so daß eine genaue Bestimmung des Anteils der vereisungsbedingten Meeresspiegelschwankungen erschwert ist (RADKE 1990). Nach gegenwärtigem Kenntnisstand darf aber angenommen werden, daß die Absenkung des Meeresspiegels für den Fall einer innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre einsetzenden Eiszeit in ähnlicher Größenordnung liegen wird.

Eine Verschiebung der Küstenlinie der im Bereich der Deutschen Bucht sehr flachen Nordsee hätte dann lediglich eine neuerliche Verlängerung des Fließweges, nicht aber eine wesentliche Zunahme des für die Erosion bestimmenden Gefälles nordwestdeutscher Fließgewässer zur Folge.

Im Unterschied zu den mit natürlichem Gefälle frei fließenden Wässern in Flüssen und Urstromtälern standen in Schmelzwasserröhren an der Basis der Inlandeisbedeckung fließende subglaziale Wässer unter z.T. hohem, von der Mächtigkeit der Eisbedeckung abhängigem hydrostatischen Druck. Daraus erklären sich die bedeutenden linearen Erosionswirkungen subglazialer Wässer, die, vorwiegend elsterzeitlich, regional begrenzte, tiefe Erosionsrinnen ins Präquartär einschnitten, in Richtung und Tiefe beeinflusst durch die Materialeigenschaften und das Paläorelief des Untergrundes sowie die Fließrichtung des Eises. Die von KUSTER & MEYER (1979) für das nördliche und mittlere Niedersachsen intensiv untersuchte Verbreitung solcher Erosionsrinnen läßt erkennen, daß die bisher bekannten Rinnen von Norden nach Süden abnehmende Teufen aufweisen und z.B. südlich der Verbindungslinie Gifhorn-Celle-Delmenhorst nicht tiefer als 200 m unter Geländeoberfläche eingeschnitten sind. Den Nordrand der Mittelgebirge erreichen sie nicht.

Die Untersuchungen von KUSTER & MEYER (1979) zeigen auch, daß Deckgebirgsbereiche über hochaufragenden Salzstöcken sowohl einen direkten als auch einen indirekten Einfluß auf die räumliche Lage subglazialer Rinnen ausüben können. Die potentielle Bedeutung tiefreichender subglazialer Erosion ist anhand der in der Vergangenheit in der Umgebung der Schachanlage Konrad entstandenen, mit über 100 m mächtigen Quartär-Sedimenten aufgefüllten z.T. rinnenartigen Hohlformen abschätzbar, auch wenn diese zumindest z.T. als Subrosionssenke über der Salzstruktur Broistedt gedeutet werden müssen und die Vernachlässigung der Subrosion zu einer Überbewertung der subglazialen Erosion führt (PREUL 1968).

Wesentlich tiefer als 200 m reichende, in die in Teufen zwischen 100 m und 300 m unter Gelände liegende Oberfläche der Unterkreide-Gesteine erheblich eingreifende glazigene Prozesse sind nach den bisherigen Befunden im Zusammenhang mit einer innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre wahrscheinlichen Eiszeit für die Endlager-Region nicht anzunehmen.

Ob sich das Klima der Erde in den nächsten Jahrhunderten zunächst durch eine Erwärmung entscheidend verändert, ist noch umstritten. Zahlreiche numerische Modelle zur Simulation des Klimas, die auf langjährige Beobachtungen gestützt sind, gehen von einer durchschnittlichen globalen Erwärmung um etwa ein Grad Celsius bis zur ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts aus, in deren Gefolge u.a. ein verstärktes Abschmelzen der noch bestehenden Vereisungsgebiete der Erde und damit ein Anstieg des Meeresspiegels zwischen einigen Dezimetern und mehr als einem Meter erwartet wird (RHODE 1977, ROYER 1988). Unabhängig von der Wahrscheinlichkeit einer Klimaveränderung durch anthropogene Einflüsse und ihren Auswirkungen in den nächsten Jahrhunderten hätte ein völliges Abschmelzen der heute noch existierenden Eismassen der Erde nach Berechnungen von GULLENTOPS (1974) und RADKE (1990) einen Meeresspiegelanstieg von etwa 65 bis 80 m zur Folge.

Da viele Einflußgrößen, die sich bisher einer genauen Erfassung entziehen, aber einer langfristigen Erwärmung entgegenwirken könnten, in den Klima-Berechnungsmodellen weitgehend unberücksichtigt bleiben, ist die künftige Entwicklung der klimatischen Bedingungen bisher nicht hinreichend sicher vorherzusagen.

Die vom Antragsteller in der Langzeitprognose für den Fall globaler Klimaveränderungen durch Erwärmung oder Abkühlung der Erdatmosphäre dargestellten, realistisch erscheinenden Kombinationen von im Endlagerbereich potentiell wirksamen geologischen und hydrogeologischen Effekten lassen eine Gefährdung der Endlager-sicherheit auch nach Auffassung des NLfB nicht erkennen (siehe dazu auch das Kapitel 3.3.2 dieses Textes).

## 2.3.2 Abtragung und epirogene Bewegungen

### 2.3.2.1 Darstellung des Antragstellers

Für das Gebiet Konrad wird als bestimmendes Element der Abtragung die Denudation, d.h. der flächenhafte Abtrag von Gesteinen durch die Transportmedien Wasser, Luft und Eis behandelt. Dabei wird die lineare Flußerosion aufgrund des geringen Gefälles und der damit verbundenen geringen Erosionskraft als der Denudation nur in beschränktem Maße vorauseilend und für das zu betrachtende Gebiet langfristig vernachlässigbar eingestuft.

Untersuchungen über die Intensität der Denudation unterschiedlicher geomorphologischer Homogenbereiche bilden die Grundlage zur Abschätzung ihrer Bedeutung für die Endlagersicherheit. Da Meßdaten aus dem Endlagerbereich nicht vorliegen, wird vom Antragsteller eine Zusammenstellung empirisch ermittelter Daten (JANSSON 1982, LAVILLE & LAJOINIE 1983, YOUNG 1969) aus für vergleichbar erachteten Bereichen herangezogen. Für Norddeutschland liegen die daraus ableitbaren Werte gegenwärtiger Denudationsraten für kompaktierte Gesteine in einer Größenordnung von 0,001 mm/Jahr bis 0,1 mm/Jahr. Von Antragstellerseite wird jedoch auch darauf hingewiesen, daß diese Werte in Lockergesteinsbereichen um den Faktor 10 übertroffen werden können.

Einer quantitativen Abschätzung der flächenhaften Abtragung im Endlagerbereich werden lineare Raten von 0,1 mm/Jahr zugrundegelegt und für einen Zeitraum von  $10^5$  Jahren der Abtrag einer 10 m mächtigen Gesteinsschicht errechnet. Bei dieser Rechnung wird bewußt vernachlässigt, daß die von der Reliefenergie abhängigen Denudationsraten unter tektonisch und klimatisch konstanten Verhältnissen ständig weiter abnehmen müßten. Damit sollen geologische Befunde berücksichtigt werden, die auf eine nicht genau quantifizierbare, einer Abnahme der Denudationsraten entgegenwirkende Hebung des Gebietes schließen lassen.

### 2.3.2.2 Stellungnahme des NLfB

Für große kontinentale Beckenbereiche ermittelte Denudationsraten liegen in Größenordnungen von 0,014 - 0,18 mm pro Jahr, wobei sich die hohen Denudationsraten mit Werten von über 0,1 mm/Jahr auf Gebiete mit ausgeprägtem Relief und spärlicher bzw. fehlender Vegetation beschränken (BARREL 1917, BÜRGISSER & HERRNBERGER 1981, JÄCKLI 1985, JUDSON & RITTER 1964). Durchschnittliche Denudationsraten der Tiefländer werden mit etwa 0,05 mm pro Jahr angegeben (MILNES 1985).

Einer Literatur-Studie von LAVILLE & LAJOINIE (1983) zufolge sind diagenetisch verfestigten Gesteinen unter klimatisch gemäßigten Bedingungen mittlere Erosionsraten zwischen 0,05 mm und 0,5 mm pro Jahr zuzuordnen. Die Extremwerte kennzeichnen in deutlicher Abhängigkeit von unterschiedlicher Reliefenergie und Vegetation die Fastebenen der Tafelländer und die Gebirgsregionen. Unter periglazialen Klima und bei Lockergesteinen können diese Werte nach Angaben von LAVILLE & LAJOINIE (1983) noch um den Faktor 10 übertroffen werden. Im Unterschied dazu sind über 1 mm pro Jahr liegende Raten einer flächenhaften Erosion von Festgesteinen auch bei vorsichtiger Einschätzung nur in alpinen Regionen denkbar (DORP, VAN 1985).

Die Endlagerregion Konrad weist mit relativen Höhenunterschieden von ca. 200 m ein schwach ausgeprägtes Relief eines Hügellandes auf. Im naturbelassenen sowie im landwirtschaftlich intensiv genutzten Zustand ist unter den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen i.a. von einer dichten Vegetation auszugehen.

Die mittleren Denudationsraten der Region können demzufolge unter heutigen Bedingungen in den Bereich niedriger Werte eingeordnet werden, soweit diagenetisch verfestigte Gesteine betroffen sind. Da andererseits jedoch zu berücksichtigen ist, daß pleistozänes Lockermaterial sowohl aus dem Harz als auch aus den Sedimentfrachten des Inlandeises in unterschiedlicher Mächtigkeit das Gebiet in weiten Teilen überdeckt, erscheint die Annahme einer Abtragungs-

rate in einer Größenordnung von 0,1 mm pro Jahr unter den gegenwärtig herrschenden Klimabedingungen gerechtfertigt.

Im Gefolge einer zukünftig zu erwartenden Eiszeit wären zunächst infolge zurückgehender Vegetation und damit zunehmender Solifluktion und anschließend durch die von flächenhafter Abtragung nicht zu trennenden Exarationsprozesse des vordringenden Eises höhere Abtragungsraten nicht auszuschließen. Diese höheren Raten könnten sich bei späterem Abschmelzen des Inlandeises noch erhalten und kumulativ zu einer Denudation von einigen zehner Metern beitragen. In der Langzeitprognose des Antragstellers werden im Zusammenhang mit der Möglichkeit einer in einigen tausend Jahren beginnenden Kaltzeit für diesen Fall höhere Denudationsraten (mit einer in weiten Bereichen für möglich gehaltenen Exaration von 30 m, entsprechend 0,3 mm pro Jahr, bezogen auf die nächsten  $10^5$  Jahre) berücksichtigt.

Einen weiteren Anhaltspunkt für die Beurteilung der Angaben über langfristig für die Endlagerregion zu prognostizierende Denudationsraten bieten Vergleiche mit den Daten der geologischen Vergangenheit. Dazu wurden für Bohrungen in der Endlagerregion im nördlich anschließenden Teil des "Gifhorner Troges" erstellte Absenkungsdiagramme (ACHILLES 1982) herangezogen, die näherungsweise Abschätzungen der bisherigen Abtragungsgeschichte gestatten. Die Auswertungen ergaben für den Zeitraum seit Ende der Oberkreide keine Hinweise auf durchschnittliche Denudationsraten, die über den für die Langzeitbetrachtung des Antragstellers quantitativ prognostizierten Werten liegen.

Wie in der Langzeitprognose des Antragstellers festgestellt wird, können quasi-stationäre tektonische Verhältnisse für die Endlagerregion nicht vorausgesetzt werden. Unabhängig von Diapirismus und Magmenintrusionen ist vielmehr von der Möglichkeit einer langsamen Hebung des Gebietes auszugehen, auf die geologische Beobachtungen für das östliche Niedersächsische Becken hindeuten. Darstellungen der Versenkungsgeschichte an den Bohrungslokalisationen Bleckenstedt 1, Broistedt 34, Engelnstedt 1 sowie im Bereich des Schachts Konrad 1 ergaben für den Zeitraum von 11 Mio. Jahren im Miozän-Plio-

zän Hinweise auf Hebungen in einer Größenordnung von etwa 250 m, entsprechend einer Hebungsrate von etwa 0,025 mm im Jahr. Dieser Wert ordnet sich in die für das übrige Nordwestdeutschland ermittelten Daten zwanglos ein. So wurde auch für den Zeitraum der zurückliegenden 280 Millionen Jahre, vom Perm bis in die Gegenwart, eine durchschnittliche Geschwindigkeit von differentiellen Krustenbewegungen in einer Größenordnung von 0,014 mm - 0,02 mm pro Jahr ermittelt (DECHEND & GRONWALD 1961; DITTMER 1960, FÜCHTBAUER 1962, MEYER 1980, MÜLLER 1962). Nach anderen Angaben schwanken die für NW-Deutschland charakteristischen Werte innerhalb dieses Zeitraums z.T. gegensinnig zwischen 0,025 mm und 0,25 mm im Jahr, wobei Werte um 0,1 mm nur phasenweise im Rotliegenden, Buntsandstein und Keuper erreicht, und im Röt, Gipskeuper und Tithon zeitweilig auch um das 2,5-fache überschritten wurden (TRUSHEIM 1971).

Eine an geologischen Maßstäben gemessen kurzfristige Umgestaltung des großtektonischen Baustils der Norddeutsch-Polnischen Senke von einem jungen Tafelgebirge in eine durch extrem hohe Absenkungs- bzw. Hebungsraten gekennzeichnete mobile Zone der Erdkruste ist nach gegenwärtiger Kenntnis nicht zu erwarten. Vertikale Erdkrustenbewegungen mit ähnlich hohen Geschwindigkeiten wie in den tektonogenetisch mobilen Gürteln der Erde können kurzfristig auch in der Anfangsphase isostatischer Ausgleichsbewegungen mit exogener Ursache auftreten, wie Beobachtungen aus Skandinavien zeigen (Aufstieg infolge klimabedingter Befreiung von der Last der mächtigen Inlandvereisung). Es ist jedoch nicht erkennbar, daß derartige Bewegungen auch in fernerer Zukunft im Bereich des Endlagers auftreten und zu dessen Gefährdung führen könnten.

Nivellements rezenter Krustenbewegungen liegen für die Endlagerregion nicht vor. Der Wert derartiger Messungen ist infolge methodisch bedingter Vieldeutigkeiten der Ergebnisse im Hinblick auf die Abschätzung langfristiger Bewegungen gegenwärtig allgemein als eher gering einzustufen (AUGATH et al. 1979, BANKWITZ 1971, ELLENBERG 1974, FAIRBRIDGE 1981, HIERSEMANN 1967, THOMS & GEHLE 1983).

Ob eine angenommene Hebungsrate von 0,1 mm/Jahr, von der im Plan 4/90 vorsichtig ausgegangen wird, die langfristig tatsächlich

herrschenden Verhältnisse wiedergibt, mag bezweifelt werden (sie erscheint eher zu hoch, wohingegen die für den Zeitraum seit dem Miozän aus Absenkungsdiagrammen ermittelten Raten von 0,025 mm/Jahr für eher zutreffend gehalten werden). Da selbst bei mehrfach höheren Raten als den für die Berechnungen angenommenen 0,1 mm/Jahr eine Schwächung der als Barriere geltenden Unterkreide-Gesteine nicht zu erwarten ist, können die Unsicherheiten bei der Bestimmung der Hebungsrate im Hinblick auf die Denudation für einige  $10^5$  Jahre hingenommen werden.

### 2.3.3 Einflüsse der benachbarten Salzstrukturen

#### 2.3.3.1 Darstellung des Antragstellers

Für die Salzstrukturen des Endlagerbereichs wird im Plan 4/90 langfristig ein Ausgleich von Salzaufstieg und Ablaugung prognostiziert. Dies bedeutet, daß die weitere Ausbildung von Hohlformen, wie sie in der Vergangenheit über dem Salzstock Broistedt entstanden, erschwert wird und daß im Bereich der Salzstrukturen mit geringen Aufstiegsbewegungen von einigen hundertstel Millimetern pro Jahr (Nachbewegungsphase) zu rechnen ist.

Eine für unwahrscheinlich erachtete Erhöhung der Ablaugungsraten wird nur für den Fall verstärkter epirogener Hebung der Endlagerregion mit entsprechender Steigerung der Denudationsraten und auch Veränderungen der hydrodynamischen Bedingungen in den Ablaugungshorizonten erwartet.

Zur quantitativen Abschätzung des Subrosionseffekts in der Endlagerregion werden Subrosionsraten von 0,1 mm/Jahr angenommen.

#### 2.3.3.2 Stellungnahme des NLFb

Seismische Profile und die Ergebnisse zahlreicher, in der Umgebung in das Hangende des Zechstein-Salzgebirges abgeteufter Bohrungen lassen erkennen, daß sich die Salzstruktur Broistedt-Vechelde-

Rolfsbüttel-Wendeburg bereits im Nachdiapirstadium befindet. Durch Einwandern des Salzes in die Diapirstruktur ist der ursprünglich flächenhaft verbreitete Salzvorrat dort bereits weitgehend in der Salzstruktur akkumuliert. Die Struktur Thiede besitzt noch größere Kissenfüße, bei deren weiterer Ausdünnung durch Nachfließen des Salzes in die diapirische Struktur geringe Nachbewegungen im Bereich der sekundären Randsenken wahrscheinlich sind.

Mit einer substantiellen Salzabwanderung aus dem Untergrund des geplanten Endlagers in Richtung auf die Salzstrukturen Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg und Thiede muß nicht mehr gerechnet werden, weil sich im Liegenden des Grubengebäudes Konrad nach seismischen Untersuchungen nur noch relativ geringmächtige, weitestgehend immobile Reste des Zechstein-Salinars mit einer Mächtigkeit der chloridischen Salzgesteinsanteile von unter 200 m befinden. Nachbewegungen durch weiträumige Absenkung infolge Abwanderung verbliebener Zechsteinsalz-Reste liegen daher in einer zu vernachlässigenden Größenordnung.

Die im Endlagergebiet ebenfalls vorkommenden Salzfolgen des Oberen Buntsandstein und des Mittleren Muschelkalk erreichen jeweils primäre Mächtigkeiten von deutlich unter 100 m. Sie lassen bisher keine Anzeichen autonomer Salzbewegungen erkennen und dürften zu eigenständigen Salzbewegungen wegen ihrer geringen Mächtigkeit auch in Zukunft nicht in der Lage sein (BERTOZZI et al. 1978, JARITZ 1973, TRUSHEIM 1971).

Bei der an den Kriterien einer langfristigen Endlagersicherheit orientierten Betrachtung ist die hydrogeologische Langzeitstabilität der Salzstrukturen im Hinblick auf ihre Funktion als laterale Begrenzungen tiefer Grundwasserstockwerke zu berücksichtigen.

Die Geschwindigkeit der unterirdischen Abtragung von Salzstrukturen durch Lösung und Fortführung leichtlöslicher Bestandteile im Grundwasserstrom bewegt sich überwiegend in einer den nachdiapirischen Aufstiegsgeschwindigkeiten von Salzstrukturen vergleichbaren Größenordnung von einigen hundertstel Millimetern pro Jahr und ist bei Salzstöcken auf deren Top-Bereiche konzentriert. Für eine mit

tertiärem und pleistozänem Material gefüllte Senke über dem Salzstock Broistedt wurden für einen Zeitraum von  $36 \times 10^6$  Jahren unter Vernachlässigung des Salzaufstiegs und möglicher subglazialer Erosion während des Quartärs Ablaugungsgeschwindigkeiten von 0,004 mm/Jahr bis 0,04 mm/Jahr ermittelt (PREUL 1968).

Die Möglichkeit eines Anschlusses von gegenwärtig durch die Salzstöcke begrenzten, tiefliegenden Wasserleitern an oberflächennahe Grundwasserleiter besteht innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre erst bei wesentlich größeren, unter den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen für unrealistisch erachteten Ablaugungsbeträgen. Bei Fortbestand der derzeitigen klimatischen Bedingungen und Konstanz epirogener Hebungsraten in einer vom Antragsteller angegebenen Größenordnung kann die Situation für tiefere, endlagerrelevante Grundwasserleiter im Bereich der obengenannten Strukturen in Bezug auf die Salzstrukturen generell als stabil angesehen werden.

Wie bei der Betrachtung der potentiellen geologischen Auswirkungen zukünftiger Eiszeiten bereits ausgeführt, können Einfüsse einer extremen exogenen Dynamik zwar zu deutlichen Ungleichgewichten zwischen Subrosion und Salzaufstieg führen, eine Gefährdung des Endlagers ist daraus jedoch nicht ableitbar.

Theoretisch besteht die Möglichkeit einer Beeinflussung des Salzaufstiegs durch die unterschiedliche Auflast des Eises im Bereich der Randlage einer Inlandvereisung. Eine überschlägige Betrachtung zeigt, daß unter der Annahme einer Vereisungsdauer von etwa 7000 Jahren, wie sie für das letzte bis in die Endlagerregion vorge-drungene Glazial ermittelt wurde (EHLERS 1983), eine vorübergehende Vereisungsrandlage über einzelnen Salzstrukturen des Endlagerbereichs auf den Salzaufstieg keinen Einfluß haben wird.

## 2.3.4 Magmatismus

### 2.3.4.1 Darstellung des Antragstellers

In der Langzeitprognose wird dargelegt, daß eine extrusive magmatische Katastrophe in der unmittelbaren Umgebung des Endlagers vorübergehend eine direkte Verbindung bis in die Biosphäre schaffen und die Barriere in der Umgebung der Förderschloten langfristig schwächen könnte.

Unter Hinweis auf die Lage des Endlagerstandorts zu den neotektonisch aktiven Gebieten Mitteleuropas, wie z.B. der Niederrheinischen Bucht oder dem Oberrheingraben, sowie z.B. zu den quartären Vulkanausbruchstellen der Eifel, kommt der Antragsteller zu dem Schluß, daß sowohl magmatische als auch für den Raum ungewöhnlich starke tektonische Ereignisse in den nächsten  $10^5$  Jahren unwahrscheinlich seien.

Einem von DORN (1957) beschriebenen, nicht sicher belegten Basaltvorkommen bei Rolfsbüttel wird miozänes/pliozänes Alter unterstellt und somit die Möglichkeit eingeräumt, daß das geplante Endlager im Miozän im Bereich einer magmatisch aktiven Zone lag.

Bei Betrachtung der Auswirkungen einer zukünftigen Magmenintrusion in die Erdkruste im Bereich des Endlagers ist laut Plankapitel eine Anhebung der überlagernden Gesteine durch Platznahme des Magmas und infolge thermischer Ausdehnung der Dachgesteine und somit eine höhere Abtragungsrate zu erwarten. Weitere Folgen werden in einer mit der Kontaktmetamorphose einhergehenden Umgestaltung des die Intrusion umgebenden Nebengebirges zu spröderen, eher zu Bruchbildung neigenden Gesteinen gesehen.

Als Randbedingung eines hypothetischen Magmatismus im Endlagerbereich wird die vorausgehende Bildung von Tiefenbrüchen betrachtet.

Wie für den Vulkanismus wird auch für den intrusiven Magmatismus eine bevorzugte räumliche und zeitliche Bindung an die mobilen

Zonen der Erdkruste, in erster Linie an Orogene und deren unterschiedliche Tektonogenese-Stadien angenommen.

#### 2.3.4.2 Stellungnahme des NLfB

Es ist durch zahlreiche Publikationen belegt, daß die Regionen vulkanischer Tätigkeit weltweit nahezu vollständig mit plattentektonisch aktiven Zonen korreliert werden können. Die Verbreitung des in der erdgeschichtlichen Vergangenheit in Mitteleuropa aufgetretenen Vulkanismus fügt sich, ebenso wie der extrusive Magmatismus gegenwärtig aktiver Vulkan-Provinzen des Mittelmeer-Raumes, in das fundierte und allgemein akzeptierte globaltektonische Plattenmodell ein.

In der mitteleuropäischen Vulkan-Provinz trat mit der Tektonogenese der Alpen und der Entwicklung des Oberrheintal-Riftsystems (u.a. im Bereich des Hegaß und des Kaiserstuhls) nach einer vom Perm bis in die Unterkreide dauernden Phase der Ruhe Vulkanismus auf. Dieser Vulkanismus erreichte sein Aktivitätsmaximum im Tertiär (Miozän).

Am nördlichen Ende des Oberrheintal-Rifts setzten vulkanische Aktivitäten vor ca. 46 Mio. Jahren im Eozän zunächst im Gebiet der Hocheifel ein. Die jüngsten Zeugnisse dieses basaltischen Vulkanismus der westlichen Eifel und des Neuwieder Beckens sind etwa 10 000 Jahre alt. Mit dem Oberrheintal-Riftsystem strukturell eng verknüpft ist die nordwestlich daran anschließende, seit dem Pliozän und bis heute bruchtektonisch und seismisch aktive Mittel- und Niederrhein-Struktur (Niederrheinische Bucht).

Vergleichbare strukturelle Verhältnisse finden sich in streichender Verlängerung des Oberrheintal-Rifts über das Mainzer Becken hinaus in Richtung auf das nordöstlich gelegene Endlagergebiet Konrad nicht. In der Hessischen Senke setzte der tertiäre Vulkanismus vor etwa 20 Mio. Jahren im Zusammenhang mit der Entwicklung des Oberrheintal-Riftsystems ein und endete vor etwa 7 Mio. Jahren im Miozän (LIPPOLT 1983). Der Aufstieg der Magmen in der Hessi-

schen Senke ging von einem seit dem Oberen Paläozoikum tektonisch weitgehend stabilen Bereich des Erdmantels und der Erdkruste aus (SECK 1983).

Gestützt auf moderne, hochauflösende Reflexionsseismik konnte für die NNE-streichende tektonische Begrenzung des Niedersächsischen Beckens gegen das im Osten gelegene Subherzyne Becken gezeigt werden, daß es sich bei diesem Trennfugensystem um ein altes, im Perm und im Mesozoikum wirksames tektonisches Element handelt, das in keiner zeitlichen Beziehung zur Anlage des Oberrheingrabens steht und auch keinerlei Verbindung zu dem im Oberkarbon und im Rotliegend aktivem Oslograben besitzt (KOCKEL 1991).

Unter der Annahme der Existenz des Basaltvorkommens Rolfsbüttel durch den Antragsteller ist eine genetische Beziehung dieses Magmatismus zum erloschenen Vulkanismus der Hessischen Senke wahrscheinlich. Zwischen dem miozänen Vulkanismus der Hessischen Senke sowie dem fraglichen Vulkanismus im Endlagergebiet und dem Auftreten eines in Nordeuropa, vermutlich im Bereich der Shetland-Inseln angesiedelten tertiären Vulkanismus sind keine direkten Zusammenhänge erkennbar. Aufgrund der Altersstellung (im Eozän, d.h. vor etwa 54 Mio. Jahren) und der chemisch-mineralogischen Zusammensetzung seiner bis in das Skagerrak verbreiteten Auswurfprodukte konnten für den tertiären nordeuropäischen Vulkanismus genetische Beziehungen zu erheblich älteren Öffnungsstadien des Nordatlantiks hergestellt werden (KNOX & MORTON 1983, KNOX & MORTON 1988, KNOX 1989, PEDERSEN et al. 1975).

Da die Region weit entfernt ist von plattentektonisch aktiven mobilen Zonen Mitteleuropas, ist innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre nicht zu erwarten, daß hier vulkanische Ereignisse auftreten, in deren Verlauf Magmen und aus den Magmen abgespaltene heiße, chemisch aggressive, gasreiche wäßrige Lösungen zu weitgehenden Umwandlungen von Nebengesteinen führen und die Barrieren des geplanten Endlagers in der Umgebung der Förderschlote langfristig schwächen könnten.

Ein Vergleich der gemessenen Verteilung der Wärmeflußdichte im Endlagerbereich mit den in den Zonen des jungen Vulkanismus ermittelten Werten läßt plutonische Prozesse im engeren Endlagerbereich nicht erkennen (HURTIG & OELSNER 1979, CREUTZBURG 1964, HÄNEL 1983). Auch die Untersuchungen der Vitrit-Reflexion von organischen Kohlenstoffen zur Bestimmung des Inkohlungsgrades ergaben keine Hinweise auf eine durch Magmenintrusion verursachte lokale Wärmeanomalie im Untergrund des Endlagers [REDACTED 1980].

Für das Auftreten von Plutonismus seit Ende der Oberkreide gibt es auch in der weiteren Umgebung der Region Konrad keine Hinweise.

Subrezente (= jünger als  $10^4$  Jahre) und rezente plutonische Prozesse sind wegen der außerordentlich langsamen Ausbreitung der Wärmefronten um Intrusivkörper mit den Methoden der Wärmeflußmessung und der Untersuchung der Vitrit-Reflexion allerdings nicht erfaßbar. Hinweise könnten hier nur Hebungen des Endlagergebirges als Folge einer mit dem Plutonismus verbundenen mechanischen Platznahme des Magmas und der Dilatation der Deckgebirgsgesteine durch Erwärmung geben.

Da der Prozeß der diapirischen Platznahme eines Plutons in Zeiträumen abläuft, die die in der Langzeitprognose zugrundeliegenden Zeiträume von einigen  $10^5$  Jahren übertreffen, könnten sowohl Abtragung infolge verstärkter Hebung als auch Kontaktmetamorphose und Kataklyse (Bruchbildung in den Gefügen der metamorphosierten Barrieregesteine) auch für den Fall einer bedeutenden Magmenintrusion im Untergrund des geplanten Endlagers in Zukunft nur sehr langsam an Bedeutung gewinnen.

Ein Vergleich mit Aufstellungen international für endlagerrelevant erachteter, nicht regionalspezifischer natürlicher Prozesse und Ereignisse zeigt, daß der Magmatismus in seinen unterschiedlichen Erscheinungsformen allgemein für eher unwichtig gehalten wird, während der Seismotektonik in Verbindung mit möglichen Bruchbil-

dungen ein größerer Stellenwert als in der Analyse des Antragstellers eingeräumt wird (BÜRGISSER & HERRNBERGER 1981, BERTRAM-HOWERY et al. 1990, SKI 1991).

### 2.3.5 Bewertung zur geologischen Langzeitprognose

Ausgehend von den geologischen und hydrogeologischen Informationen über die Endlagerregion hat der Antragsteller im Plankapitel "Geologische Langzeitprognose" die geologischen Prozesse und Ereignisse zusammengestellt und zum Teil auch quantitativ beurteilt, die nach seiner Einschätzung die natürlichen Barrieren des Endlagers in einem Zeitrahmen von einigen  $10^5$  Jahren schwächen oder unwirksam machen könnten. Es werden mögliche Auswirkungen langsam ablaufender Prozesse der globalen Klimaveränderung, einer von Abtragung begleiteten epirogenen Hebung der Endlagerregion sowie Aspekte der zukünftigen Entwicklung der dem Endlager benachbarten Salzstrukturen betrachtet. Die Auftretenswahrscheinlichkeit intrusiv-magmatischer Prozesse und vulkanischer Ereignisse in der Endlagerregion und ihre potentiellen Effekte auf die Endlagersicherheit werden diskutiert.

Mit dem für quantifizierte Aussagen gewählten Zeitrahmen der Langzeitprognose von einigen  $10^5$  Jahren wird berücksichtigt, daß wesentliche geologische Veränderungen der Umwelt Nordwesteuropas in den letzten Jahrhunderttausenden auf Klima-Wechsel zurückzuführen sind, deren Periodizität auf astronomischen Gesetzmäßigkeiten beruht.

Nach diesen Erkenntnissen ist von einer neuerlichen bedeutenden, die Endlagerregion durch (aus der jüngeren geologischen Vergangenheit) bekannte exogene Einwirkungen verändernden Eiszeit innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre auszugehen.

Über diesen Zeitrahmen hinausgehende Prozesse und Ereignisse der exogenen Dynamik wie ein zukünftig innerhalb einiger  $10^5$  -  $10^6$  Jahre möglicher mehrfacher Wechsel von Kalt- und Warmzeiten sind nicht mit gleicher Schärfe zu fassen und daher (wie die an keine

bisher erkennbare endlagerrelevante Periodizität gebundenen endogenen geologischen Phänomene) in ihren Auswirkungen auf das geplante Endlager nur abzuschätzen.

Wir nehmen bedeutende, globale klimatische Veränderungen für die nächsten  $10^5$  Jahre als wahrscheinlich an. Es wird erwartet, daß sich die Auswirkungen der klimatischen Veränderungen auf die natürlichen Gegebenheiten ausschließlich auf höhere Abschnitte der Barriere-Gesteine der Unterkreide über dem geplanten Endlager beschränken und nicht zu einer Gefährdung der Sicherheit des Endlagers führen.

Epirogene Hebungen der Endlagerregion und damit verknüpft verstärkte Erosion werden von uns innerhalb eines Zeitrahmens von  $10^5$  Jahren nicht als Sicherheitsrisiko angesehen und dürften auch darüber hinaus nur sehr langsam an Bedeutung gewinnen.

Aus der zukünftig anzunehmenden Entwicklung der dem geplanten Endlager benachbarten Salzstrukturen und der im Untergrund des Endlagers vorkommenden Salzfolgen werden negative Einflüsse auf die Endlagersicherheit, auch über den Zeitraum der nächsten  $10^5$  Jahre hinaus, nach den bei uns vorliegenden Kenntnissen nicht abgeleitet.

Plutonische Prozesse, für die es in der Endlagerregion gegenwärtig keine Hinweise gibt, übertreffen Zeiträume von  $10^5$  Jahren bei weitem. Daher können die Auswirkungen eines zukünftig nicht völlig auszuschließenden Plutonismus auf die Endlagersicherheit nach unserer Auffassung vernachlässigt werden.

Aus der Endlagerregion sind keine tektonogenetischen Beziehungen zu den in der Gegenwart vulkanisch und neotektonisch besonders aktiven Gebieten Mitteleuropas zu erkennen, die im Raum Konrad vulkanische Aktivitäten innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre wahrscheinlich machen. Die Endlagerregion ist tektonisch weitestgehend stabil und erdbebenarm, die Wahrscheinlichkeit der Neubildung von be-

deutenden Tiefenbrüchen daher ebenfalls als äußerst gering einzustufen, wenn auch vergleichsweise größer als das Risiko des Vulkanismus.

Da sich Erdbeben überwiegend an präexistente tektonische Strukturen orientieren, sind die Kenntnis des Bewegungsalters der in der näheren Umgebung und im Endlager selber nachgewiesenen Brüche sowie die Kenntnis des Bruchverhaltens des betroffenen Gebirges für die Beurteilung der Langzeitsicherheit von Bedeutung (diese Problematik wird im Kapitel 2.2.1 dieses Textes behandelt).

Unsere Prüfung ergab, daß in der Langzeitprognose des Antragstellers alle natürlichen geologischen Prozesse und Ereignisse von allgemeiner oder regionalspezifischer Bedeutung erfaßt und diskutiert werden, die im Rahmen von einigen  $10^5$  Jahren Einfluß auf das geplante Endlager haben können.

Globale Klimaveränderungen, Hebung und Abtragung der Landoberfläche, die zukünftige Entwicklung der dem Endlager benachbarten Salzstrukturen sowie Vulkanismus und Plutonismus lassen unter Betrachtung der bisherigen geologischen Entwicklung der Standortregion für die Zukunft auch aus unserer Sicht keine für das Endlager relevanten natürlichen geologischen Prozesse und Ereignisse erkennen, die im betrachteten Zeitrahmen zu einer Gefährdung der Endlagersicherheit führen könnten.

## 2.4 Geologische Bewertung ( [REDACTED] )

In der geologischen Standortbeschreibung (s. Kap. 2.1.2, 2.1.3 u. 2.1.4 ds. Textes) sind die Gesteinsschichten vom Zechstein bis zum Quartär im Modellgebiet hinsichtlich ihrer Gliederung, Ausbildung, Mächtigkeit, Verbreitung, räumlichen Lage und tektonischen Beeinflussung dargestellt. Grundsätzlich sind alle das geplante Endlager umhüllende Gesteine geologische Barrieren. Wichtig für das Vorhaben sind vor allem die Gebirgsschichten im Liegenden und im Hangenden des zur Einlagerung der radioaktiven Abfälle vorgesehenen Wirtsgesteins Korallenoolith (Oxford), die aufgrund ihrer speziellen sedimentpetrographischen Eigenschaften besonders wirksame Barrieren darstellen. Letztere sind insbesondere Gegenstand der folgenden geologischen Bewertung.

### 2.4.1 Geologische Barriere

#### 2.4.1.1 Darstellung des Antragstellers

Im Unterkapitel 3.1.10 "Geowissenschaftliche Bewertung" des Planes Konrad 4/90 sind die folgenden Sachgebiete behandelt: 3.1.10.1 "Geologische Bewertung", 3.1.10.2 "Hydrogeologische Bewertung", 3.1.10.3 "Hydrogeologische Modelle", 3.1.10.4 "Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung", 3.1.10.5 "Gebirgsmechanische Bewertung" und 3.1.10.6 "Geologische Langzeitprognose".

Auf die Sachgebiete 3.1.10.2 bis 3.1.10.4 wird im Teil 3 (Hydrogeologie) dieses Textes eingegangen. Zur "Gebirgsmechanischen Bewertung" nimmt die niedersächsische Bergbehörde Stellung. Die "Geologische Langzeitprognose" ist im Kapitel 2.3 dieses Textes abgehandelt. Die folgende Zusammenfassung der Darstellung des Antragstellers beschränkt sich deshalb auf das Sachgebiet 3.1.10.1 "Geologische Bewertung" im Plan Konrad 4/90.

Die "Geologische Bewertung" hat der Antragsteller im Plan auf den Seiten 3.1.10.1-1 bis 3.1.10.1-7 behandelt, wobei auf die Abbildungen 3.1.10.1/1, 3.1.9.1/5, 3.1.9.1/6 und 3.1.9.2/1 sowie auf

die Anlage 3.1.9.1/1 im Plan verwiesen wird. Dabei geht der Antragsteller auf die "Geologische Barriere" und auf "Bodenschätze" (Eisenerz und Kohlenwasserstoffe) ein. Zu den Ausführungen über die Bodenschätze ist im Kapitel 2.1.5 "Rohstoffvorkommen" des vorliegenden Textes Stellung genommen worden. Somit wird hier nur auf die "Geologische Barriere" eingegangen.

Dazu führt der Antragsteller aus, daß die notwendigen Kenntnisse für die sicherheitstechnische Bewertung durch geowissenschaftliche Untersuchungen der GSF und durch die nachfolgend genannten Erkundungsprogramme erarbeitet worden sind:

- Auffahren von Strecken bis etwa zum äußeren Rand der voraussichtlichen Einlagerungsfelder,
- Abteufen der Bohrung Konrad 101 zur Untersuchung von Deckgebirge und Liegendem der Endlagerformation und
- reflexionsseismische Untersuchungen zur Erlangung weiterer Kenntnisse über die geologischen Strukturen im Bereich der Schachtanlage und ihrer Umgebung.

Zuzüglich wurden zwei Untersuchungsstrecken im Alb und Barrême zur genaueren Erkundung der Deckgebirgsbarrieren aufgefahren.

Der Antragsteller stellt dar, daß die lückenlose Verbreitung der "Barrierschichten" im Hangenden und im Liegenden der Endlagerformation durch die seismischen Messungen in Kombination mit revidierten Bohrlochprofilen alter Explorationsbohrungen über die Grenzen des Bearbeitungsgebietes hinaus nachgewiesen ist. Für die Beurteilung der Wirksamkeit der "Barriere" waren die Neugliederung der Unterkreide-Schichten und der Nachweis des Fehlens von Wealden- und Valangin-Sandsteinen im Bereich der Grube Konrad aus der Sicht des Antragstellers von großer Bedeutung. Ferner wurden die Verbreitungsgebiete von Rhät-, Hettangium-, Aalenium-, Bathonium- und Hilssandstein erfaßt.

Die Mächtigkeit der "geologischen Barriere Deckgebirge" nimmt entsprechend dem Einfallen der Endlagerformation von Osten nach Westen zu. Außerdem ist sie im Konrad-Graben generell etwa 100 m

größer als südlich vom Bleckenstedter Sprung. Die "gesamte Barriere Deckgebirge" ist über dem Ostrand der Grube etwa 750 m, im Westen etwa 1300 m mächtig. Die Mächtigkeitzunahme nach Westen ist durch Einschaltung von Schichten des höheren Malm sowie durch das Anschwellen der Mächtigkeit der Unterkreide-Schichten bedingt.

Die Überdeckung durch die Schichten der tieferen Unterkreide ist über der Grube nirgends geringer als etwa 170 m, nach Westen nimmt sie auf 270 m zu und nördlich des Bleckenstedter Sprunges auf fast 400 m. Die Überdeckung des Grubengebäudes durch die Schichten des Alb beträgt im Osten mindestens etwa 210 m und nimmt nach Westen auf maximal 300 m zu. Der Hilssandstein kommt nur über den südlichen Teilen der Grube und mit weniger als 10 m Mächtigkeit vor.

Schließlich bilden die Cenoman- und Turon-Plänerkalke über der Grube Konrad eine NW-SE-streichende "Hochlage", an deren NE- und SW-Seite Schichten der höheren Oberkreide vorkommen (Coniac/Santon). Die Mächtigkeit der Oberkreide-Schichten beträgt westlich vom Schacht Konrad 1 etwa 180 m und südlich von Salzgitter-Bleckenstedt etwa 260 m, von dort nach Südosten nimmt sie auf etwa 200 m ab und nach Südwesten auf etwa 320 m zu.

Die Mächtigkeit der Quartär-Schichten über dem Grubengebäude wechselt zwischen 1 m und 30 m, sie ist in der Rinne zwischen Leinde und Thiede sowie in Subrosionssenken über den Salzstöcken Thiede und Broistedt am größten.

Schließlich ist die "gute Qualität der Barriere Unterkreide" durch Laboruntersuchungen zur Petrographie, Geochemie, Porosität und Permeabilität sowie des Sorptionsverhaltens und der Gesteinsfestigkeiten an Kernen der Bohrung Konrad 101 nachgewiesen worden. Alle entkarbonatisierten Proben aus der Unterkreide (ohne Hilssandstein) haben nach Korngrößenanalysen einen Anteil der Fraktion kleiner 0,002 mm von mehr als 30 %, bei etwa der Hälfte der untersuchten Proben sind es mehr als 50 %. Die Gesamtkationenaustauschkapazität (KAK) beträgt im Alb (ohne Hilssandstein) generell über 20 mmol/z/100 g Probe, im Unter- und Mittelalb liegt dieser Wert über 25. Die Smektitanteile im Alb liegen mit wenigen Ausnahmen

über 20 %. Die Permeabilität der Alb-Proben (ohne Hilssandstein) ist generell kleiner als  $2 \cdot 10^{-3}$  mD, dies entspricht einem  $k_f$ -Wert von  $10^{-11}$  m/s.

Diese sedimentpetrographischen Aspekte der geologischen Barriere sind im Plan Konrad 4/90 auf S. 3.1.10.1-3 angesprochen. Die dort zusammengefaßten Aussagen zur sedimentpetrographischen Bewertung der Barriere Unterkreide beruhen vor allem auf den Erläuternden Unterlagen EU 63.3, EU 370, EU 451 und EU 452.

#### 2.4.1.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zur "Geologischen Barriere" beruht auf Daten aus den Kapiteln 2.1.2 Stratigraphie, 2.1.3 Petrographie, Mineralogie und Geochemie sowie 2.1.4 Tektonik dieses Textes.

#### Verbreitung, Lagerung und Mächtigkeit der Barrierschichten im Liegenden und im Hangenden der Einlagerungsschichten

Von den Barrierschichten im Liegenden der Endlagerformation werden hier lediglich die Dogger-Schichten angesprochen. Sie sind im Bereich des geplanten Endlagers um 200 m bis etwa 300 m mächtig. Nach Westen und nach Süden, also in Richtung auf den Salzstock Broistedt und auf den Salzgitter-Höhenzug, nimmt ihre Mächtigkeit deutlich ab, während sie nach Osten etwas ansteigt. Nördlich vom geplanten Endlager, in der östlichen Randsenke der Salzstöcke Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel, beträgt die Dogger-Mächtigkeit etwa 400-800 m, nimmt aber nach Westen und Osten ab. Am Salzstock Gifhorn erreicht sie etwa 200 m. Östlich des Verbreitungsgebietes der Endlagerformation ist der Dogger fast im gesamten Modellgebiet Konrad unter der transgredierenden Unterkreide gekappt. In der Umgebung des Salzstockes Calberlah gehen die Dogger-Schichten oberflächennah unter Quartär- und teilweise Tertiär-Schichten aus.

Die Schichten des Kimmeridge und des Tithon sind insbesondere hinsichtlich ihrer Verbreitung nur in eingeschränktem Maße als Barrierschichten im Hangenden der Endlagerformation einzustufen. In-

nerhalb der östlichen Randsenken der Salzstöcke Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel und Gifhorn ist ihr Verbreitungsgebiet schmäler als das der Einlagerungsschichten des Oxford, und sie sind stets weiter westlich als das Oxford unter der transgredierenden Unterkreide gekappt. In der Umgebung des Salzstockes Calberlah streichen die Oxford-, Kimmeridge- und Tithon-Schichten oberflächennah unter Quartär- und teilweise Tertiär-Schichten aus.

Die tonig-sandigen Schichten des Wealden und des Valangin fehlen im Grubenbereich Konrad und in einem etwa 10 km langen Gebiet östlich des Salzstockes Vechelde, das von der Grube Konrad nach Norden bis Wedtlenstedt-Bortfeld-Wendezelle reicht. Südwestlich der Grube Konrad sind die Wealden-Schichten etwa 10-40 m, die Valangin-Schichten etwa 10-35 m mächtig. An der Ostflanke des Salzstockes Broistedt liegen die Wealden-Schichten auf Gesteinen des Tithon, des Oxford, des Dogger, des Lias und des höheren Keuper (Rhät).

Im Nordteil des Modellgebietes Konrad, nördlich Wedtlenstedt-Bortfeld-Wendezelle bis nach Gifhorn, sind die Wealden-Schichten unter 10 m bis maximal etwa 280 m, die Valangin-Schichten unter 20 m bis maximal etwa 125 m mächtig. Wealden- und Valangin-Schichten liegen dort auf Gesteinen des Tithon und teilweise des Kimmeridge, Oxford und Dogger. Am Salzstock Calberlah und nordöstlich davon streichen sie stellenweise oberflächennah unter Quartär- und teilweise Tertiär-Schichten aus. Die Mächtigkeit der Wealden- und Valangin-Schichten nimmt dort generell von Westen nach Osten ab, steigt aber im Gifhorn-Calberlah-Graben auf die genannten Maximalwerte an.

Die tonigen Gesteine der Unterkreide sind die wirksamsten Barrierschichten im Hangenden der Einlagerungsschichten. Die Mächtigkeit toniger Schichten der tieferen Unterkreide (Hauterive, Barrême, Apt) nimmt im Bereich der Grube Konrad von Osten nach Westen zu, und zwar südlich des Konrad-Grabens von etwa 130 m auf über 300 m bis teilweise über 400 m, im Konrad-Graben von etwa 230 m auf über 400 m und nördlich des Konrad-Grabens von etwa 150 m auf über 300 m am Salzstock Vechelde.

Weiter im Norden erreicht die Mächtigkeit dieser Schichten östlich vom Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel etwa 300-700 m, am Nordende der Aufschiebungszone Rühme-Vordorf über 800 m sowie zwischen den Salzstöcken Calberlah und Gifhorn und im Gifhorn-Calberlah-Graben unter 100 m bis über 600 m. Nur in der Nordostecke des Modellgebietes fehlen diese Schichten. Von den Salzstöcken Broistedt-Vechelde-Wendeburg-Rolfsbüttel nach Osten greifen diese Schichten auf immer ältere Gesteine über, nämlich, soweit vorhanden, vom Valangin und Wealden, sonst vom Tithon bis zum Lias. Im Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Broistedt und Vechelde liegen sie teilweise auf dem Zechstein-Salzgebirge.

Die Mächtigkeit toniger Schichten der höheren Unterkreide (Alb) nimmt im Bereich der Grube Konrad ebenfalls von Osten nach Westen zu, und zwar südlich des Konrad-Grabens von etwa 170 m auf über 400 m, im Konrad-Graben und nördlich davon von etwa 200 m auf über 300 m.

Weiter im Norden erreicht die Mächtigkeit dieser Schichten östlich vom Salzstock Vechelde etwa 150 m bis knapp 400 m, östlich vom Salzstock Wendeburg-Rolfsbüttel um 50 m bis etwa 200 m und im Bereich der Aufschiebungszone Rühme-Vordorf bis über 200 m. Weiter im Nordosten des Modellgebietes, zwischen den Salzstöcken Gifhorn, Calberlah und Weyhausen, fehlen die Schichten des Alb. Im Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Broistedt und Vechelde liegen sie teilweise auf dem Zechstein-Salzgebirge. Auf dem Alb liegen teils "Oberkreide"-, teils "Emscher"-Schichten. Im Nordteil des Modellgebietes streichen Alb-Schichten oberflächennah relativ großflächig unter Quartär-Schichten aus.

Oberkreide-Schichten des Cenoman und Turon kommen nur im Südteil des Modellgebietes Konrad, südlich Broitzem-Denstorf, vor und sind im Grubenbereich Konrad 210-280 m mächtig. "Emscher"-Schichten (Coniac, Santon, Campan) fehlen im Grubenbereich Konrad, kommen aber südlich davon in der Umgebung des Salzgitter-Höhenzuges und nördlich davon ab Sauingen-Beddingen bis Rühme-Vordorf sowie zwi-

schen den Salzstöcken Rolfsbüttel und Gifhorn vor. Die gesamte Oberkreide ist nördlich der Grube Konrad etwa bis 300 m mächtig.

Tertiär-Schichten fehlen im Grubenbereich Konrad und kommen im Modellgebiet im wesentlichen nur über Salzstöcken vor. Quartär-Schichten sind im Grubenbereich Konrad unter 10 m bis etwa 30 m, lokal bis über 50 m mächtig. Im Nordteil des Modellgebietes erreicht die Mächtigkeit der Quartär-Schichten unter 10 m bis über 50 m; in Subrosionssenken über Salzstöcken beträgt sie bis über 100 m.

Zusammenfassend ergibt die geologische Bewertung der Verbreitung, der Mächtigkeit und der Lagerungsverhältnisse der Barrierschichten im Liegenden und im Hangenden der geplanten Einlagerungsschichten bzw. Wirtsgesteine (Korallenoolith, Oxford), daß die Dogger-Schichten die Einlagerungsschichten in ihrem gesamten Verbreitungsbereich innerhalb des Modellgebietes Konrad als Barrierschichten unterlagern. Im Hangenden der Einlagerungsschichten treten die Schichten des Kimmeridge und des Tithon nur lokal auf. Die tonigen Gesteine der Unterkreide sind die wirksamsten Barrierschichten im Hangenden der Einlagerungsschichten. Die tonigen Schichten der tieferen Unterkreide (Hauterive, Barrême, Apt) überdecken die Einlagerungsschichten sowie die Schichten des Kimmeridge und des Tithon als Barrierschichten nahezu im gesamten Modellgebiet. Lediglich im Bereich des Salzstockes Calberlah und nordöstlich davon streichen die genannten Schichten (= Dogger bis einschließlich tiefere Unterkreide) oberflächennah unter relativ geringmächtigen Quartär- und teilweise Tertiär-Schichten aus. Die tonigen Schichten der höheren Unterkreide (Alb) sind vom Grubenbereich Konrad bis zur Aufschiebungszone Rühme-Vordorf, wo Alb auf "Emscher" aufgeschoben ist, verbreitet.

#### Tektonische Trennflächen in den Barrierschichten und Stockwerksbau

Störungs- bzw. Kluftzonen, die von den Einlagerungsschichten bis zur Quartär-Basis reichen, werden von uns im Bereich des Konrad-Grabens und der Aufschiebungszone Rühme-Vordorf angenommen. Inwie-

weit diese hydrogeologisch wirksam sind, wird im Kapitel 3 (Hydrogeologie) dieses Textes im einzelnen dargelegt. Im folgenden wird aus geologischer Sicht auf diese Frage eingegangen.

Es wird immer wieder die Vermutung geäußert, daß an bzw. im Bereich von geologischen Störungen die Durchlässigkeit des Gebirges für Wasser sowie auch für Gase erhöht sei und dementsprechend entlang den Störungslinien oberflächennahes Grundwasser (Süßwasser) relativ leicht in die Grube eindringen, aber auch Tiefengrundwasser (Salzwasser) bis zur Erdoberfläche oder bis in Oberflächennähe aufsteigen würde, was im Einlagerungsfalle zu einem unkalkulierbaren Austrag von radioaktiven Stoffen in die Biosphäre führen könnte. Für diese Vermutung gibt es in der Grube Konrad keine Belege. Auch die Solquellen und Solebrunnen von Salzgitter-Bad stehen dieser Aussage nicht entgegen, weil sie weit "stromaufwärts" liegen und einer anderen hydrogeologischen Baueinheit angehören (Struktur Salzgitter-Höhenzug).

In den in der Grube Konrad aufgeschlossenen Gesteinen kam bzw. kommt das in geringem Umfang zuzitzende Salzwasser (Tiefengrundwasser) lokal aus Poren in geringmächtigen Horizonten im Unteren und Oberen Korallenoolith, meist aber aus Klüften und Störungen, wobei salzwasserführende und trockene tektonische Trennflächen oft dicht nebeneinander liegen (vgl. Kap. 2.1.2.2.2). Hierin zeigt sich die ganz offensichtlich begrenzte Vernetzung der Klüfte und Störungen und daß, wie auch durch in der Regel rasch versiegende Zuflüsse belegt ist, lediglich Standwasser aus der näheren Umgebung der Grubenbaue ausläuft und kein weiteres Tiefengrundwasser sowie vor allem kein oberflächennahes Grundwasser (Süßwasser) nachdringt.

Diese Beobachtungen belegen auch die hydraulische Trennung des Wirtsgesteins Korallenoolith vom oberflächennahen Grundwasser (Süßwasser) durch die wasserstauenden Unterkreide-Schichten. Einen durch die Grube verursachten Grundwasser-Absenkungstrichter bis zur Erdoberfläche gibt es nicht. Soweit man überhaupt von einem solchen sprechen kann, beschränkt er sich auf den Korallenoolith und allenfalls noch auf Teile des Kimmeridge. Selbst Hilssandstein-

Wasser gelangte nur durch bergtechnische Maßnahmen in die Grube (Verwendung als Brauchwasser beim Spülversatz durch Entnahme aus dem geringmächtigen Hilssandstein im Schacht Konrad 2).

Ein geologischer Beleg für das Abdichtungspotential der Unterkreide-Schichten sind schließlich die Erdölfelder im "Gifhorner Trog" (Rühme u.a.); ohne die abdichtende Funktion dieser Schichten wäre das Erdöl aus den Speichergesteinen entwichen.

Zusammenfassend ergibt sich aufgrund geologischer Beobachtungen und der bergmännischen Erfahrungen, daß im Grubenbereich Konrad keine offenen tektonischen Störungen bzw. Störungszonen vorhanden sind, die Wegsamkeiten für den Zufluß von oberflächennahem Grundwasser (Süßwasser) oder den Aufstieg von versalztem Tiefen Grundwasser bilden könnten.

Im Modellgebiet wie im Grubenbereich Konrad gibt es einen geologisch-tektonischen Stockwerksbau (s. Kap. 2.1.4.2.2), in dem relativ geringmächtige wasserleitende und relativ mächtige wasserstauende Gesteinsschichten miteinander abwechseln (s. Kap. 3.2.2). Dieser Stockwerksbau ist ein wesentliches Glied in der geologischen Argumentationskette zur Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers in der Grube Konrad. Die vorgesehenen Einlagerungsschichten (Oxford) sind im Liegenden und im Hangenden von mächtigen tonigen wasserstauenden Barrierschichten (Dogger bzw. Unterkreide) eingeschlossen.

#### Sedimentpetrographie der Barrierschichten

Zur Sedimentpetrographie der Barrierschichten enthalten die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen die wesentlichen Parameter (Korngrößenverteilung, mineralische Zusammensetzung, Gefüge, Diageneseegrad), die auch von uns für eine Beurteilung der Barriereigenschaften herangezogen werden.

Die tonigen Barrieregesteine am Standort zeigen im Vergleich zu anderen Teilen des Niedersächsischen Beckens bei jeweils gleicher stratigraphischer Position nur relativ geringe diagenetische und

thermische Einflüsse, die zu einer stärkeren Verfestigung der Gesteine geführt hätten.

Grundsätzlich sind alle das geplante Endlager umhüllenden Gesteinsschichten geologische Barrieren, die eine Ausbreitung von Schadstoffen aus diesem behindern. Besonders wirksame Barrieregesteine sind aus sedimentpetrographischer Sicht wegen ihrer hohen Smektitanteile in der Matrix, ihrer Zeolithführung, ihrem sehr hohen Feinkornanteil, ihrer geringen bis mäßigen diagenetischen Verfestigung und ihrer überwiegend als Detritus oder Mikrofossilreste vorliegenden Karbonatanteile die tonigen Sedimente des Alb (Ausnahme: Oberalb in Flammenmergelfazies) und des Oberapt.

Wegen des gegenüber diesen Schichten fehlenden Smektitanteils, der größeren Inhomogenität in der mineralischen Zusammensetzung und der etwas höheren Verfestigung sind die Barriereigenschaften der tonigen Sedimente des Unterapt, des Barrême, des Hauterive und des tonigen Valangin (= tonige Unterkreide) etwas ungünstiger. Diese Schichten gehören jedoch ebenfalls zu den besonders wirksamen Barrieregesteinen.

Die tonigen Sedimente des oberen Dogger ähneln in ihrer Ausbildung der tonigen Unterkreide, zeigen jedoch eine etwas höhere diagenetische Verfestigung. Trotz dieser Einschränkung zählen auch sie noch zu den besonders wirksamen Barrieregesteinen.

#### 2.4.2 Langzeitsicherheit

Als Aspekte der Langzeitsicherheitsbetrachtung aus geologischer Sicht werden im folgenden kurz sicherheitsrelevante Veränderungen an Gebirgsstörungen und an den Gesteinen durch zukünftige geologische Prozesse sowie die Dichtigkeit alter Tiefbohrungen angesprochen.

#### 2.4.2.1 Darstellung des Antragstellers

Die vorliegenden Antragsunterlagen (Plan Konrad 4/90 und Erläuternde Unterlagen) enthalten zahlreiche detaillierte Einzelangaben zur geologischen Bewertung der Langzeitsicherheit, die in die Gesamtbeurteilung des Einlagerungsvorhabens integriert sind. Zum Nachweis der Dichtigkeit alter Tiefbohrungen liegen uns die Erläuternden Unterlagen EU 311, EU 319, EU 397, EU 424, EU 434, EU 437, EU 449, EU 450, EU 451, EU 452, EU 454, EU 460, EU 461 und EU 464 vor.

#### 2.4.2.2 Stellungnahme des NLfB

Wir beziehen uns bei der Stellungnahme zur Langzeitsicherheit aus geologischer Sicht auf folgende Punkte:

- Langzeitänderungen in den Lagerungsverhältnissen der Gebirgsbarrieren aufgrund zukünftiger geologischer Prozesse,
- Langzeitänderungen von sedimentpetrographischen Parametern sowie
- Dichtigkeit von alten Tiefbohrungen.

Geogene Veränderungen der räumlichen Lage (epirogenetisch und/oder halokinetisch verursacht) oder der Lagebeziehung innerhalb der Gebirgsbarrieren dürften sich, soweit überhaupt eintretend, an den bestehenden und alt angelegten Störungssystemen im Modellgebiet abspielen. Ein Zusammenhang mit den in Europa bekannten seismologisch, tektonisch und vulkanisch noch im Quartär aktiven Gebieten besteht am Standort nicht; die Entstehung größerer Tiefenbrüche ist nicht anzunehmen (vgl. Kap. 2.2 und 2.3 des vorliegenden Textes).

Bewegungen und Versetzungen an den Störungssystemen im Standortbereich sind aus unserer Sicht, beruhend auf den bestehenden Kenntnissen der strukturgeologischen Entwicklungsgeschichte des Modellgebietes, in geologisch überschaubaren Zeiträumen nicht ableitbar.

Auswirkungen klimatischer Veränderungen in der Zukunft beschränken sich auf die höheren Abschnitte der Kreide-Barrieregesteine und führen nicht zu einer Gefährdung der Sicherheit des geplanten Endlagers (vgl. Kap. 2.3.1 ds. Textes).

Für petrographisch-mineralogische und geochemische Veränderungen der Gebirgsbarrieren und der Einlagerungsschichten, die zu einer sicherheitsrelevanten Umformung der Gesteine führen könnten, finden sich keine Hinweise. Nach den Ergebnissen der geologischen Langzeitprognose ist es zudem wenig wahrscheinlich, daß in der Region Konrad innerhalb der nächsten  $10^5$  Jahre magmatische Prozesse stattfinden, die zu weitgehenden Umwandlungen von Nebengesteinen führen und die Barrieren des geplanten Endlagers schwächen könnten (s. Kap. 2.3.4.2).

Folgende Nachweiskriterien zur Dichtigkeit alter Tiefbohrungen aus geologischer Sicht wurden vom Antragsteller in der Alb- und in der Barrême-Teststrecke am Schacht Konrad 2 erarbeitet:

- Sedimentationsrate von Bohrspülungen,
- Einfluß des Bohrloch-Nachfalles,
- Quellverhalten des durchbohrten Gebirges sowie
- Übertragbarkeit der in den beiden o.g. Versuchsstrecken gewonnenen Ergebnisse auf die weitere Umgebung der Grube Konrad.

Die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zum Nachweis der Dichtigkeit alter Tiefbohrungen wurden vom [REDACTED] und den zu Einzelfragen zugezogenen [REDACTED] [1992a] und [REDACTED] [1992] und von uns geprüft. Sie reichen für die Begutachtung und Bewertung aus geologischer Sicht aus. Demnach kommt es durch die Sedimentation der Bohrspülungen, durch Bohrlochnachfall und durch Quellvorgänge in den tonigen Gesteinspartien zur Selbstverfüllung der nicht speziell technisch verfüllten und der nicht oder nicht mehr verrohrten alten Bohrlöcher.

Ein Übertragen der Untersuchungsergebnisse aus der Alb- und der Barrême-Teststrecke am Schacht Konrad 2 auf die weitere Umgebung

der Schachtanlage (Modellgebiet Konrad) ist aufgrund der im Modellgebiet nachgewiesenen gleichartigen Gesteinsausbildung der tonigen Unterkreide zulässig (vgl. Kap. 2.1.3).

Zusammenfassend ergibt sich, daß aus geologischer Sicht die Gesteine im Bereich des geplanten Endlagers ein ausreichendes Isolationspotential gegenüber nicht wärmeentwickelnden radioaktiven Abfällen haben und daß somit der Nachweis der Langzeitsicherheit erbracht ist. Da nach den Langzeitprognosen die geologischen Verhältnisse im Modellgebiet über einen Zeitraum von einigen  $10^5$  Jahren stabil bleiben und sich im Hinblick auf die Isolation der Abfälle nicht ungünstig verändern werden, wird der heute vorliegende geologische Bau als Grundlage für die hydrogeologische Modellierung verwendet.

### 3 HYDROLOGIE UND HYDROGEOLOGIE

#### 3.1 Standortbeschreibung Hydrologie ( [REDACTED] )

In diesem Kapitel werden die hydrographischen Verhältnisse, der Wasserhaushalt, die Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer sowie deren wirtschaftliche Nutzung beschrieben. Die Erfassung der hydrologischen Verhältnisse ist Voraussetzung zum Verständnis der hydrogeologischen Situation, der Grundwasserverhältnisse und deren Wechselwirkung mit den oberirdischen Gewässern. Ferner dient sie der Einschätzung der Gefährdung der Schachanlage Konrad durch äußere Ereignisse wie z.B. Hochwasser. Bei der Modellierung der Grundwasserbewegung ist auch die Umsetzung der hydrologischen Verhältnisse im Modell notwendig.

##### 3.1.1 Regionaler Überblick ( [REDACTED] )

Die hydrographische Beschreibung der Region stellt die Grundlage für weitere Betrachtungen zur Hydrologie dar. Die Darstellungen des Antragstellers beschränken sich auf die nähere Standortumgebung, unsere Ausführungen beziehen Angaben über das gesamte Modellgebiet Konrad mit ein.

##### 3.1.1.1 Darstellung des Antragstellers

Der Antragsteller beschreibt im Plankapitel 3.1.9.5.1 "Abgrenzung der Abflußgebiete" ein Teilgebiet des Modellgebietes Konrad unter geomorphologischen Gesichtspunkten und gibt einen orohydrographischen Überblick. In den Plananlagen 3.1.9.5/1 und 3.1.9.5/2 werden Teileinzugsgebiete der Vorfluter Innerste, Oker, Fuhse und Aue/Erse dargestellt. Eine Beschreibung der Gewässerstruktur der Aue/Erse wird in EU 497 gegeben.

### 3.1.1.2 Stellungnahme des NLfB

Mit den o.g. Ausführungen hat der Antragsteller Beschreibungen für den südlichen Teil des Modellgebietes geliefert. Für die Beurteilung insbesondere der im Grundwasserabstrom liegenden Landschaftsräume nördlich des Mittellandkanals bis zur Allerniederung haben wir zur Vervollständigung auf vorhandene Unterlagen zurückgegriffen (topographische und hydrographische Karten, Archivunterlagen des NLfB, KOLBE 1981).

Das Modellgebiet Konrad liegt mit seinem nördlichen Teil im niedersächsischen Tiefland, der Südteil befindet sich im Berg- und Hügelland des Harzvorlandes. Die höchsten Erhebungen bilden im Südwesten der Salzgitter-Höhenzug (bis 264 m über NN) und im Südosten der Oderwald (bis 205 m über NN), der Bereich der Schachanlage Konrad weist Höhen zwischen 85 und 100 m über NN auf. Nach Norden fällt das Gebiet über eine flachwellige Bördenlandschaft bis auf 50 bis 55 m über NN (Allerniederung) ab.

Die wichtigsten Vorfluter im Modellgebiet sind Aller, Oker, Fuhse und Aue/Erse (Anl. 3.1.1/1). Im folgenden werden von Süden nach Norden zunächst die Vorfluter und Kanalsysteme der näheren Standortumgebung, dann die übrigen Vorfluter und stehenden Gewässer (Kanäle, Seen) im Modellgebiet behandelt. Überschwemmungsgebiete und die Hochwassergefährdung der Schachanlage werden im Kapitel 3.1.2 beschrieben.

Die Schachanlage Konrad liegt im Einzugsgebiet der Aue, die nördlich der Ortschaft Harvesse Erse genannt wird und über die Fuhse und die Aller zum Einzugsgebiet der Weser gehört. Die Auequelle liegt im Bereich des Betriebsgeländes der [REDACTED] bei Salzgitter-Watenstedt; der Bachlauf ist bis zur Kläranlage der [REDACTED] bei Salzgitter-Beddingen seit 1938 verrohrt. Jenseits der Unterdükerung des Zweigkanals Salzgitter erfolgt die Einleitung in das annähernd Süd-Nord-verlaufende, ursprüngliche Auebett. Die wichtigsten Zuflüsse der Aue/Erse sind Fischeaue, Steterburger Graben, Denstorfer Graben, Dumbruchgraben und Schnee-graben. Die Abgrenzungen des Einzugsgebietes bzw. ein-

zelner Teileinzugsgebiete der Aue/Erse sind in der Hydrographischen Karte Niedersachsen (NIEDERSÄCHSISCHER MINISTER FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN 1983) dargestellt.

Der ebenfalls im Bereich der Schachtanlage Konrad liegende Zweigkanal Salzgitter, der bei Bortfeld vom Mittellandkanal in südliche Richtung abzweigt und bei Salzgitter-Hallendorf endet, besitzt teilweise Vorflutfunktion, infiltriert lokal aber auch in den Untergrund. Der West-Ost-verlaufende Fuhsekanal verbindet die Einzugsgebiete der Oker und der Aue, jedoch ist der Durchfluß gering.

Die südlich der Schachtanlage Konrad verlaufende Fuhse entspringt am Westrand des Oderwaldes. Sie fließt in nordwestlicher Richtung, erhält vom Oderwald und vom Salzgitter-Höhenzug mehrere Zuflüsse (Calbechter Bach, Nordbach, Meesche, Riehe, Gebhardshagener Mühlbach, Ahrbeek etc.) und verläßt nach weiteren Zuflüssen von Schölkebach, Brunnenriede, Krähenriede und Mühlgraben das Modellgebiet im Raum Salzgitter-Lebenstedt. Zwischen Salder und Heerte befindet sich ein ausgewiesenes Überschwemmungsgebiet. Im weiteren, zunächst generell nach Nordwesten gerichteten Verlauf tritt zwischen Uetze und Eltze die Erse zu. In Celle mündet die Fuhse in die Aller.

Die Oker, deren Quelle im Harz liegt, fließt bis Braunschweig in nördlicher Richtung an der Ostgrenze des Modellgebietes entlang, ändert ihre Richtung dann, um nach Nordwesten das Modellgebiet zu durchfließen und verläßt es schließlich bei Didderse. Bei Müden mündet sie in die Aller. Zuläufe im betrachteten Raum erfährt die Oker u.a. durch die Schunter zwischen Groß-Schwülper und Walle, ferner durch den Brückenbach in Groß Stöckheim, den Thiedebach bei Leiferde und den Bickgraben in Groß-Schwülper.

Die Allerniederung bildet den Nordrand des Modellgebietes. Die in Ost-West-Richtung verlaufende Aller entspringt in der Magdeburger Börde; kleinere Zuflüsse innerhalb des Modellgebietes sind der Barnbruchsgraben aus dem Clausmoor östlich Gifhorn und der westlich Osloß fließende Zuckergraben.

Der Mittellandkanal verläuft in der Mitte des Modellgebietes in West-Ost-Richtung, knickt in Braunschweig nach Nordosten ab, nimmt bei Calberlah wieder eine östliche Richtung ein und verläßt das Modellgebiet zwischen Edesbüttel und Allerbüttel. Südlich Calberlah zweigt der Elbe-Seitenkanal in annähernd nördlicher Richtung ab.

Der Aue-Oker-Kanal verbindet die Aue am Mittellandkanal-Düker mit der Oker südlich der Ortschaft Walle.

Der Allerkanal verläuft südlich Gifhorn in Ost-West-Richtung und verbindet die Aller zwischen Brenneckenbrück und Weyhausen. Zuflüsse sind die Hehlenriede südwestlich Gifhorn, die ihrerseits durch die Mühlenriede/ Vollbütteler Riede, Edesbütteler Riede, Gravenhorster Riede (Rischmühlenriede) und Ausbütteler Riede gespeist wird, ferner die Mühlenriede und der Alte Mühlgraben am Tankumsee.

Größere ( $> ca. 0,1 km^2$ ) Seen innerhalb des Modellgebietes sind der Reihersee am Salzgitter-Höhenzug, der Klärteich III bei Salzgitter-Gebhardshagen, der Hasselkampsee am Zweigkanal Salzgitter nordwestlich Sonnenberg, das Rückhaltebecken und der Ellernbruchsee (beide am Zweigkanal Salzgitter bei Groß Gleidingen gelegen), der Südsee und der Ölpersee an der Oker in Braunschweig und der Tankumsee am Elbe-Seitenkanal südöstlich Gifhorn.

### 3.1.2 Wasserhaushalt (                      )

Der Wasserhaushalt wird durch die Parameter Niederschlag, Verdunstung und Abfluß bestimmt. Sie dienen u.a. als Grundlage zur Berechnung von Grundwasserneubildungsraten.

#### 3.1.2.1 Darstellung des Antragstellers

Der Antragsteller macht in den Kapiteln 3.1.4 "Boden- und Wassernutzung", 3.1.7 "Meteorologische Verhältnisse" und 3.1.9.5 "Hydro-

logie und Wasserwirtschaft" des Planes 4/90 Aussagen zum Wasserhaushalt. In Kapitel 3.1.9.5.1 "Abgrenzung der Abflußgebiete" (S. 3.1.9.5-2) wird die Wasserbilanz der Aue behandelt. Im Kapitel 3.1.9.5.2 "Abflußverhältnisse" erfolgt eine Darstellung der Ergebnisse der Pegelmessungen an Aue und Fuhse, eine Wasserbilanzierung des Zweigkanals Salzgitter sowie eine Aussage über die Hochwassergefährdung im Bereich der Aue. Abflußmengen von Aue/Erse und Aller sowie der Einfluß des Überschwemmungsgebietes der Aue nördlich Vechelde sind in Kapitel 3.4.7.2 "Abgabe radioaktiver Stoffe mit den Abwässern und potentielle Strahlenexposition in der Umgebung" erwähnt (S. 3.4.7-11 bis 3.4.7-13). Kapitel 3.1.9.5.3 "Grundwasserneubildung" enthält Angaben über die Böden (s.a. Kap. 3.1.4, S. 3.1.4-1 u. 3.1.4-2) und Klimafaktoren (s.a. Kap. 3.1.7) und daraus folgernd zur Neubildung von Grundwasser im Raum Konrad.

In der Abbildung 3.1.9.5/1 (S. 3.1.9.5-11) des Planes 4/90 sind monatliche mittlere Abflußraten (MOMQ) der letzten Jahre für den Pegel Heerte in der Fuhse (durchschnittlich  $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$ ), den Aue-Pegel Vechelde (durchschnittlich  $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und den Pegel am Auslauf des Rückhaltebeckens der [REDACTED] bei Salzgitter-Üfingen (durchschnittlich  $0,48 \text{ m}^3/\text{s}$ ) dargestellt. Während in der Fuhse ca. 70 % des Jahresabflusses in den Wintermonaten erfolgt, weisen die Pegelstände der stark anthropogen beeinflussten Aue nur geringe Unterschiede zwischen Winter- und Sommerhalbjahr auf.

Die Wasserbilanz des Zweigkanals Salzgitter ergibt für die Schleusenhaltung 1 zwischen Salzgitter-Hallendorf und der Schleuse Salzgitter-Üfingen eine mittlere Versickerungsrate von  $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ , für die Schleusenhaltung 2 zwischen den Schleusen Salzgitter-Üfingen und Wedtlenstedt eine mittlere Zulauftrate aus dem Grundwasser von  $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Abflüsse der Aue bis zu  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  werden bei Salzgitter-Üfingen an einem Wehr durch die Klär- und Rückhaltebecken der [REDACTED] umgeleitet. Für die Abschätzung der Hochwassergefährdung des Oberlaufes der Aue sind insbesondere die vom Werk Salzgitter der [REDACTED] verursachten Abflüsse ( $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einem mittleren Gesamtabfluß von  $0,54 \text{ m}^3/\text{s}$ ) von Bedeutung. Bei dem derzeitigen

gen Vorfluterprofil (zulässige Abflußrate 8,7 m<sup>3</sup>/s) ist eine Hochwassergefährdung mit Rückstau bis zu den übertägigen Anlagen des Endlagers nicht gegeben. Ein nördlich Vechelde gelegenes Feuchtgebiet stellt durch die künstliche Beeinflussung des Abflußverhaltens der Aue keine überschwemmbar Fläche dar, da eine Ausuferung der Aue erst bei einer Wasserführung von 20 m<sup>3</sup>/s auftreten kann.

Die angegebene geringe Grundwasserneubildungsrate wird auf "geringe" Niederschläge um 600 mm/a (s.a. Plan 4/90, Tab. 3.1.7/4) und auf die hohe Feldkapazität der Lößböden zurückgeführt. Aus den Lößböden (z.T. Sandlößböden) haben sich hauptsächlich Parabraunerden und Pseudogley-Parabraunerden entwickelt. Im Standortbereich wird rund 75 % der Fläche landwirtschaftlich genutzt, die Grundwasserneubildungsrate liegt hier je nach Jahresniederschlag zwischen 90 und 130 mm/a. Für Siedlungsgebiete gelten um 20 % bis 90 % geringere Werte. Infolge hoher Evapotranspiration bzw. des hohen Direktabflußanteils ergeben sich für die bergige Region südlich des Standortbereiches niedrige Werte der Grundwasserneubildung, ebenso für Standorte mit Waldbedeckung (40 mm/a - 70 mm/a) und in Talauen (0 mm/a - 30 mm/a).

Der Antragsteller hat neben den hier aufgeführten Aussagen aus dem Plan 4/90 in den Erläuternden Unterlagen EU 15.1, EU 15.2, EU 18.1, EU 19, EU 25.1, EU 29, EU 146, EU 155, EU 212 und EU 472 Beiträge zum Wasserhaushalt geliefert, die im folgenden Kapitel 3.1.2.2 mit behandelt werden.

#### 3.1.2.2 Stellungnahme des NLfB

Die Angaben zum Niederschlag beruhen auf Daten der Wetterstationen Braunschweig-Völkenrode, Kläranlage Beddingen, Salzgitter-Flachstökheim, Salzgitter-Lichtenberg, Salzgitter-Ringelheim, Salzgitter-Watenstedt, Schachanlage Konrad und Vallstedt. Nach [1984] beträgt der mittlere Niederschlag im Untersuchungsgebiet 575 bis 650 mm/a, im Salzgitter-Höhenzug mehr als 650 mm/a. Für das Einzugsgebiet der Aue bis zum Pegel Wendeburg (109 km<sup>2</sup>)

wird ein mittlerer Jahresniederschlag von 620 mm angegeben (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE 1992a).

Angaben zur potentiellen Verdunstung beruhen auf Daten der Wetterstation Braunschweig des Deutschen Wetterdienstes. Nach BUSCH (1983) entspricht im Standortraum Konrad die Evapotranspirationsrate in etwa der Niederschlagsrate. In EU 18.1 wird das Jahresmittel der Jahre 1957 bis 1984 der potentiellen Verdunstung mit 558 mm angegeben.

Daten zum Abfluß im Modellgebiet Konrad und dessen Umgebung wurden an den Meßpegeln Heerte und Peine in der Fuhse, den Aue-Pegeln am Rückhaltebecken Salzgitter-Üfingen, in Vechelde, in Wendeburg und in Eltze, den Oker-Pegeln Ohrum und Groß-Schwülper, dem Schunter-Pegel Harxbüttel sowie den Pegeln Grafhorst, Brenneckenbrück und Celle in der Aller ermittelt. Quellen und ihre Schüttungsmengen im Salzgitter-Höhenzug werden in der EU 212 beschrieben. Für das Aue-Einzugsgebiet bis zum Pegel Wendeburg wird ein mittlerer Jahresabfluß von 208 mm angegeben (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE 1992a).

Eine Wasserbilanz des Zweigkanals Salzgitter mit Berücksichtigung der Parameter Regenzufluß, Wasserablauf bzw. -zulauf durch Haltung der Schleusenkammern, Differenz zwischen Beregnung und Verdunstung der Kanaloberfläche, Versickerung und Zuflüsse durch Fuhsekanal sowie Lammer Graben mit den dazugehörigen Einzugsgebieten wird in der EU 25.1 aufgestellt.

In den Erläuternden Unterlagen EU 19 und EU 29 werden die in die Vorfluter abgegebenen Wassermengen quantifiziert, um die natürlichen Anteile der Wasserführung zu erkennen; es sind ferner Angaben zur Wasserhaltung der Aue enthalten.

Daten zur Grundwasserneubildung werden als entsprechende Wassermengen bei den Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit (s. Kap. 3.4) berücksichtigt.

Eine Bilanzierung des Wasserhaushaltes mit einer für das Modellgebiet Konrad flächendeckenden Ermittlung der Eingangsgrößen Niederschlag, Verdunstung und Abfluß und einer folgenden differenzierten Ermittlung von Grundwasserneubildungsraten erfolgte durch den Antragsteller nicht. Im Hinblick auf die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers war dies auch nicht notwendig. Die entsprechenden Eingangsdaten, die für die Modellrechnungen (Kap. 3.4) verwendet wurden, sind hierfür ausreichend.

Nördlich Vechelde befindet sich ein Überschwemmungsgebiet der Aue. Die Ausweisung als Überschwemmungsgebiet erfolgte vor dem Bau der Regenrückhaltebecken bei Salzgitter-Üfingen. Eine Ausuferung der Aue tritt erst bei einer Wasserführung von  $>5 \text{ m}^3/\text{s}$  ein, wobei das 100-jährige Abflußereignis  $HQ_{100}$  in Vechelde bei ca.  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ , in Höhe des Mittellandkanals bei ca.  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  liegt. Diese Angaben weichen zwar von denen des Antragstellers (s. Kap. 3.1.2.1) ab, sind aber für das Vorhaben aus Langzeitsicherheitsaspekten ohne Bedeutung.

Eine Hochwassergefährdung der übertägigen Anlagen der Schachtanlage Konrad durch Rückstau im Vorfluter ist aufgrund der Höhendifferenz zwischen den Schächten und der Aue bzw. dem Zweigkanal Salzgitter nicht gegeben. Insofern stimmen wir mit den Aussagen des Antragstellers überein.

### 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. Aus diesen Daten lassen sich, sofern die Wässer nicht oder nur geringfügig anthropogen belastet sind, auch Rückschlüsse auf ihre Herkunft und Genese ziehen. Die Konzentrationen radioaktiver Stoffe in den oberirdischen Gewässern werden vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt betrachtet.

### 3.1.3.1 Darstellung des Antragstellers

Vom Antragsteller wurden zur Wasserbeschaffenheit der oberirdischen Gewässer im Untersuchungsgebiet die EU 495, EU 496 und EU 497 vorgelegt. Demnach weisen der Zweigkanal Salzgitter sowie der Abschnitt der Aue zwischen Üfingen und der Bahnlinie Hildesheim - Braunschweig eine mittlere Wasserqualität (Gewässergüte II bis III) auf. Alle anderen Abschnitte der Aue, sowie der Lahmanngraben und der Zulaufgraben zeigen eine geringe Qualität. Ebenfalls von geringer Qualität sind die Klärteiche der Kläranlagen sowie die Klär- und Regenrückhaltebecken im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes.

Außerdem enthält der Plan 4/90 (Kap. 3.1.8) Angaben zur Konzentration radioaktiver Stoffe in oberirdischen Gewässern. Sie werden vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt bewertet.

### 3.1.3.2 Stellungnahme des NlfB

Unsere Beschreibung und Bewertung der Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer erfolgen aufgrund der Unterlagen des Antragstellers und unter Zuhilfenahme von Angaben aus Berichten des NlfB (Archivunterlagen), des NIEDERSÄCHSISCHEN MINISTERS FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1985), des NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1985, 1986, 1987, 1988), des NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR WASSER UND ABFALL (1989, 1990, 1991a, 1991b) und des NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR ÖKOLOGIE (1992b).

Weiterhin wird der "Geochemische Atlas der Bundesrepublik Deutschland" (FAUTH et al. 1985) verwendet, in dem die Analysenergebnisse von Wasserproben auch graphisch dargestellt werden.

Aus dem Untersuchungsgebiet liegen in den Berichten der o.g. Ministerien physikalische, chemische und biochemische Befunde für Fließgewässer, Kanäle sowie für den Salzgittersee vor, aus denen die derzeitige 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. Kationengehalte (Na, K, Mg und Ca) wurden nur in geringem Umfang analysiert. Anhand der verfügbaren Daten zur chemischen Zusammensetzung und zu den physikalischen Eigenschaften ergeben sich für die oberirdischen Gewässer die folgenden durchschnittlichen Belastungswerte:

- Nitratkonzentrationen : 0 mg/l bis 40 mg/l,
- Sulfatkonzentrationen : 40 mg/l bis 300 mg/l,
- Chloridkonzentrationen: 30 mg/l bis 300 mg/l,
- pH-Wert : 7 bis 8,
- Leitfähigkeit : 800  $\mu$ S/cm bis 1900  $\mu$ S/cm.

Aller, Fuhse, Mittellandkanal, Aue und Erse weisen im Untersuchungsgebiet hohe Chloridkonzentrationen (Spitzenwerte bis 2000 mg/l) auf. Ab Höhe Bortfeld sind die Gewässerabschnitte der Aue/Erse noch zusätzlich übermäßig durch organische sauerstoffzehrende Abwässer verschmutzt. Sie sind stark toxisch belastet und biologisch verödet (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL 1991b).

Die Oker ist gegenüber den anderen Gewässern (Aller, Aue, Fuhse und Schunter) höher mit Schwermetallen belastet, die vorwiegend auf den alten Hütten- und Bergbaubetrieb im Harzgebiet zurückzuführen sind.

Die Streubreite der chemischen Daten der oberirdischen Gewässer ist einerseits auf die wechselnden geologischen Verhältnisse und andererseits auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen. Das Spektrum der chemischen Inhaltsstoffe der oberirdischen Gewässer in diesem Gebiet unterscheidet sich nicht grundlegend von den oberflächennahen Grundwässern (vgl. Kap. 3.2.4).

#### 3.1.4 Wasserbewirtschaftung ( [REDACTED] )

Unter Wasserbewirtschaftung wird hier die wirtschaftliche Nutzung von Fließgewässern, Kanälen und Seen durch Schifffahrt, Landwirt-

schaft, Fischereiwirtschaft, zur Energiegewinnung, Naherholung und Abwasserbeseitigung verstanden. Wasserhaltungsmaßnahmen werden im Kapitel 3.1.2 (Wasserhaushalt) behandelt.

#### 3.1.4.1 Darstellung des Antragstellers

Der Antragsteller macht im Plankapitel 3.1.4 "Boden- und Wassernutzung" Angaben zur Fischerei (Plan 4/90 S. 3.1.4-3: Jagd und Fischerei) und zur Naherholung (S. 3.1.4-3 bis 3.1.4-4: Natur- und Landschaftsschutz, Anl. 3.1.4/1). Im Plankapitel 3.1.6 "Verkehrswesen" (S. 3.1.6-5) werden die Wasserstraßen im "Standortraum" behandelt.

Der Standortbereich ist über den Zweigkanal Salzgitter an den Mittellandkanal und damit auch an den Elbe-Seitenkanal angeschlossen. Richtung Elbe sind die Kanäle für die Tragfähigkeit von Europaschiffen (1 350 t) ausgebaut, nach Westen ist ein solcher Ausbau vorgesehen. Am Zweigkanal Salzgitter befinden sich die Häfen Bedingungen (bei Salzgitter-Beddingen) und Salzgitter (südlich der Schachtanlage Konrad).

Bezüglich der Fischereiwirtschaft weist der Antragsteller auf Fischereirechte am Zweigkanal Salzgitter hin.

Die Kiesteiche nördlich von Drütte und der ehemalige Tagebau bei Vallstedt werden als für den Naturschutz wertvolle Bereiche mit landesweiter Bedeutung angesehen. Der Ellernbruchsee und die Aueniederung von Salzgitter-Bleckenstedt bis zum Rückhaltebecken bei Groß Gleidingen sind als für den Naturschutz wertvolle Bereiche von regionaler Bedeutung einzuordnen.

Die Lengeder Teiche sind als Naturschutzgebiet (NSG BR44), das Sonnenberger Holz und Wierther Holz in der Aueniederung (LSG PE33) sowie der Aue-Dumbruchgraben und Pferdekoppel/Wüstung Glinde (LSG PE42) als Landschaftsschutzgebiete ausgewiesen. Das Feuchtgebiet Dummes Bruch nordöstlich Salzgitter-Lebenstedt ist als Landschaftsschutzgebiet in der Planung.

#### 3.1.4.2 Stellungnahme des NLFb

Die Aussagen des Antragstellers zur wirtschaftlichen Nutzung der oberirdischen Gewässer beschränken sich im wesentlichen auf die nähere Standortumgebung. Auf Ergänzungen für das gesamte Modellgebiet Konrad und weitere Teilaspekte der Wasserbewirtschaftung wird von uns im folgenden hingewiesen.

Die oberirdischen Gewässer im Modellgebiet Konrad werden wirtschaftlich in nennenswertem Umfang nur durch Schifffahrt und zur Naherholung genutzt.

Die früher für den Eisenerzbergbau wichtigen Klärteiche im Raum Salzgitter-Lebenstedt und -Gebhardshagen (Anl. 3.1.1/1) sind heute für die Naherholung und teilweise für den Naturschutz von Bedeutung.

Der Zweigkanal Salzgitter mit den Häfen Beddingen und Salzgitter, der Mittellandkanal mit dem Hafen Braunschweig, dem Hafen bei Thüne und dem Hafen nördlich Abbesbüttel sowie der Elbe-Seitenkanal stellen den Anschluß zum nationalen und internationalen Wasserstraßennetz her. Schleusenbauwerke befinden sich im Zweigkanal Salzgitter bei Wedtlenstedt und nördlich Üfingen. Die Schleuse Sülfeld im Mittellandkanal liegt östlich außerhalb des Modellgebietes Konrad.

Einen wichtigen Faktor im Rahmen der Naherholung stellen vor allem die Seen an der Oker in der Stadt Braunschweig und das Erholungsgebiet Tankumsee am Elbe-Seitenkanal östlich Gifhorn dar.

Im Modellgebiet sind zahlreiche Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie für den Naturschutz wertvolle Bereiche ausgewiesen. Neben den im Plan 4/90 für den näheren Standortbereich aufgeführten Gebieten (Kap. 3.1.4.1) sind folgende Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie Naturdenkmale, die mit Gewässern in Beziehung stehen, von Bedeutung:

Naturschutzgebiete:

NSG BR 61 Klärteich III bei Salzgitter-Heerte  
NSG BR 75 Barnbruch (in der Allerniederung)

Landschaftsschutzgebiete:

LSG BS 1 Okertalaue (in Braunschweig)  
LSG PE 40 Erse-Aue (bei Harvesse)  
LSG PE 7 Okeraue und angrenzende Landschaftsteile (bei Groß-  
Schwülper)  
LSG GF 9 Okertal (bei Diddlese)  
LSG GF 5 Allertal-Barnbruch (östlich Gifhorn)

Naturdenkmale:

ND BS 22 Fuhsekanal (zwischen Stiddien und Broitzem)  
ND BS 14 Raffteich (nordwestlich Braunschweig-Weststadt)

Im weiteren Verlauf der Erse außerhalb des Modellgebietes bis zur Mündung in die Fuhse befinden sich folgende naturrechtlich geschützten Bereiche:

- LSG PE 13 Erseaue
- LSG H 47 Ersetal
- ND H 119 Dorfteich mit 7 Stieleichen (Uetze-Eltze)
- LSG H 15 Schilfbruch

Eine Nutzung der oberirdischen Gewässer durch die Landwirtschaft (Bewässerung, Viehtränke) erfolgt nur in eingeschränktem Maße; hier wird der Wasserbedarf hauptsächlich aus dem oberflächennahen Grundwasser (s. Kap. 3.2.7) gedeckt.

Fischereiwirtschaft wird im Untersuchungsgebiet nicht in nennenswertem Umfang betrieben; es sind nur einige kleinere Fischteiche vorhanden. In der Aue findet z.Z. auch aufgrund der schlechten Wasserqualität (s. Kap. 3.1.3) keine fischereiwirtschaftliche Nutzung statt.

Östlich Wendeburg werden auf Rieselfeldern Abwässer der Stadt Braunschweig entsorgt.

### 3.1.5 Bewertung zur Standortbeschreibung Hydrologie

( [REDACTED] )

Die Darstellung der hydrologischen Verhältnisse im Modellgebiet Konrad ist Grundlage für Betrachtungen zur Hydrogeologie (Kap. 3.2). Darüber hinaus werden Wechselwirkungen zwischen oberirdischen Gewässern und dem Grundwasser erfaßt.

Die hydrographische Beschreibung der Region erfolgt seitens des Antragstellers nur für die nähere Standortumgebung. Unsere Ausführungen beziehen sich auf das gesamte Modellgebiet Konrad. Ergänzende Beschreibungen erfolgen insbesondere für dessen nördlichen Teil.

Der Wasserhaushalt in der Region wird durch die Parameter Niederschlag, Verdunstung und Abfluß beschrieben. Daraus können u.a. Grundwasserneubildungsraten abgeleitet werden. Der Antragsteller hat die erhobenen Daten aufgelistet und Raten der Grundwasserneubildung abgeschätzt. Die Angaben des Antragstellers werden von uns als ausreichend für das Vorhaben bewertet. Darüber hinaus haben wir ergänzende Betrachtungen insbesondere in bezug auf die Abflusssituation im Modellgebiet, auf den Überschwemmungsbereich der Aue und auf die Hochwassergefährdung der Schachanlage Konrad angestellt.

Aus der Beschaffenheit der oberirdischen Gewässer sind deren Ausbildung und Vorbelastung erkennbar und es können bei nicht oder nur gering anthropogen belasteten Wässern Rückschlüsse auf ihre Herkunft und Genese gezogen werden. Der Antragsteller hat in seinen Unterlagen die Wasserbeschaffenheit von Aue/Erse, Zweigkanal Salzgitter, Lahmanngraben und von einigen Klärteichen dargestellt. Unsere umfassenderen Betrachtungen zu den konventionellen Schadstoffen ergaben, daß aufgrund der zahlreichen Verunreinigungen in den Wässern durch Bergbau, Industrie und Landwirtschaft sinnvolle Aussagen zur Herkunft und Genese der oberirdischen Gewässer nicht möglich sind.

Die Wasserbewirtschaftung beinhaltet die wirtschaftliche Nutzung der oberirdischen Gewässer durch Schifffahrt, Landwirtschaft, Fischereiwirtschaft, zur Energiegewinnung, Naherholung und Abwasserbeseitigung. Der Antragsteller liefert nur für den näheren Standortraum und Teilaspekte der Wasserbewirtschaftung Beschreibungen. Unsere Ausführungen beziehen sich auf das gesamte Modellgebiet Konrad. Auf vom Antragsteller nicht behandelte Teilaspekte der Wasserbewirtschaftung wird von uns hingewiesen.

Unsere ausführlichen und großräumigen Betrachtungen zur Hydrologie führten zu einem Informationsstand, der es uns ermöglichte, die Antragstellerangaben in bezug auf das Vorhaben bewerten zu können. Es zeigte sich, daß die oberirdischen Gewässer in Wechselwirkung mit dem oberflächennahen Grundwassersystem im Hinblick auf ihren Wasser- und Stoffumsatz gegenüber dem Tiefengrundwassersystem (Kap. 3.2.4 u. 3.2.6) ein weitgehend eigenständiges Regime darstellen. Aufgrund dieser Tatsache und auf der Basis des uns zur Verfügung stehenden Kenntnisstandes werden die Angaben des Antragstellers zur Hydrologie als ausreichend bewertet.

Die in diesem Kapitel behandelten hydrologischen Daten gehen nicht direkt als Eingabeparameter in die Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung (Kap. 3.4) ein. Vielmehr wird die großräumige hydrologische Situation bei der Festlegung von Randbedingungen für diese Rechnungen berücksichtigt.

### 3.2 Standortbeschreibung Hydrogeologie ( [REDACTED] )

Der Transport von Radionukliden in der Nachbetriebsphase erfolgt mit dem Grundwasser. Die Beschreibung dieser Transportvorgänge setzt die Kenntnis der Grundwasserbewegung voraus. Diese wird durch den hydrogeologischen Bau des Gebirges (Lage, Verbreitung, Mächtigkeit und strukturelle Zusammenhänge der Grundwasserleiter sowie der gering oder sehr gering durchlässigen Trennschichten) und seiner hydraulischen Eigenschaften (im wesentlichen durch die Durchlässigkeit, den Hohlraumanteil und die Grundwasserpotentiale der hydrogeologischen Einheiten) bestimmt. Darüber hinaus läßt auch die Wasserbeschaffenheit Rückschlüsse auf die Grundwasserbewegung zu. Die Rückhalteeigenschaften des Gebirges (z.B. durch Sorption) beeinflussen dabei die Transportvorgänge für Radionuklide. Daten zur Nutzung des Grundwassers ergänzen die hydrogeologische Standortbeschreibung.

#### 3.2.1 Regionaler Überblick ( [REDACTED] )

Großräumige, regionale Betrachtungen zur Hydrogeologie ermöglichen eine Eingrenzung des für den Standort relevanten Grundwasserfließsystems. Um die möglichen Auswirkungen einer Radionuklidausbreitung in der Nachbetriebsphase des Endlagers quantitativ belegen zu können, ergibt sich die Notwendigkeit einer Erfassung und Eingrenzung der Fließsysteme. Nur so kann der Grundwasserabstrom über die Festlegung von Randbedingungen (Grundwassereinzugsgebiete, Ein- und Ausstromgebiete) als Eingangsgrößen für Grundwasserströmungsmodelle definiert werden.

##### 3.2.1.1 Darstellung des Antragstellers

Eine Übersicht zur regionalen Verbreitung von hydrogeologischen Einheiten, zum hydrogeologischen Aufbau des Gebirges (Stockwerksbau) und zum hydraulischen System wird im Kapitel 3.1.9.6 des Planes 4/90 gegeben. Der hydrogeologische Bau des tiefen Untergrundes wurde zunächst in einer relativ großen Region untersucht,

um das für die Porenwasserbewegung maßgebliche Gebiet einzugrenzen. EU 247 erläutert die Vorgehensweise und Überlegungen des Antragstellers, die zu einer Eingrenzung auf das Modellgebiet Konrad geführt haben. Eine Beschreibung des vom Antragsteller definierten Modellgebietes findet sich im Kapitel 3.4.1.

### 3.2.1.2 Stellungnahme des NLfB

Die jüngsten Schichten in der Region bilden unterschiedlich mächtige quartäre und lokal verbreitete tertiäre Lockerablagerungen. Diese werden von einer Serie sehr mächtiger Festgesteinsschichten des Mesozoikum unterlagert. Gesteine mit gutem Wasserleitvermögen und schwerdurchlässige Schichten wechseln dabei miteinander ab.

Die tieferen Grundwasserleiter treten in strukturellen Hochlagen und in Sattelstrukturen mit Triasaufbrüchen in den Sattelkernen zutage und bilden markante Erhebungen (Lichtenberger/Salzgitter-Höhenzug, Harli, Asse und Elm). Sie stellen mögliche Einstromgebiete in die tieferen Grundwasserleiter dar.

Das großräumige Aquifersystem ist zur Tiefe hin durch das nahezu wasserundurchlässige Salzgestein des Zechstein begrenzt. Die Akkumulation des Zechsteinsalinars in Salzaufstiegszonen führte im Standortbereich zur Bildung von überwiegend N-S-streichenden Salzstöcken und -mauern, die die Richtung eines möglichen Grundwasserabstroms mitbestimmen. Das für die Grundwasserbewegung maßgebliche Gebiet konnte deshalb einen Einstrom über Harli, Asse und Elm ausschließen.

Der Stockwerksbau des Gebirges, das Potential des Grundwassers in den Höhenzügen und die hydraulischen Eigenschaften der Gesteine bestimmen das hydraulische Regime der Region.

Das Grundwasser ist - abgesehen von oberflächennahen süßwassererfüllten Schichten - mit zunehmender Tiefenlage der wasserführenden Einheiten stärker mineralisiert.

### 3.2.2 Hydrogeologischer Bau ( [REDACTED] )

Die vom Antragsteller vorgenommene Eingrenzung des regionalen Untersuchungsgebietes auf das Modellgebiet Konrad halten wir für schlüssig, eine entsprechende Betrachtung unsererseits kommt zu dem gleichen Ergebnis (s. auch Kap. 3.4.2). Kenntnisse über die räumliche Lage und Verbreitung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen hydrogeologischen Einheiten und deren strukturelle Zusammenhänge ermöglichen eine hydrogeologische Einschätzung der Eignung des Standortes für ein Endlager für radioaktive Abfälle und sind Bestandteil beim Aufbau von Grundwasserströmungsmodellen.

#### 3.2.2.1 Darstellung des Antragstellers

Der Antragsteller liefert im Plan 4/90 (Kap. 3.1.9.6.2 bis 3.1.9.6.4) und in folgenden Erläuternden Unterlagen Angaben zum hydrogeologischen Bau des Gebirges:

EU 28.3, EU 30.1, EU 42.2, EU 55, EU 63.3, EU 112.2, EU 135.2, EU 146, EU 178, EU 197, EU 232, EU 247, EU 257, EU 338, EU 424, EU 454, EU 460.

Aufbauend auf Ergebnissen von Bohrungen und der seismischen Erkundung wird ein Überblick zum hydrogeologischen Bau des Gebirges vom Zechstein bis zu den Schichten des Quartär gegeben. In Verbreitungskarten (Plan 4/90, Anl. 3.1.9.6/1 bis 3.1.9.6/3) sowie in Tiefenlinienplänen und Schnitten (Plan 4/90, EU 55, EU 197, Archiv-Unterlagen des NLFb) ist die Lage hydrogeologischer Einheiten dargestellt. Für folgende Einheiten liegen Tiefenlinienpläne der Basisflächen vor:

#### 1) Gebiet zwischen Salzgitter-Höhenzug und Mittellandkanal (Südteil des Untersuchungsgebietes)

- Oberer Muschelkalk (EU 197)
- Oberer Keuper (Rhät) (EU 197)
- Cornbrash-Sandstein (EU 197)

- Oxford (EU 197)
- Kimmeridge und Portland (EU 197)
- Unterkreide (Wealden - Apt) (EU 197)
- Hilssandstein (EU 197)
- Alb (EU 197)
- Oberkreide (EU 197)
- Emscher-Mergel (EU 197)

2) Gebiet zwischen Mittellandkanal und Gifhorn  
(Nordteil des Untersuchungsgebietes)

- Keuper (EU 197)
- Lias (EU 197)
- Cornbrash-Sandstein (EU 197)
- Oxford (EU 197)
- Kimmeridge und Portland (Archivunterlagen des NLfB)
- Unterkreide (Valangin - Apt) (EU 197)
- Alb (EU 197)
- Oberkreide (Emscher-Mergel) (EU 197)
- Tertiär (EU 55)
- Quartär (EU 55)

3) Nahbereich der Grube Konrad [████████ 1985]

- Zechstein
- Unterer und Mittlerer Buntsandstein
- Oberer Buntsandstein

Teufendifferenzpläne wurden für folgende Schichtenfolgen im Untersuchungsgebiet durch den Antragsteller angefertigt (nach Archivunterlagen des NLfB):

- Höhere Oberkreide (Coniac - Maastricht)
- Tiefere Oberkreide (Cenoman - Turon)
- Alb

- Tiefere Unterkreide (Valangin - Apt)
- "Wealden"
- Kimmeridge bis Portland
- Oxford

Ein Mächtigungsplan des Quartär liegt für den südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes vor (Plan 4/90, Anl. 3.1.9.1/1).

Das Salzgebirge des Zechstein bildet in Norddeutschland die Basis des Systems, bis zu der eine Porenwasserbewegung prinzipiell in Betracht zu ziehen ist, in Salzaufstiegszonen auch die seitliche Begrenzung von Teilsystemen. Die hangenden, bis zu 3000 m mächtigen Schichten des Mesozoikum bestehen vorwiegend aus tonigen Gesteinen, in die folgende wasserleitende Horizonte eingeschaltet sind (mit Mächtigungsangaben, wenn vorhanden):

- |                      |   |
|----------------------|---|
| a) Buntsandstein     | - Mittlerer Buntsandstein<br>(Plan 4/90, Anl. 3.1.9.6/4<br>und 3.1.9.6/5) |
| b) Muschelkalk       | - Unterer Muschelkalk<br>- Oberer Muschelkalk (60 m)                      |
| c) Keuper (und Lias) | - Oberer Keuper (Rhät) und Basis des Lias<br>(70 m)                       |
| d) Dogger            | - Dogger-beta-Sandstein<br>- "Cornbrash"-Sandstein                        |
| e) Malm              | - Oxford  |
| f) Unterkreide       | - Hilssandstein (0 bis über 100 m)  |
| g) Oberkreide        | - Plänerkalke   |

Die ältesten Einheiten des Mesozoikum, nämlich Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper, sind zwischen den Salzstöcken flächendeckend verbreitet. Sie streichen in der Sattelstruktur des Salzgitter-Höhenzugs an der Oberfläche aus.

Die wasserleitenden Schichten Oberer und Unterer Muschelkalk sind durch den z.T. aus "praktisch undurchlässigen Salzgesteinen" aufgebauten Mittleren Muschelkalk getrennt. Er wird daher als Basis des betrachteten hydraulischen Systems angesehen. Lediglich in einigen Bereichen, z.B. am Salzstock Thiede und an den Flanken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde ist damit zu rechnen, daß das Steinsalzlager fehlt.

Der Keuper hat die gleiche Verbreitung wie die unterlagernden Schichten. Nur der wasserleitende Obere Keuper (Rhät) fällt am Nordhang des Salzgitter-Höhenzugs örtlich aus. Der Schilfsandstein (Mittlerer Keuper) ist im Untersuchungsgebiet überwiegend tonig ausgebildet. Aufgrund der in Aufschlüssen und Bohrungen vorgefundenen Fazies kommt er daher als Wasserleiter nicht in Betracht (EU 232).

Während der Untere Jura (Lias) noch flächendeckend vorhanden ist, sind die beiden jüngeren Einheiten des Jura, Dogger und Malm, nur eingeschränkt verbreitet (Plan 4/90, Anl. 3.1.9.6/2).

Die sandigen Horizonte an der Basis des sonst tonig-mergeligen Lias bilden zusammen mit dem Rhät ein Grundwasserstockwerk.

Innerhalb der überwiegend tonig-mergeligen Schichtenfolge des Dogger liegen die beiden Wasserleiter Dogger-beta-Sandstein und "Cornbrash"-Sandstein. Der Dogger-beta-Sandstein ist in der Region weitflächig verbreitet. Nur östlich der Salzstruktur Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg ist die Ausdehnung auf einen schmalen Streifen beschränkt. Der Dogger-beta-Sandstein reicht nicht an die Salzstruktur heran (EU 232). Der "Cornbrash"-Sandstein ragt in der östlichen Randsenke der Salzstruktur Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg zungenförmig nach Süden in das Standortgebiet. Er

ist nur im Norden der Region weitflächig vorhanden. Er grenzt im Gegensatz zum Dogger-beta-Sandstein an die Salzmauer Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg (EU 232).

Die Schichten des Oxford, eingebettet zwischen den Ton- und Mergelsteinen des Dogger und den Mergel- und Kalksteinen des Oberen Malm, bilden einen gering durchlässigen Wasserleiter. Diese Schichten sind im Südteil des Untersuchungsgebietes in einem schmalen Streifen verbreitet, westlich davon flächenhaft.

Eine flächendeckende Verbreitung besitzen die bis zu 700 m mächtigen Ton- und Mergelsteine der Unterkreide. Wealden, eine Wechselfolge sandiger und toniger Schichten, und sandiges Valangin finden sich westlich und südwestlich der Schachtanlage Konrad, an der Ostflanke des Salzstocks Broistedt sowie von Wedtlenstedt an nach Norden an der Ostflanke der Salzstöcke Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg und Gifhorn sowie an ihrer Westflanke (EU 232). Der nur im südlichen Teil des Gebietes ausgebildete Hilssandstein ist ein bedeutender Grundwasserleiter innerhalb der sehr gering durchlässigen Unterkreideschichten. Verkieselte Schichten der jüngsten Unterkreide, der sogenannte Flammenmergel, sind nur im südlichen Teil des untersuchten Gebietes verbreitet (EU 232).

Die Schichten der Oberkreide besitzen bei weitem nicht die weitflächige Verbreitung der Unterkreide-Gesteine (vgl. Kap. 2.1.2.3). Gut bis mäßig wasserleitend sind die Kalksteine des Cenoman und Turon, die sogenannten Plänerkalke. In den Randsenken der Salzstruktur Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg und im Süden des Untersuchungsgebietes bilden die Emscher-Mergel einen lokalen Grundwasserstauhorizont zwischen den Plänerkalcken und den quartären Ablagerungen.

Das grundwasserführende Tertiär ist nur in der Subrosionssenke des Salzstockes Broistedt und im nördlichen Untersuchungsgebiet geringmächtig vorhanden.

Die sandig-kiesigen Ablagerungen des Quartär bilden den oberflächennahen Grundwasserleiter des Standortbereichs (EU 247, [1984]). In quartären Rinnen sind mächtige wasserhemmende Schichten anzutreffen. Da diese Sedimente aber nicht flächig verbreitet sind, ist ein Stockwerksbau innerhalb der Schichten des Quartär nicht oder nur lokal vorhanden. Das Quartär steht über weite Bereiche mit den Plänerkalken in hydraulischem Kontakt.

Der Antragsteller beschreibt aus dem betrachteten Gebiet folgende bedeutende tektonische Störungszonen:

- Immendorfer Störung
- Salzstockflanken und -oberflächen
- Konrad-Graben
- Störungszonen bei Rühme
- Störungen im Bereich des Salzgitter-Höhenzuges
- Gifhorn-Calberlah-Graben
- Drütter Störung

Diese Störungszonen können auf unterschiedliche Weise hydraulisch wirksam sein, indem sie zum einen verschiedene Grundwasserleiter hydraulisch in Berührung bringen und zum anderen selbst als zerüttete Bereiche hydraulisch wirksam sind (EU 197). Störungen und Störungszonen können dabei sowohl eine Erhöhung als auch eine Erniedrigung der Durchlässigkeit bewirken bzw. auch keinen Einfluß auf die Permeabilität haben. Dies ist abhängig davon, ob Klüfte und Trennflächen offen stehen oder durch Mineralisation bzw. Mylonitisierung wieder geschlossen sind. Übertägige Felduntersuchungen können dabei kaum belastbare Daten zum Grad der Veränderung der Durchlässigkeiten in Störungszonen liefern.

Die Schichten über dem projektierten Endlager wurden im Verlauf der letzten Jahrzehnte von einer großen Anzahl von Tiefbohrungen durchteuft. Weiterhin stellen die Schächte Konrad 1 und 2 Durchbrüche durch die dichtenden Gesteinsschichten dar. Deshalb werden die alten Tiefbohrungen und die Schächte als potentielle Wegsamkeiten für einen beschleunigten Transport Radionuklid-belasteter Wasser in die Biosphäre angesehen (EU 424). Quantitative Nachweise zur Dichtigkeit der alten Tiefbohrungen im Modellgebiet Konrad

(einschließlich der Bohrung K 101) und der zu verfüllenden Schächte werden im Rahmen der Erläuternden Unterlagen EU 437 und EU 438 geführt. Die Mindestanforderungen an die Dichtigkeit der alten Tiefbohrungen und der Schächte wurden dabei aus den Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung und zur Radionuklid­ausbreitung (EU 309, EU 339) abgeleitet (s. Kap. 3.4).

#### 3.2.2.2 Stellungnahme des NLFb

Die Verbreitung, Lage und Mächtigkeit der meisten Einheiten sind in Verbreitungskarten und/oder Tiefenlinienplänen sowie in Teufendifferenz- oder Mächtigkeitskarten und anhand von Schnitten dargestellt. Die Teufendifferenzkarten täuschen bei steilgestellten Schichten, wie dies etwa im Bereich der Salzstockflanken der Fall sein kann, eine zu große Mächtigkeit vor. Im größten Teil des Untersuchungsgebietes ist das Einfallen der Schichten aber gering, so daß die Teufendifferenzkarten dort annähernd die Mächtigkeit der dargestellten Schichtenfolgen wiedergeben.

Der in den Unterlagen des Antragstellers (Kap. 3.2.2.1 dieses Textes) dargestellte hydrogeologische Aufbau des Gebirges wird von uns hinsichtlich der großräumigen Situation bestätigt. In Teilgebieten weichen unsere Angaben zur Verbreitung, Lage und Mächtigkeit der Schichtenfolgen von denen des Antragstellers ab. Dies beruht neben der z.T. unterschiedlichen geologisch-hydrogeologischen Interpretation der allgemeinen Datenbasis darauf, daß von Antragstellerseite nicht alle vorliegenden Erkundungsergebnisse in die Tiefenlinienpläne, die zum Aufbau der Modellstruktur herangezogen wurden, eingearbeitet worden sind.

Im folgenden werden die Ergebnisse unserer Begutachtung vorgestellt. Auf abweichende Darstellungen (z.B. Abgrenzung der hydrogeologischen Einheiten, Tiefenlinienpläne, Profile) des Antragstellers wird hingewiesen.

Grundlage für die Darstellung der Lage, Verbreitung und Mächtigkeit der von uns nach verschiedenen hydrogeologischen Kriterien (vgl. Kap. 3.2.3) ausgehaltenen hydrogeologischen Einheiten (Anl. 3.2.2/1) waren die Ergebnisse der geologischen Auswertung zur Lithofazies und zur Lage der stratigraphischen Schichtabfolge (vgl. Kap. 2.1).

Die Grenzen der hydrogeologischen Einheiten, deren Lage und Verbreitung den hydrogeologischen Profilen (Anl. 3.2.2/2 bis 3.2.2/12) und Tiefenlinienplänen (Anl. 3.2.2/13 bis 3.2.2/27) entnommen werden können, sind qualitativ unterschiedlich bestimmt:

- a) nachgewiesen durch Bohrungen und/oder seismische Erkundung (vgl. Kap. 2.1),
- b) abgeleitet aus der räumlichen Interpretation unter Einbeziehung von Bohrergebnissen aus dem Untersuchungsgebiet oder angrenzenden Gebieten und unter Berücksichtigung der paläogeographischen Entwicklung des Untersuchungsraumes.

Die Grenzen folgender hydrogeologischer Einheiten sind nach a) festgelegt:

- Quartär
- Tertiär
- Emscher-Mergel  
Der Emscher-Mergel umfaßt die stratigraphischen Einheiten Coniac, Santon, Campan.
- Plänerkalke bis Flammenmergel  
Als Flammenmergel wird die verkieselte Fazies des Oberalb bezeichnet.
- Alb (tonig)
- Hilssandstein
- Apt bis Basis Unterkreide (tonig)
- Valangin (sandig) und Wealden
- Tithon und Kimmeridge
- Oxford

- Oberer Muschelkalk (Hangendgrenze)
- Oberer Buntsandstein (Liegendgrenze)
- Unterer Buntsandstein (Liegendgrenze) = Zechstein-Hangendgrenze

Die Grenzen folgender hydrogeologischer Einheiten sind nach b) ermittelt:

- Callovium und Bathonium (tonig)
- Cornbrash-Sandstein
- Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)
- Dogger-beta-Sandstein
- Unteres Aalenium bis Sinemurium
- Hettangium und Oberer Keuper
- Mittlerer Keuper und Unterer Keuper
- Oberer Muschelkalk (Liegendgrenze)

Die Lage und Verbreitung folgender wichtiger wasserführender und wasserstauer Einheiten sind von uns in Tiefenlinienplänen dargestellt (Anl. 3.2.2/13 bis 3.2.2/27):

- Quartär
- Tertiär
- Emscher-Mergel
- Plänerkalke bis Flammenmergel
- Alb (tonig)
- Hilssandstein
- Apt bis Basis Unterkreide (tonig)
- Valangin (sandig) und Wealden
- Tithon und Kimmeridge
- Oxford
- Cornbrash-Sandstein
- Dogger-beta-Sandstein
- Hettangium und Oberer Keuper
- Oberer Muschelkalk

Anlage 3.2.2/28 gibt eine Übersicht über die jeweils vom Antragsteller und von uns erstellten Tiefenlinienpläne.

Die überwiegend aus Salzgesteinen aufgebauten Zechstein-Sedimente bilden im norddeutschen Raum generell die Basis des hydraulischen Systems. Zusätzlich beeinflussen im Bereich von Salzaufstiegszonen (Plan 4/90, Anl. 3.1.9.2/5) die dort akkumulierten Salzmassen den großräumigen Grundwasserabstrom. Wesentliche Strukturelemente sind dabei am Westrand des Untersuchungsgebietes die Salzmauer Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg und der Salzstock Gifhorn sowie am östlichen Rand der Salzsattel des Oderwaldes, die Salzstöcke Thiede, Salzdahlum-Klein Schöppenstedt, Bechtsbüttel sowie Calberlah. Südlich der Schachanlage Konrad befinden sich der Salzstock Flachstökheim und die Sattelstrukturen des Lichtenberger und Salzgitter-Höhenzuges. Abgesehen vom Lichtenberger Höhenzug erstrecken sich alle bisher genannten Strukturen annähernd in N-S-Richtung. Der Lichtenberger Höhenzug und die weiter östlich gelegenen Salzsättel wie die Asse und der Elm erstrecken sich in NW-SE-Richtung.

Die Mächtigkeit der Zechstein-Sedimente liegt in den Salzabwandrungsgebieten z.T. unter 40 m, so daß im Bereich von Störungen, in denen Zechstein wie etwa an der Immendorfer Störung versetzt ist, das Rotliegende an Buntsandstein-Schichten grenzt (Anl. 3.2.2/4).

Die flächenhaft verbreiteten Schichten des Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper streichen teilweise im Bereich von Salzstrukturen an der Oberfläche aus, zum überwiegenden Teil liegen sie aber in großer Tiefe. In der Umgebung der Schachanlage Konrad treten diese Formationen im Salzgitter-Höhenzug und an der Nordostflanke des Salzstocks Thiede zutage sowie in der weiteren Region in den Erhebungen des Harli, der Asse und des Elm.

Der Buntsandstein ist hydrogeologisch dreigliedert. Der Untere Buntsandstein, der aus einer bis 300 m mächtigen Wechselfolge von Ton-, Mergel-, Sand- und Kalksteinen besteht, und der vorwiegend aus Tonsteinen, Anhydrit, Gips und Steinsalz aufgebaute, rund 100 m bis über 200 m mächtige Obere Buntsandstein (Röt) sind nach hydrogeologischer Erfahrung gering bis sehr gering durchlässige Schichtfolgen. Der vorwiegend sandige Mittlere Buntsandstein (max.

190 m mächtig) ist dagegen als guter Wasserleiter bekannt. Der Mittlere Buntsandstein streicht südlich der Schachthanlage Konrad im Salzgitter-Höhenzug und im Harli an der Oberfläche aus. Vorkommen von Mittlerem Buntsandstein finden sich auch auf dem Höhenzug der Asse. Die Schichten im Liegenden des Mittleren Muschelkalk sind nicht Gegenstand der im Rahmen des Projektes durchgeführten Untersuchungen (vgl. Kap. 3.4). Aus diesem Grunde werden in den hydrogeologischen Profilen (Anl. 3.2.2/2 bis 3.2.2/12) für diesen Gebirgsbereich auch keine Angaben zur Lage der hydrogeologischen Einheiten und ihren Durchlässigkeiten gemacht.

Im Muschelkalk bilden die karbonatischen Schichten des Unteren und Oberen Muschelkalk jeweils ein Grundwasserstockwerk. Als hydraulische Trennschichten wirken dabei die Evaporithorizonte des Mittleren Muschelkalk. Im Bereich struktureller Hochlagen und Störungen, wie etwa an Salzstockflanken, der Immendorfer Störung (Anl. 3.2.2/4) und der Störungszone von Rühme (Anl. 3.2.2/8), können diese Salzablagerungen fehlen (s. Kap. 2.1.2.1 u. Kap. 2.1.4.2). Die Erkundungsergebnisse lassen nach Antragsteller die Annahme zu, daß das Muschelkalksalinar an der Ostflanke der Salzmauer von Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg fehlt. Im entsprechenden Tiefenlinienplan des Antragstellers (EU 197) fanden diese neueren Erkenntnisse noch keine Berücksichtigung. Das teilweise Fehlen des Salinars ist nach Antragsteller (EU 338) nicht als wesentlich für die großräumige Grundwasserbewegung anzusehen. Unsere Einschätzung zu den Auswirkungen des in Teilbereichen fehlenden Muschelkalksalinars auf die Langzeitsicherheit wird in Kapitel 3.4.2 gegeben. Lage und Größe von Arealen mit fehlendem Salinar lassen sich nur einschätzen (vgl. Kap. 2.1.2.1, 2.1.4.2).

Die Mächtigkeit des Unteren Muschelkalk liegt im Raum Salzgitter bei rund 100 bis 150 m. In Gebieten, in denen das Salzgestein fehlt, beträgt die Mächtigkeit des Mittleren Muschelkalk 50 m bis 80 m, sonst liegt sie deutlich über 100 m. Der Obere Muschelkalk ist etwa 50 m mächtig. Seine Lage und Verbreitung zeigt Anlage 3.2.2/27. Der wasserleitende Obere Muschelkalk streicht im Salzgitter-Höhenzug und in den östlich davon gelegenen Erhebungen (Elm, Asse u.a.) aus.

Für den Nordteil des Untersuchungsgebietes liegt von Antragstellerseite kein Tiefenlinienplan des Oberen Muschelkalk vor.

Der Untere und Mittlere Keuper sind überwiegend tonig-mergelig ausgebildet. Der Obere Keuper, eine Wechselfolge von Sand- und Tonsteinen, bildet zusammen mit den darüberlagernden lithologisch ähnlich aufgebauten Gesteinsserien des Hettangium (Unterer Lias) ein Grundwasserstockwerk.

Der Schilfsandstein (Mittlerer Keuper) ist im Untersuchungsgebiet in toniger Fazies ausgebildet. Er stellt deshalb keinen Wasserleiter mit hoher hydraulischer Leitfähigkeit dar.

Der Untere und Mittlere Keuper erreichen eine Gesamtmächtigkeit von durchschnittlich 300 bis 500 m, Oberer Keuper und Hettangium von etwa 200 m.

Die wasserleitenden Schichten des Oberen Keuper und Hettangium stehen im Salzgitter-Höhenzug und an der östlichen Flanke des Salzstocks Thiede an der Oberfläche oder unter geringer quartärer Bedeckung an. Die Verbreitung und Lage des Oberen Keuper und des Hettangium ist der Anlage 3.2.2/26 zu entnehmen. Schichten des Oberen Keuper sind darüber hinaus in den Höhenzügen von Asse und Elm aufgeschlossen.

Der Antragsteller hat nur für den Südteil des Untersuchungsgebietes einen Tiefenlinienplan des Oberen Keuper erstellt. Inwieweit unterschiedliche Darstellungen des hydrogeologischen Baus die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers beeinflussen können, wird mit Hilfe von Grundwasserströmungsmodellen untersucht (s. Kap. 3.4).

Die Schichten des Lias im Hangenden des Hettangium und die des Dogger bestehen vorwiegend aus tonig-mergeligen Gesteinen. In die Ton- und Mergelsteinserien des Dogger sind als Wasserleiter der Dogger-beta-Sandstein und der Cornbrash-Sandstein eingeschaltet.

Die beiden Horizonte weisen meist eine geringe Mächtigkeit von jeweils etwa 20 bis 30 m auf.

Die Tiefenlinienpläne von Dogger-beta-Sandstein (Anl. 3.2.2/25) und Cornbrash-Sandstein (Anl. 3.2.2/24) zeigen, daß die Verbreitung des Dogger im Vergleich zu seinen Liegendschichten geringer ist. Im Gegensatz zum Dogger-beta-Sandstein steht der Cornbrash-Sandstein an der Ostflanke der Salzmauer von Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg in Kontakt mit dem Salinar. Die beiden wasserführenden Einheiten streichen östlich Gifhorn bei Calberlah unter quartärem Lockergestein aus (FAHRION 1953).

Der Antragsteller betrachtet den Dogger-beta-Sandstein nicht als eigenständigen Wasserleiter. Inwieweit unterschiedliche Darstellungen des hydrogeologischen Baus die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers beeinflussen können, wird mit Hilfe von Grundwasserströmungsmodellen untersucht (s. Kap. 3.4).

Die vorwiegend aus sandigen bzw. erzführenden Kalkoolithen und Ton- bis Tonmergelsteinen aufgebauten Schichten des Oxford sind östlich der Salzmauer Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel-Wendeburg nur in einem schmalen Streifen vorhanden (Anl. 3.2.2/23). Unter etwa 50 m mächtiger quartärer Bedeckung streicht diese als Einlagerungshorizont vorgesehene, gering durchlässige Einheit bei Calberlah aus (FAHRION 1953).

Die Schichtmächtigkeiten des Oxford liegen meist zwischen 100 und 150 m. Nur an der südlichen Flanke des Salzstocks Gifhorn wurden Mächtigkeiten bis zu 200 m ermittelt (SEITZ 1950).

Hydrogeologisch gelten die Oxford-Gesteine in der Grube Konrad als Kluftwasserleiter (s. Kap. 3.2.3.1.2). Vieljährige Beobachtungen in der Grube belegen, daß einzelne Klüfte und Störungen meist rasch versiegende Zuflüsse von versalztem Tiefengrundwasser (Standwasser) erbrachten, während andere, oft eng benachbarte tektonische Trennflächen trocken waren (s. Kap. 2.1.4.3.2). Im Trümmerkalk (Unterer Korallenoolith bzw. Heersumer Schichten) sowie in Kalkoolithen des Oberen Korallenoolith gibt es je einen wenige Me-

ter mächtigen Horizont, die beide lokal als Porenwasserleiter ausgebildet sind und aus denen beim Anfahren bevorzugt in geklüfteten Bereichen in geringem Umfang Feuchte austritt, die zur Bildung von Salzkrusten führt. Aufgrund der nur lokal vorhandenen Wasserführung und ihrer geringen Mächtigkeit werden diese Schichten nicht als separate hydrogeologische Einheiten ausgehalten; bei der Festlegung von hydraulischen Kenndaten für Grundwasserströmungsmodelle werden diese Beobachtungen jedoch berücksichtigt (s. Kap. 3.2.3).

Die Verbreitung der vorwiegend mergelig-kalkigen Gesteinsserien des Kimmeridge und Tithon sind in Anlage 3.2.2/22 dargestellt. Die Gesamtmächtigkeit von Kimmeridge und Tithon beträgt im Süden des Untersuchungsgebietes rund 200 bis 300 m; sie steigt aber nach Norden im Bereich des Salzstocks Gifhorn auf über 1500 m an.

In Bereichen, wo Schichten des Oberen Jura in Kontakt mit der unterkretazischen Transgressionsfläche stehen, ist die Möglichkeit gegeben, daß Kalk- und Anhydritgesteine des Malm Karsterscheinungen der früheren Landoberfläche aufweisen. Ein Nachweis für solche fossilen Verkarstungen z.B. anhand von Bohrbefunden gibt es nicht; lediglich Beobachtungen in der Bohrung K 101 (EU 27) geben indirekt einen Hinweis auf die Möglichkeit der Existenz einer Verwitterungszone mit lokal erhöhter Wasserdurchlässigkeit. Aufgrund der geotektonischen Lage der Schichten des Oberjura und der Unterkreide (Anl. 3.2.2/20 bis 3.2.2/23) bleiben solche Phänomene potentiell auf einen schmalen Gebietsstreifen innerhalb des Modellgebietes beschränkt.

Die Ton- und Tonmergelsteine der Unterkreide überdecken diskordant und flächenhaft die präkretazischen Ablagerungen. An der Basis dieser überwiegend tonigen Serie treten Wechselfolgen von tonigen und sandigen Sedimenten auf. Stratigraphisch handelt es sich hierbei um Wealden und tieferes Valangin. Diese beiden zu einer hydrogeologischen Einheit zusammengefaßten Schichtserien sind nur im Nordteil des Untersuchungsgebietes flächendeckend verbreitet. Im Bereich der Schachanlage Konrad tritt Wealden/Valangin an der östlichen Flanke des Salzstocks Broistedt auf. Dieses Vorkommen

ist von den weiter nördlich verbreiteten Wealden/Valangin-Sedimenten isoliert (s. Anl. 3.2.2/21). Die Mächtigkeit dieser wasserleitenden hydrogeologischen Einheit nimmt nach Norden bis auf ca. 400 m zu.

Wealden und sandiges Valangin werden vom Antragsteller im hydrogeologischen Bauplan des Gebirges nicht als eigenständige, wasserleitende, hydrogeologische Einheit ausgewiesen. Der Antragsteller ordnet die Schichten des Wealden dem Kimmeridge/Portland zu, das sandige Valangin der tonigen Unterkreide.

Der nur wenige Meter mächtige und nicht flächendeckend vorhandene Transgressionshorizont an der Unterkreide-Basis ist meist tonig ausgebildet. Nur lokal dominieren Sand- und Karbonatgehalte. Dieser Horizont ist deshalb hydrogeologisch ohne Bedeutung.

Die sehr gering durchlässigen Ton- und Tonmergelsteine der Unterkreide enthalten im höheren Teil (Alb) quellfähige Tonminerale, die die Durchlässigkeit des Gesteins herabsetzen (Kap. 2.1.3). Die tonige Abfolge der Unterkreide wurde daher unterteilt. Die Verbreitung und Lagerungsverhältnisse der Abfolge Apt bis Basis der tonigen Unterkreide ist der Anlage 3.2.2/20 zu entnehmen; die Anlage 3.2.2/18 gibt die Verhältnisse im Alb wieder. Die Schichten des Alb streichen in Höhe des Salzstocks Calberlah aus. Die ältere Unterkreide ist dagegen im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet. Die Blättertone des Barrême und die Fischechiefer des Apt werden aufgrund ihrer petrographischen Ausbildung (vgl. Kap. 2.1), ihrer paläogeographischen Verbreitung und ihrer geringen Wasserführung nicht als selbständige hydrogeologische Einheiten gehalten.

Die Mächtigkeit der tonigen Unterkreide beträgt meist mehrere 100 m. Im Bereich von strukturellen Hochlagen können diese Sedimente aber auch geringmächtiger sein.

In die tonigen Unterkreidegesteine ist der Hilssandstein des Unteralb eingeschaltet. Er ist im Untersuchungsgebiet nur südlich des Schachtes Konrad 1 verbreitet. Dieser gut wasserleitende Ho-

rizont hat im Bereich des Salzgitter-Höhenzuges und südlich des Salzstocks Thiede Kontakt mit dem oberflächennahen Grundwasserstockwerk (Anl. 3.2.2/19). Die Mächtigkeit des Hilssandstein von mehr als 100 m am Salzgitter-Höhenzug nimmt nach Norden auf wenige Meter (Schacht Konrad 2) ab, bevor er noch im Bereich der Schachtanlage Konrad auskeilt.

Das nächstfolgende Grundwasserstockwerk wird durch die Plänerkalke der Oberkreide und die verkieselten Schichten der jüngsten Unterkreide, dem sogenannten Flammenmergel des Oberalb aufgebaut (Anl. 3.2.2/17). Der 20 bis 30 m mächtige Flammenmergel ist bis fast an seine nördliche Verbreitungsgrenze nahe des Mittellandkanals am Aufbau dieser Einheit beteiligt. Die Mächtigkeit der Schichtenfolge nimmt von Norden nach Süden zu. Sie liegt am Salzgitter-Höhenzug bei mehr als 300 m.

Der Flammenmergel wird vom Antragsteller im Gegensatz zu unserer Darstellung des Gebirgsaufbaus der sehr gering durchlässigen tonigen Unterkreide zugeordnet. Inwieweit unterschiedliche Darstellungen des hydrogeologischen Baus die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers beeinflussen können, wird mit Hilfe von Grundwasserströmungsmodellen untersucht (s. Kap. 3.4).

Die über den Plänerkalken liegenden, gering durchlässigen Emschermergel der Oberkreide sind im Untersuchungsgebiet nur wenig verbreitet (Anl. 3.2.2/16). Daher besteht zwischen den Plänerkalken und dem obersten, aus Schichten des Tertiär und vor allem des Quartär gebildeten Grundwasserstockwerk über einen größeren Bereich ein hydraulischer Zusammenhang.

Die auf wenige kleine Areale begrenzten Vorkommen von Tertiär sind aufgrund ihrer geringen Verbreitung im Untersuchungsgebiet hydrogeologisch ohne wesentliche Bedeutung (Anl. 3.2.2/15).

Die Grundwasserführung im Quartär ist an die Verbreitung sandig-kiesiger Schichten gebunden. Aquifertrennende tonige und schluffige Schichten sind weder in horizontaler noch in vertikaler Richtung über größere Bereiche durchgehend verbreitet.

Das flächenhaft verbreitete Quartär (Anl. 3.2.2/14) wird in Rinnensystemen bis 120 m mächtig. Außerhalb der Rinnenbereiche liegen die Mächtigkeiten nördlich des Mittellandkanals bei etwa 40 bis 50 m. Südlich davon ist die Quartärbedeckung teilweise nur wenige Meter mächtig oder sie fehlt gänzlich.

Der Antragsteller hat Tiefenlinienpläne für Tertiär und Quartär für das nördliche Untersuchungsgebiet (Mittellandkanal bis Höhe Gifhorn) geliefert (Anl. 3.2.2/28).

Der hier beschriebene hydrogeologische Bau des Gebirges wird zum Aufbau von Grundwasserströmungsmodellen ("Schichtenmodell", s. Kap. 3.4) verwendet.

Die Lage von hydrogeologisch wesentlichen Störungssystemen im Modellgebiet Konrad wurde vom Antragsteller in seinen Tiefenlinienplänen und Profilschnitten erfaßt. Unsere Darstellungen in den hydrogeologischen Profilen (Anl. 3.2.2/3 bis 3.2.2/12) und Tiefenlinienplänen der hydrogeologischen Einheiten (Anl. 3.2.2/14 bis 3.2.2/27) ergeben im Bereich von Störungszonen z.T. unterschiedliche Interpretationen gegenüber denen des Antragstellers bezüglich der Anbindung von tieferliegenden Wasserleitern über diese Störungszonen hinweg. Inwieweit unterschiedliche Darstellungen des hydrogeologischen Baus die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers beeinflussen können, wird mit Hilfe von Grundwasserströmungsmodellen untersucht (s. Kap. 3.4).

Der durch Störungen beeinflusste hydrogeologische Bau des Gebirges wurde in den Grundwasserströmungsmodellen ("Störzonenmodell", s. Kap. 3.4) berücksichtigt. Dabei werden von uns Zonen unterschiedlicher Zerrüttung und eventuell verkarstete Bereiche im Malm (s.o.) wegen ihrer möglichen Bedeutung für die Grundwasserbewegung in die hydrogeologische Bewertung des Gebirges einbezogen.

Die Zerrüttungszonen werden dabei nach tektonischen Gesichtspunkten in drei Beanspruchungsbereiche unterteilt (ECKL et al. 1990a),

wobei folgende tektonische Elemente innerhalb des Modellgebietes zu berücksichtigen sind:

- Zone 1 (sehr stark zerrüttet): Salzgitter-Höhenzug, Immendorfer Störung, Sauinger Sprung, Überschiebung Rühme-Meine-Vordorf, Störungszonen Thiede-Bechtsbüttel, Wendeburg-Gifhorn, Bechtsbüttel-Calberlah und Gifhorn-Calberlah.
- Zone 2 (stark zerrüttet): Salzstockflanken und Deckgebirge über Salzstöcken.
- Zone 3 (mäßig zerrüttet): Konrad-Graben, Bereich südlich des Konrad-Grabens und sonstige "einfache" Störungszonen.

Eine mögliche Verkarstungszone in den unter der Unterkreidetransgression ausstreichenden Malmschichten wird von uns mit ca. 50 m Mächtigkeit eingeschätzt.

Zum Nachweis der Dichtigkeit der im Modellgebiet Konrad vorhandenen Tiefbohrungen und der zu verfüllenden Konrad-Schächte wurden vom Antragsteller sowohl Feld- und Laboruntersuchungen (s. Kap. 3.2.3.3) als auch Modellrechnungen (s. Kap. 3.4) durchgeführt.

Aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse sowie durchgeführter Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung wurde die Anzahl der im Hinblick auf ihre Dichtigkeit zu untersuchenden Bohrungen vom Antragsteller und vom NLFb auf 25 eingegrenzt (s. Kap. 3.4; vgl. EU 437, Vechelde 2/2a wird von uns als eine Bohrung betrachtet). Die Angaben des Antragstellers (EU 437) zum Durchmesser der Bohrungen, zu den Koordinaten der Ansatzpunkte, den Endteufen, zur Abfolge und Mächtigkeit der durchteuften Schichten sowie zur Höhe des Versatzes werden von uns bestätigt [■■■■■ 1992]. Eine Bewertung der vom Antragsteller angegebenen hydraulischen Kenndaten erfolgt in Kapitel 3.2.3.3, eine Bewertung der Modellrechnungen in Kapitel 3.4.

### 3.2.2.3 Bewertung zum Hydrogeologischen Bau

Im Kapitel "Hydrogeologischer Bau" wird aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen zur Stratigraphie (Kap. 2.1.2), zur Petrographie, Mineralogie, Geochemie (Kap. 2.1.3) und zur Tektonik (Kap. 2.1.4) die räumliche Lage und Verbreitung der im Untersuchungsgebiet vorkommenden hydrogeologischen Einheiten und deren strukturelle Zusammenhänge behandelt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen erlauben eine Einschätzung des Standortes aus hydrogeologischer Sicht (s. Kap. 3.5.1) und werden zum Aufbau von Grundwasserströmungsmodellen verwendet.

Aufbauend auf Ergebnissen von Bohrungen und der seismischen Erkundung stellt der Antragsteller den hydrogeologischen Bau des Gebirges in Verbreitungskarten, Tiefenlinienplänen, Teufendifferenzplänen, Mächtigkeitskarten und Profilschnitten dar.

Der in den Unterlagen des Antragstellers dargestellte hydrogeologische Aufbau des Gebirges wird durch die von uns erarbeiteten Unterlagen hinsichtlich der großräumigen Situation bestätigt. Die hydrogeologische Bedeutung einzelner Schichthorizonte wird aufgrund der z.T. unterschiedlichen geologisch-hydrogeologischen Interpretation der allgemeinen Datenbasis sowie der Heranziehung weiterer Erkundungsergebnisse teilweise abweichend eingeschätzt. So werden Dogger-beta-Sandstein, Wealden, sandiges Valangin und Flammenmergel aufgrund ihres guten Wasserleitvermögens von uns als separate hydrogeologische Einheiten ausgehalten oder wie beim Flammenmergel mit Gesteinen von ähnlichen hydrogeologischen Eigenschaften zu einem Grundwasserstockwerk zusammengefaßt. Weiterhin ergeben sich Differenzen zu den Angaben des Antragstellers hinsichtlich der Lage, Verbreitung und Mächtigkeit einzelner hydrogeologischer Einheiten in Tiefenlinienplänen und Profilschnitten. Inwieweit unterschiedliche Darstellungen des hydrogeologischen Baus die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers beeinflussen können, wird mit Hilfe von Grundwasserströmungsmodellen untersucht (s. Kap. 3.4).

Die Schichten im Liegenden des Mittleren Muschelkalk werden vom Antragsteller hydrogeologisch nicht näher beschrieben, da das Salinar des Mittleren Muschelkalk als undurchlässige Basis des regionalen hydraulischen Systems betrachtet wird. Das teilweise Fehlen des Muschelkalk-Salinars ist nach Antragsteller (EU 338) nicht als wesentlich für die großräumige Grundwasserbewegung anzusehen. Wir haben zur Überprüfung dieser Annahme und zur Vollständigkeit unserer Standortbeschreibung die Schichten des Zechstein bis Muschelkalk in unsere Bewertung einbezogen und im Kapitel 3.4 dargestellt.

Im Bereich von Störungszonen ergeben sich zwischen unseren Darstellungen in den hydrogeologischen Profilen und Tiefenlinienplänen Abweichungen zum Antragsteller.

Die Differenzen resultieren aus dem Interpretationsspielraum der gemeinsamen Datenbasis und sind aus hydrogeologischer Sicht nicht gravierend. Punktuelle Informationen erlauben unterschiedliche Möglichkeiten der Interpolation in die Fläche bzw. in den Raum. Über entsprechende Annahmen und Randbedingungen in den Grundwasserströmungsmodellen können die Auswirkungen dieser unterschiedlichen Darstellungen auf die Langzeitsicherheit untersucht werden.

Die Schichten über dem geplanten Endlager wurden im Verlauf der letzten Jahrzehnte durch eine Anzahl von Tiefbohrungen durchstoßen. Diese - wie auch die Schächte Konrad 1 und 2 - stellen eine Beeinträchtigung der Barriere dar. Es war deshalb zu untersuchen, inwieweit die alten Tiefbohrungen (einschließlich der Bohrung K 101) und die Schächte der Grube Konrad bevorzugte Ausbreitungswege für Radionuklide in die Biosphäre darstellen können. Eine Bewertung der durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen aus hydrogeologischer Sicht erfolgt in Kapitel 3.2.3. Eine Bewertung der Modellrechnungen zu den alten Tiefbohrungen und den Schächten wird in Kapitel 3.4 gegeben.

### 3.2.3 Hydraulische Kenndaten ( [REDACTED] )

Der Antragsteller führt den Nachweis der Langzeitsicherheit des Endlagers Konrad mit Hilfe geohydraulischer Modellrechnungen, aus denen sich Strömungspfade des Grundwassers und Grundwasserlaufzeiten ergeben. Es wurden dafür zwei hydrogeologische Modelle erstellt: ein "Schichtenmodell" und ein "Störzonenmodell" (s. Kap. 3.4). Für die Bestückung dieser Modelle ist es zum einen erforderlich, den hydrogeologischen Aufbau des Untergrundes zu kennen (s. Kap. 3.2.2), zum anderen die Systemeigenschaften für die zu modellierenden relevanten Gebirgsbereiche zu ermitteln, aus denen anschließend Modelleingangsdaten abgeleitet werden. Im folgenden werden die hydraulischen Kenndaten, nämlich Durchlässigkeitsbeiwerte ( $K_f$ -Werte) und effektive Porositäten, beschrieben.

#### 3.2.3.1 Hydraulische Kenndaten des ungestörten Gebirges

##### 3.2.3.1.1 Darstellung des Antragstellers

Die hydraulischen Kenndaten der vom Antragsteller ausgehaltenen hydrogeologischen Einheiten sind im Plan 4/90 in den Kapiteln 3.1.9.6.3 "Hydrogeologie des Quartär", 3.1.9.6.4 "Hydrogeologie der präquartären Schichtenfolge", 3.1.9.6.5 "Durchlässigkeiten und Porositäten" und 3.1.10.3 "Hydrogeologische Modelle" dargestellt. Dort finden sich Angaben zur Durchlässigkeit und zur Porosität des Gebirges. Darüber hinaus liegen für die Schichten des Quartär Meßwerte zur Grundwasserfließgeschwindigkeit vor.

Die Datenbasis und die Ableitung der hydraulischen Kenndaten aus hydrogeologischen Untersuchungen und Auswertungen ist folgenden Erläuternden Unterlagen zu entnehmen:

EU 8.3, EU 15.1, EU 15.2, EU 27, EU 28.3, EU 30.1, EU 31.2, EU 32.1, EU 32.2, EU 52.1, EU 52.2, EU 52.5, EU 53.1, EU 53.2, EU 53.3, EU 63.2, EU 82, EU 93.5, EU 104, EU 111, EU 120, EU 135.3, EU 151, EU 169, EU 181, EU 189, EU 197, EU 199, EU 201.3, EU 202,

EU 216.1, EU 232, EU 243, EU 247, EU 252, EU 295, EU 424, EU 454, EU 460.

Die für den Bereich Konrad und dessen weitere Umgebung vorliegenden hydraulischen Kenndaten sind in EU 216.2 tabellarisch zusammengefaßt.

Für nur durch wenige Meßdaten belegte lithostratigraphische Einheiten werden Kennwerte von petrofaziell ähnlichen Gesteinseinheiten übernommen. Dabei werden auch in der Literatur veröffentlichte Durchschnittswerte aus weiter entfernten Gebieten in die Auswertung einbezogen (EU 216.1, S. 14). Allen Formationen werden Parameterbandbreiten zugewiesen, so daß entsprechend geologischer Erfahrung die großräumig wirksamen mittleren Durchlässigkeiten und Porositäten (effektive Porositäten) abgedeckt sind (Plan 4/90, S. 3.1.10.3-5).

#### Durchlässigkeiten

Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) für die Festgesteinsserien liegen aus der Grube Konrad, dem Schacht Konrad 2 (u.a. Untersuchungsstrecken im Alb und Barrême), der Bohrung K 101, sowie aus anderen Tiefbohrungen vor. Die Werte wurden sowohl durch hydraulische Tests im anstehenden Gebirge (EU 27, EU 52.1, EU 52.2, EU 63.2, EU 111, EU 189) als auch durch Untersuchungen an Bohrkernen und Gesteinsproben im Labor (EU 32.1, EU 32.2, EU 59, EU 120, EU 181) ermittelt. Eine Bewertung dieser Meßdaten hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf das übrige Gebirge wird in den Unterlagen EU 199 und EU 216.1 gegeben. In diesem Zusammenhang wird auch die Bedeutung der Gebirgsdurchlässigkeit bei der Ableitung repräsentativer Werte für Festgesteine diskutiert.

Zusätzliche  $k_f$ -Werte konnten durch die Auswertung geophysikalischer Messungen in Tiefbohrungen abgeleitet werden, deren Bohrlochlogs für diese Art der Durchlässigkeitsbestimmung geeignet waren (EU 232, EU 252, EU 295).

Im Rahmen eines Untersuchungsprogrammes (EU 424, EU 454) wurden vom Schacht Konrad 2 je eine Untersuchungsstrecke im Mittelalb (343 m-Sohle) und im Mittelbarrême (541 m-Sohle) aufgeföhren. In von diesen Strecken und vom Schacht aus hergestellten Bohrungen wurden Feldversuche zur Gewinnung zusätzlicher Informationen über die geologische Barriere der Unterkreide-Tonsteine und ihrer hydraulischen Eigenschaften durchgeführt.

Die Bandbreiten repräsentativer Durchlässigkeitsbeiwerte sind im Plan 4/90 in der Tabelle 3.1.9.6/1 (S. 3.1.9.6-22) wie folgt festgelegt:

Schichteinheit	Bandbreite $k_f$ in m/s
Quartär	$10^{-3}$ bis $10^{-7}$
Tertiär	$10^{-3}$ bis $10^{-7}$
Emscher-Mergel*	$10^{-8}$ bis $10^{-9}$
Plänerkalke	$10^{-5}$ bis $10^{-7}$
Tonsteine der Unterkreide	$10^{-10}$ bis $10^{-13}$
Hilssandstein	$10^{-5}$
Kimmeridge, Portland und Wealden	$10^{-7}$ bis $10^{-9}$
Oxford	$10^{-4}$ bis $10^{-12}$
"Cornbrash"-Sandstein	$10^{-5}$ bis $10^{-11}$
Tonsteine des Dogger und Lias*	$10^{-10}$ bis $10^{-12}$
Oberer Keuper (Rhät)*	$10^{-6}$ bis $10^{-7}$
Tonsteine des Keuper*	$10^{-10}$ bis $10^{-12}$
Oberer Muschelkalk*	$10^{-6}$ bis $10^{-8}$

---

\*aus Analogieschlüssen abgeleitet

Die Ton- und Mergelsteine der Unterkreide, des Jura und des Keuper zeigen generell sehr geringe Durchlässigkeiten mit  $k_f$ -Werten zwischen  $10^{-10}$  und  $10^{-13}$  m/s.

Die Bandbreiten für die tiefen Aquifere Oberer Muschelkalk und Oberer Keuper (Rhät) wurden über Analogieschlüsse abgeleitet. Die repräsentative Bandbreite der  $k_f$ -Werte liegt danach zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-8}$  m/s beim Oberen Muschelkalk und zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-7}$  m/s beim Oberen Keuper.

Der "Cornbrash"-Sandstein ist im Bereich des Grubengebäudes und in dessen näherer Umgebung nach den Ergebnissen von hydraulischen Tests und Laboruntersuchungen sehr gering durchlässig. Im Bereich von Erdölfeldern wurden aber auch sehr große Durchlässigkeiten für diesen Sandstein ermittelt. Diese Schwankungsbreite bei den Meßwerten spiegelt auch die große repräsentative  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-5}$  bis  $10^{-11}$  m/s wider.

Das aus sehr unterschiedlichen Gesteinen aufgebaute Oxford (Koralenoolith) weist nach Untersuchungen in der Grube Konrad und in Tiefbohrungen Durchlässigkeitsbeiwerte auf, die zwischen  $10^{-4}$  und kleiner als  $10^{-11}$  m/s liegen. Die großen Durchlässigkeiten sind dabei auf schmale Kluftbereiche in den Kalksteinen beschränkt. Der Vernetzungsgrad der hydraulisch wirksamen Trennflächen ist im einzelnen unbekannt. Aufgrund des geringen Wasserzuflusses in die Grube (EU 135.3, EU 169, EU 243) wird aber ausgeschlossen, daß ein gut durchlässiges Kluftsystem den gesamten Korallenoolith durchzieht (Plan 4/90, S. 3.1.10.3-7). Rechnerische Abschätzungen der Durchlässigkeit aufgrund des derzeitigen Wasserzulaufs in die Grube ergeben  $k_f$ -Werte kleiner als  $10^{-9}$  m/s. Als repräsentativ wird eine Bandbreite von  $k_f$ -Werten zwischen  $10^{-4}$  und  $10^{-12}$  m/s angenommen.

Für die tonig-mergeligen Schichten des Kimmeridge und Portland (Tithon) und für den sandig-tonig ausgebildeten Wealden werden  $k_f$ -Werte von  $10^{-7}$  bis  $10^{-9}$  m/s für wahrscheinlich angesehen. Die im Hangenden des Jura und Wealden folgenden Schichten des Valangin sind im Südwesten des Gebietes Konrad sowie in weiter nördlich gelegenen Teilen des Gifhorner Troges sandig ausgebildet. Aus Erdölbohrungen gewonnene Gesteinsproben weisen  $k_f$ -Werte etwa zwischen  $10^{-5}$  bis  $10^{-10}$  m/s auf (EU 216.1, S. 22).

Kalk- und Gipsgesteine des höchsten Oberjura sind möglicherweise zum Teil verkarstet und weisen eine höhere Durchlässigkeit auf (EU 197, S. 5). Beobachtungen in der Bohrung K 101 lassen alte Verkarstungserscheinungen in den Kalksteinen des Oxford (Korallenoolith) am Kontakt zur Unterkreide vermuten. Dies kann zu einer lokal erhöhten Durchlässigkeit entlang des verkarsteten Horizontes geführt haben, die jedoch nicht für das übrige Verbreitungsgebiet des Oxford gilt und deshalb auch keine Bedeutung für die mittlere Durchlässigkeit der Schicht besitzt (Plan 4/90, S. 3.1.9.6-13).

Der geringmächtige Transgressionshorizont der Unterkreide wird aufgrund seiner tonig-sandigen bis tonigen Zusammensetzung nicht als Bereich erhöhter Durchlässigkeit eingestuft (EU 197, S. 5, EU 232, S. 6, S. 18).

Zahlreiche für den Hilssandstein vorliegende Durchlässigkeitsbeiwerte zeigen sehr einheitliche Werte um  $k_f = 10^{-5}$  m/s.

Das hydraulische Leitvermögen der Plänerkalke der Oberkreide beruht in erster Linie auf Kluftdurchlässigkeiten. Der größte dafür in Bohrlochtests ermittelte Wert beträgt nach Plan 4/90 (S. 3.1.9.6-23)  $k_f = 10^{-5}$  m/s bzw.  $k_f = 10^{-7}$  m/s nach EU 216.1. Nach Laborergebnissen ist die Gesteinsdurchlässigkeit um Größenordnungen kleiner.

Der Emscher-Mergel wird mit einem  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  bis  $10^{-9}$  m/s als etwas durchlässiger als die Unterkreidegesteine bewertet. Neben den geringen lithologischen Unterschieden wird dabei die Auflockerung dieser Schichten in Oberflächennähe berücksichtigt (EU 216.1, S. 24).

Durch Pumpversuche in sandig-kiesigen Schichten des Quartär wurden im Bereich Konrad Durchlässigkeitsbeiwerte vorwiegend von  $10^{-3}$  bis  $10^{-4}$  m/s ermittelt (EU 53.1, EU 53.2 und EU 216.2). Der Mittelwert für die Transmissivität beträgt etwa  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s. Abweichungen von diesem Wert um zwei Größenordnungen sowohl nach oben als auch nach unten sind durch stark wechselnde Mächtigkeiten der gut durchlässigen quartären Schichten bedingt (EU 247). Für die geringer

durchlässigen Sedimente des Quartär wie auch für die Ablagerungen des Tertiär liegen keine Meßwerte vor (EU 199, S. 25). Die Bandbreite repräsentativer Durchlässigkeitsbeiwerte für diese beiden Einheiten wird mit  $10^{-3}$  m/s bis  $10^{-7}$  m/s angegeben.

Radiometrische Einbohrlochmessungen in den quartären Ablagerungen ergaben durchschnittliche Filtergeschwindigkeiten von  $v_f = 0,15$  m/d (EU 53.3, EU 151).

Aus den für alle hydrogeologischen Schichten aufgeführten Bandbreiten repräsentativer Durchlässigkeitsbeiwerte wurden über Sensitivitätsanalysen die Werte abgeleitet, die in das Modell eingesetzt werden. Dabei wurde derjenige Wert als endgültiger Modellwert verwendet, der zu kurzen Laufzeiten des Grundwassers vom Einlagerungsort bis zur Biosphäre führt. Zeigte sich eine geringe Abhängigkeit der Laufzeit vom betrachteten Parameter, wurde der hydrogeologisch plausibelste Wert angenommen. Die Ausgangswerte der Durchlässigkeiten des "Hydrogeologischen Schichtenmodells" und des "Störzonenmodells" sind in den Tabellen 3.1.10.3/1 (Plan 4/90, S.3.1.10.3-5) und 3.1.10.3/2 (Plan 4/90, S.3.1.10.3-13) aufgeführt. Weitere Angaben sind in den EU 55, EU 197, EU 199 und EU 210 enthalten.

Schichteinheit	"Schichtenmodell" Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ in m/s	"Störzonenmodell" Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ in m/s
Quartär	$10^{-5}$	$10^{-5}$
Tertiär	$10^{-5}$	$10^{-7}$
Emscher-Mergel	$10^{-8}$	$10^{-8}$
Plänerkalke	$10^{-7}$	S: $10^{-7}$ , N: $10^{-6}$
Alb	$10^{-10}/10^{-12}$	$10^{-12}$

	"Schichtenmodell"	"Störzonenmodell"
Hilssandstein	$10^{-5}$	$10^{-5}$
Hauterive, Barrême, Apt	$10^{-10}/10^{-12}$	$10^{-11}$
Kimmeridge, Portland und Wealden	$10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-9}$
Oxford	$10^{-7}$	$10^{-8}$
"Cornbrash"-Sandstein	$10^{-6}$	S: $10^{-7}$ , N: $10^{-6}$
Tonsteine des Dogger, Lias und Keuper	$10^{-10}$	horizontal $10^{-10}$ vertikal $10^{-12}$
Rhät	$10^{-6}$	$10^{-7}$
Oberer Muschelkalk	$10^{-6}$	$10^{-7}$

### Porositäten

Angaben über die Porositäten der präquartären Schichten stammen aus Laboruntersuchungen an Kernen der Bohrung K 101 und an Gesteinsproben, die beim Abteufen der Schächte, beim Auffahren des Grubengebäudes und aus Erdölbohrungen entnommen worden sind. Bei Schichtgliedern, von denen keine Werte vorliegen, wurden Analogieschlüsse unter Berücksichtigung der Lithologie und der regionalen Geologie gezogen (Plan 4/90, S. 3.1.9.6-24).

Im folgenden sind die Bandbreiten der ermittelten Werte für die Gesamtporositäten (Plan 4/90, S. 3.1.9.6-24) der verschiedenen Schichteinheiten und die für die Laufzeitberechnung benötigten effektiven Porositäten (Plan 4/90, S. 3.1.10.3-5) der in den hydrogeologischen Modellen berücksichtigten Schichtglieder zusammengestellt.

Schichteinheit	Gesamt- porosität in %	effektive Porosität in %
Quartär	15 bis 40	25
Tertiär	15 bis 40	25
Emscher-Mergel	15 bis 30	20
Plänerkalke	5 bis 21	5
Tonsteine der Unterkreide	8 bis 30	10
Hilssandstein	25 bis 35	25
Kimmeridge, Portland und Wealden	2 bis 18	10
Oxford	--	2
Kalkstein und Kalkoolith	2 bis 23	—
Erzlager	2 bis 27	—
Tonstein und Tonmergelstein	7 bis 23	—
"Cornbrash"-Sandstein	5 bis 25	5
Tonsteine des Dogger	3 bis 22	10
Lias	3 bis 15	10
Oberer Keuper (Rhät)	5 bis 20	20
Tonsteine des Keuper	3 bis 15	10
Oberer Muschelkalk	2 bis 20	2

Für den als Kluftwasserleiter ausgebildeten Oberen Muschelkalk wird eine effektive Porosität von 2 % angesetzt.

Der Obere Keuper (Rhät) wird zusammen mit den Feinsandsteinlagen des unteren Lias als gut durchlässiger Porenwasserleiter betrachtet. Die effektive Porosität von 20 % spiegelt dies wider.

Für den "Cornbrash"-Sandstein, der nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen sowohl Eigenschaften eines Poren- als auch eines Kluftwasserleiters besitzt, wird eine effektive Porosität von 5 % angesetzt.

Eine effektive Porosität von 10 % wird für die Ton- und Mergelsteine des Keuper, Lias und Dogger angegeben. Einschaltungen von Sandsteinen (z.B. Dogger-beta-Sandstein) sind dabei berücksichtigt.

Die effektive Porosität der Oxford-Schichten wird mit 2 % angesetzt. Der Antragsteller geht dabei davon aus, daß die Wasserbewegung sowohl in Klufthohlräumen als auch zu einem nicht vernachlässigbaren Teil in der porösen Gesteinsmatrix erfolgt.

Für die Gesteine des Oberen Malm mit Kimmeridge und Portland (Münder Mergel) sowie die nur sehr untergeordnet im Norden des Modellgebietes auftretenden sandigen Schichten der tiefen Unterkreide (Wealden und Valangin) wird als effektive Porosität 10 % angenommen (Plan 4/90, S. 3.1.10.3-8).

Ebenfalls eine mittlere effektive Porosität von 10 % wird für die gesamte tonige Unterkreide angesetzt.

Der Hilssandstein weist als Porenwasserleiter große effektive Porositäten von 25 % auf, wie Untersuchungen gezeigt haben.

Den Plänerkalken der Oberkreide wird eine effektive Porosität von 5 % zugeordnet. Für den Emscher-Mergel wird aufgrund der Auflockerung in Oberflächennähe eine effektive Porosität von 20 % angenommen.

Für das Tertiär und die Lockergesteine des Quartär wird ein einheitlicher Wert von 25 % angesetzt.

### 3.2.3.1.2 Stellungnahme des NLFB

Der Antragsteller hat die aus Gelände- und Laboruntersuchungen im Untersuchungsgebiet und den angrenzenden Regionen vorliegenden Meßwerte im wesentlichen erfaßt. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Daten mit der Ableitung von repräsentativen hydraulischen Gebirgskennwerten enthalten die Erläuternden Unterlagen EU 199, EU 216.1 und EU 216.2.

Der Antragsteller hat im Rahmen der Eignungsuntersuchungen der Schachtanlage Konrad die Bohrung K 101 u.a. mit dem Ziel niedergebracht, hydraulische Kenndaten für die gesamte Schichtenfolge bis ins Liegende des Cornbrash zu erhalten. Mittels hydraulischer Tests sollte ein möglichst lückenloses Profil der Gebirgsdurchlässigkeit aufgenommen werden (EU 27).

Zusätzliche die Gebirgsdurchlässigkeit insbesondere der geologischen Barriere der tonigen Unterkreide sowie der die Schächte und alten Tiefbohrungen umgebenden Auflockerungszonen betreffende Untersuchungen sind in den Erläuternden Unterlagen EU 424, EU 437, EU 438 und EU 454 und EU 460 dargestellt.

Bezogen auf die Größe des Untersuchungsgebietes und auf die Anzahl der relevanten Schichten standen insgesamt nur wenige Naturmessungen zur Verfügung, so daß die Verwendung von statistischen Methoden zur Bestimmung der großräumig wirksamen Gebirgsdurchlässigkeit und effektiven Gebirgsporosität nicht möglich war. Der Erkenntniszuwachs durch zusätzliche neue Bohrungen wäre im Verhältnis zur Größe des Untersuchungsgebietes bei einem sehr hohen finanziellen Aufwand gering. Der Antragsteller hat daher die großräumig wirksamen Gebirgskennwerte über Analogieschlüsse abgeleitet. Diese Vorgehensweise ist in der Hydrogeologie allgemein üblich und entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Eine belastbare Festlegung von großräumig wirksamen hydrogeologischen Gebirgskennwerten ist dadurch möglich, daß zusätzlich zu den Naturmessungen alle sonstigen vorhandenen Informationen über die geologisch-hydrogeologische Situation ausgewertet werden. Dies sind Kenntnisse über

- die lithofaziellen Verhältnisse und deren hydrogeologische Bewertung,
- die beobachtete Wasserführung,
- die tektonische Beanspruchung (Klüftigkeit, Störzonen, Entspannungserscheinungen usw.) sowie
- diagenetische Einflüsse (z.B. Tiefenlage einer Schicht).

Die die Durchlässigkeit beschreibenden Daten liegen sowohl in Form von in-situ-Messungen als auch von Labormessungen an Bohrkernen aus dem Untersuchungsgebiet und aus benachbarten Regionen vor. Bei der Ableitung großräumig wirksamer Gebirgsdurchlässigkeiten wurde berücksichtigt, daß Labordaten eine geringere Aussagekraft haben als die Ergebnisse hydraulischer Tests.

Die Durchlässigkeitsuntersuchungen wurden in der K 101 mit Formationswasser durchgeführt, so daß damit die realen Verhältnisse wiedergegeben werden. Auch für die hydraulischen Tests in den Untersuchungsstrecken im Alb und Barrême wurde zum großen Teil Wasser, wie es in diesem Teufenbereich auftritt, verwendet.

Aus den in der K 101 und den in den erwähnten Untersuchungsstrecken durchgeführten Bohrlochtests ergibt sich die Durchlässigkeit in horizontaler Richtung. Diese ist vor allem bei sehr gering durchlässigen Schichten, z.B. bei Tonsteinen, höher als die vertikale Durchlässigkeit. Da diese Schichten vertikal vom Grundwasser durchströmt werden, ist die in vertikaler Richtung geringere Durchlässigkeit dieser Gesteine für die Grundwasserbewegung ausschlaggebend. Diese Tatsache mußte bei der Ableitung von Gebirgskennwerten ebenfalls beachtet werden.

Ein weiterer Grund, warum reale Gebirgskennwerte kleiner als die in Bohrlöchern gemessenen  $k_f$ -Werte sein können, ist darin zu sehen, daß beim Abteufen von Bohrungen durch den Bohrvorgang Auflockerungen geschaffen werden. Bei sehr gering durchlässigen Schichten wird durch einen hydraulischen Test nur eine begrenzte Zone um das Bohrloch erfaßt, so daß damit im wesentlichen nur die Durchlässigkeit dieses engbegrenzten aufgelockerten Bereiches, der sich durch ein erhöhtes Wasserleitvermögen auszeichnet, bestimmt wird.

Die weiter oben beschriebene Art der Ableitung von großräumig wirksamen Gebirgskennwerten enthält Unsicherheiten. Diesen wird durch die Festlegung von Bandbreiten Rechnung getragen, in denen auch die natürlichen Inhomogenitäten einer Schicht berücksichtigt werden. Unter "Vertrauensbereich" ist dabei das Intervall innerhalb einer Bandbreite zu verstehen, in dem mit einer hohen Ausgesagesicherheit derjenige Wert der großräumig wirksamen mittleren Gebirgskennwerte liegt, der repräsentativ für die jeweilige hydrogeologische Einheit ist, und der in die Modellrechnungen (s. Kap. 3.3.1) eingeht (s. Anl. 3.2.3/1 und 3.2.3/2). Die Repräsentativität des Datensatzes wurde mit einer probabilistisch angelegten Studie untermauert (s. Gutachten des [1995]).

Modellrechnungen mit Werten aus den oberen und unteren Bereichen der Bandbreiten sind nicht sinnvoll, da derartige Gebirgseigenschaften nicht großräumig wirksam sind. Die Verwendung solcher Grenzwerte als mittlere Gebirgskennwerte führt zu realitätsfremden Modellergebnissen.

#### Gebirgsdurchlässigkeit (Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ )

Die Gebirgsdurchlässigkeit (= Integralwert aus wirksamer Kluftdurchlässigkeit und wirksamer Porendurchlässigkeit) und deren Bandbreite werden für die einzelnen hydrogeologischen Einheiten aus den o.a. Gründen eingeschätzt.

Die Bewertung der Gebirgsdurchlässigkeit wird in den folgenden Abschnitten für die relevanten hydrogeologischen Schichten, für die tektonisch beanspruchten Gebirgsbereiche sowie für die alten Bohrungen vorgenommen. Die für die einzelnen hydrogeologischen Einheiten dabei abgeleiteten repräsentativen  $k_f$ -Bandbreiten der Gebirgsdurchlässigkeit und die großräumig wirksamen Gebirgsdurchlässigkeiten, im weiteren vereinfacht nur als Gebirgsdurchlässigkeit bezeichnet und durch den Durchlässigkeitsbeiwert ( $k_f$ -Wert) ausgedrückt, sind in Anlage 3.2.3/1 aufgelistet. Dort sind auch die von uns für die Modellrechnungen vorgeschlagenen  $k_f$ -Werte [ ] 1990a] tabellarisch aufgeführt.

Die Ableitung eines großräumig wirksamen mittleren Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwertes für die jeweilige Einheit ist zwar mit Unsicherheiten (s.o.) verbunden, dennoch kann mittels der hydrogeologischen Gesamtanalyse ein repräsentativer Rechenwert bestimmt werden. Dieser Wert wird, bezogen auf den Vertrauensbereich, hoch angesetzt. Die auf diese Weise vorgegebenen Eingangsdaten ermöglichen einen relativ großen Grundwasserumsatz.

- Oberer Muschelkalk (Anl. 3.2.3/1)

Die Bandbreite der in EU 199, EU 216.1 und EU 216.2 zusammengestellten  $k_f$ -Werte liegt zwischen  $5 \cdot 10^{-7}$  und  $10^{-3}$  m/s.

Werte zur Durchlässigkeit des Oberen Muschelkalk liegen aus dem Untersuchungsraum selbst nicht vor. Hydraulische Untersuchungen in den Salzstockflanken der Asse lieferten für den Oberen Muschelkalk einen Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-6}$  m/s (BATSCHKE & von STEMPEL 1988).

Der Obere Muschelkalk wird im Untersuchungsgebiet als Wechselfolge von vorherrschend Kalk- und Mergel- und untergeordnet Tonsteinen beschrieben. Er streicht nur im Salzgitter-Höhenzug an der Oberfläche aus und liegt sonst in großer Tiefe. Für den gesamten Oberen Muschelkalk, der, wie auch die o.a. Untersuchungsergebnisse zeigen, als Kluftwasserleiter ein großes Wasserleitvermögen besitzt, wird als  $k_f$ -Wert  $10^{-7}$  bis  $10^{-6}$  m/s für die Gebirgsdurchläss-

sigkeit angenommen, als Rechenwert wird  $10^{-6}$  m/s vorgeschlagen. Die  $k_f$ -Bandbreite reicht nach unserer Einschätzung von  $10^{-8}$  bis  $10^{-5}$  m/s.

- Mittlerer Keuper und Unterer Keuper  
(Anl. 3.2.3/1)

Hydraulische Daten über diesen Gebirgsabschnitt sind aus dem Untersuchungsraum oder den angrenzenden Gebieten nicht bekannt. Das überwiegende Vorkommen von Mergelsteinen und Evaporiten im höheren Teil des Mittleren Keuper lassen eine geringe Wasserwegsamkeit in diesen Schichten vermuten. Diesen lithologischen Gegebenheiten dürfte eine Gebirgsdurchlässigkeit von  $k_f = 10^{-10}$  bis  $10^{-9}$  m/s bei einer eingeschätzten  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-11}$  bis  $10^{-8}$  m/s zuzuordnen sein. Als Rechenwert wird von uns  $5 \cdot 10^{-10}$  m/s vorgeschlagen. Dieser Wert und die Bandbreite berücksichtigen, daß zur nördlichen Begrenzung des Untersuchungsgebietes hin der Mergel- und Sandanteil im unteren Teil dieser Schichtenfolge zunimmt.

- Hettangium und Oberer Keuper  
(Anl. 3.2.3/1)

Die Bandbreite der in EU 199, EU 216.1 und EU 216.2 zusammengestellten  $k_f$ -Werte liegt zwischen  $<10^{-11}$  und  $7 \cdot 10^{-5}$  m/s.

Die Sandsteine des Hettangium und Oberen Keuper sind nach den Untersuchungsergebnissen der Erdölindustrie etwas geringer durchlässig als die Dogger-beta-Sandsteine. Die im Labor und über Bohrlochlogs ermittelten Meßwerte häufen sich zwischen  $10^{-8}$  und  $10^{-6}$  m/s. Es wurden auch  $k_f$ -Werte kleiner als  $10^{-11}$  m/s festgestellt (EU 216.2). Der Gebirgskennwert für diese hydrogeologische Einheit liegt unserer Einschätzung nach zwischen  $k_f = 10^{-7}$  und  $10^{-6}$  m/s bei einer angenommenen  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-9}$  bis  $10^{-5}$  m/s.

Der Abschnitt von der Hangendgrenze des Hettangium bis einschließlich Oberer Keuper ist durch eine ausgeprägte Wechselfolge von je-

weils mehrere Meter mächtigen Sand- und Tonsteinpaketen charakterisiert. Diese Anisotropie in der Schichtenfolge wird durch die Angabe von unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten parallel und senkrecht zur Schichtung berücksichtigt. In horizontaler Fließrichtung bestimmt bei flach lagernden Sand- und Tonsteinwechsellagen hauptsächlich das Wasserleitvermögen der Sandsteine den resultierenden Durchlässigkeitsbeiwert. Als Rechenwert in horizontaler Richtung wird für diese Einheit daher  $10^{-6}$  m/s angegeben.

Der resultierende Durchlässigkeitsbeiwert in vertikaler Richtung wird vorwiegend durch die geringstdurchlässigen Gesteine in der anisotropen Schichtenfolge bestimmt. In vertikaler Richtung wird dabei im Vergleich zu der Durchlässigkeit in horizontaler Richtung eine um drei Größenordnungen geringere Gebirgsdurchlässigkeit angesetzt, entsprechend dem von uns eingeschätzten Durchlässigkeitsverhältnis zwischen sandigen und tonigen Schichten in der betrachteten Schichtfolge.

- Unteres Aalenium bis Sinemurium  
(Anl. 3.2.3/1)

Für die tonigen Schichten des Aalenium sowie für das Toarcium und Pliensbachium liegen keine Meßwerte vor.

Die Sedimentfolge besteht überwiegend aus Ton- bis Tonmergelsteinen. Aufgrund dieser lithofaziellen Ausbildung wird eine  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-12}$  bis  $10^{-9}$  m/s und ein  $k_f$ -Wert von  $10^{-11}$  bis  $10^{-10}$  m/s für die Gebirgsdurchlässigkeit als wahrscheinlich angesehen, sowie als Rechenwert  $10^{-10}$  m/s vorgeschlagen.

- Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)  
(Anl. 3.2.3/1)

Die Daten wurden ausschließlich im Rahmen erdölgeologischer Untersuchungen gewonnen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte liegen meist zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-5}$  m/s. Um mehr als 5 Größenordnungen kleinere  $k_f$ -Werte wurden jedoch ebenfalls ermittelt (EU 216.2). Die starke Streuung der in den Erdölfeldern ermittelten Meßwerte ist darauf

zurückzuführen, daß die untersuchten Gesteinsproben aus lithofaziell unterschiedlichen Horizonten stammen.

Aufgrund dieser bereichsweise sehr unterschiedlichen hydrogeologischen Eigenschaften wird von uns eine  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-9}$  bis  $10^{-5}$  m/s zugrunde gelegt. Die im Bereich der Erdölfelder festgestellten großen Durchlässigkeitsbeiwerte von  $10^{-5}$  m/s können nicht als charakteristisch für den gesamten Modellraum angesehen werden. Die Gebirgsdurchlässigkeit liegt deshalb nach unserer Einschätzung im Bereich von  $10^{-7}$  und  $10^{-6}$  m/s. Als Rechenwert wird  $10^{-6}$  m/s vorgeschlagen.

- Bajocium (tonig) und Ob. Aalenium (tonig)  
(Anl. 3.2.3/1)

Für die Gesteine dieser Einheit sind uns nur  $k_f$ -Werte für das Bajocium (Bohrung K 101) bekannt. Alle Werte sind kleiner als  $10^{-11}$  m/s.

Während des Bajocium sowie höchsten Aalenium wurden überwiegend tonige Sedimente abgelagert. Aus diesem Grund wird, wie für die Tonsteine im Liegenden des Alb (vgl. Hydrogeologische Einheit "Apt bis Basis Unterkreide (tonig)"), eine  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-12}$  m/s bis  $10^{-9}$  m/s und eine Gebirgsdurchlässigkeit von  $10^{-11}$  m/s bis  $10^{-10}$  m/s, sowie ein Rechenwert von  $10^{-10}$  m/s angesetzt.

- Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Ober-Bajocium)  
(Anl. 3.2.3/1)

Die in der Schachanlage Konrad und in der Bohrung K 101 an Kernproben sowie in Bohrlöchern durchgeführten hydraulischen Tests ergaben nur kleine Durchlässigkeitsbeiwerte ( $10^{-9}$  m/s und kleiner) für den Cornbrash-Sandstein (EU 181, EU 189, EU 199). Andererseits wurde aber beim Schachtabteufen von Konrad 2 ein Wasserzulauf aus diesem Horizont beobachtet. Weiterhin ist bekannt, daß der Cornbrash-Sandstein auch ein gutes Erdöl-speichergestein mit großen Durchlässigkeiten bis  $k_f = 10^{-5}$  m/s darstellt (EU 216.2).

Der Cornbrash-Sandstein, ein Sandstein mit zum Teil stark unterschiedlichem Ton- und Kalkgehalt, weist regional große Variationen in der Durchlässigkeit auf. Dies wird in der angesetzten Bandbreite der  $k_f$ -Werte von  $10^{-10}$  bis  $10^{-6}$  m/s berücksichtigt. Die Gebirgsdurchlässigkeit liegt vermutlich bei einem  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  bis  $10^{-7}$  m/s. Als Rechenwert schlagen wir einen  $k_f$ -Wert von  $10^{-7}$  m/s vor. Die im Bereich von Erdölfeldern festgestellten großen Durchlässigkeiten sind nicht für den gesamten Untersuchungsraum repräsentativ. Dies haben auch die Untersuchungen im Grubengebäude und in der Bohrung K 101 gezeigt.

- Callovium und Bathonium (tonig)  
(Anl. 3.2.3/1)

Für die Gesteine des Callovium und tonigen Bathonium wurde in der Bohrung K 101 ein integraler Durchlässigkeitsbeiwert von kleiner als  $10^{-11}$  m/s ermittelt. Labormeßwerte von Gesteinsproben aus Ölfeldern liegen bei  $10^{-9}$  m/s (EU 216.2).

Da die Sedimente dieser hydrogeologischen Einheit überwiegend aus schluffigen bzw. mergeligen Tonsteinen bestehen, werden für die Gebirgsdurchlässigkeit die für Tonsteine eingeschätzten  $k_f$ -Werte von  $10^{-11}$  bis  $10^{-10}$  m/s mit einer Bandbreite der Durchlässigkeitsbeiwerte von  $10^{-12}$  bis  $10^{-9}$  m/s angenommen und ein Rechenwert von  $10^{-10}$  m/s vorgeschlagen.

- Oxford  
(Anl. 3.2.3/1)

Die im Anstehenden (Grubengebäude, Bohrung K 101) sowie an Gesteinsproben im Labor durchgeführten zahlreichen Untersuchungen ergaben Durchlässigkeitsbeiwerte, die für das intakte Gebirge bei kleiner als  $10^{-8}$  m/s liegen (EU 199 und EU 216.2). Sehr hohe  $k_f$ -Werte wurden in stark klüftigen Gesteinspartien ermittelt, z.B. im Unteren Korallenoolith der Bohrung K 101 mit einem  $k_f$ -Wert von etwa  $10^{-4}$  m/s (EU 27).

Das Oxford ist überwiegend aus sandigen bzw. erzführenden oolithischen Kalksteinen sowie Ton- und Mergelsteinen aufgebaut. Nach den vieljährigen Beobachtungen im Grubengebäude treten größere Mengen Gebirgswasser nur auf Trennflächen auf. Von den mehr als 1500 Trennflächen, die durch die Markscheiderei bis Mai 1987 aufgenommen wurden, waren 118 wasserführend (EU 135.3, EU 202). Die Zulauftrate nahm dabei aber nach dem Anschlagen des Kluftwasserreservoirs generell in kurzer Zeit stark ab, und in den überwiegenden Fällen ging der Zufluß vollständig zurück (EU 27, EU 202). Angaben über bevorzugte Richtungen der Wasserwegsamkeiten (EU 202) sind aufgrund der geringen Anzahl der in einzelnen Grubenbereichen angetroffenen wasserführenden Trennflächen unserer Meinung nach statistisch nicht aussagekräftig.

In stärker geklüfteten, gestörten Bereichen ist stellenweise, wie z.B. im Ort 202 und im Ort 300, eine verstärkte Wasserführung erkennbar. Ein großräumig vernetztes Kluftsystem mit hydraulischen Kontakten zu guten Grundwasserleitern ist aufgrund der bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse für die Schichten des Oxford im Bereich des Grubengebäudes nicht zu erwarten.

Die vor allem im Grubengebäude gewonnenen Erkenntnisse lassen die Vorstellung plausibel erscheinen, daß das Oxford zwar bereichsweise stärker geklüftet ist, diese stärker beanspruchten Bereiche aber untereinander nur einen geringen hydraulischen Kontakt über Poren oder Mikroklüfte besitzen. Ein merkliches Wasserleitvermögen der Matrix konnte im Grubengebäude nur an einigen wenigen Horizonten, z.B. an den porösen Kalkoolithen aus dem unteren Teil des Oberen Korallenoolith, festgestellt werden.

Eine rechnerische Abschätzung der Durchlässigkeit des Gebirges auf der Basis der Grubenwasserbilanz zeigt nach EU 52.5, daß auch bei äußerst ungünstigen Annahmen für die Randbedingungen der Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwert kleiner als  $10^{-9}$  m/s ist.

Aufgrund der o.a. hydrogeologischen Eigenschaften des Oxford wird von uns ein  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  m/s als Rechenwert für die Gebirgs-

durchlässigkeit vorgegeben. Die  $k_f$ -Bandbreite wird mit  $10^{-10}$  m/s bis  $10^{-7}$  m/s angenommen.

- Tithon und Kimmeridge  
(Anl. 3.2.3/1)

Für die Gesteine des Tithon liegen keine  $k_f$ -Meßwerte vor; die wenigen für die Sedimente des Kimmeridge bekannten Werte sind kleiner als  $10^{-8}$  m/s (EU 216.2).

Mergel- und Kalksteine dominieren im Tithon und Kimmeridge. Wegen der einheitlichen Lithofazies werden beide Schichtkomplexe zu einer hydrogeologischen Einheit zusammengefaßt. Das im Grubengebäude aufgeschlossene Kimmeridge weist nur eine sehr geringe Wasserführung auf. Wegen der mit dem Oxford vergleichbaren hydrogeologischen Eigenschaften setzen wir auch denselben  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  m/s als Rechenwert für die Gebirgsdurchlässigkeit an. Dieser Wert liegt im oberen Bereich der von uns angenommenen Bandbreite von  $10^{-10}$  bis  $10^{-7}$  m/s.

- Valangin (sandig) und Wealden  
(Anl. 3.2.3/1)

Für die sandige Fazies der Gesteine des Valangin und Wealden wurden bei erdölgeologischen Untersuchungen Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt, die zwischen  $10^{-7}$  und  $10^{-5}$  m/s liegen. Kleinere Werte (bis  $10^{-10}$  m/s) treten in karbonatisch zementierten Bereichen auf (EU 216.2).

Da im Untersuchungsgebiet der Anteil an sandigen Schichten nach Norden hin zunimmt (vgl. Kap. 2), wird für den Nordteil des Untersuchungsgebietes eine größere Gebirgsdurchlässigkeit und damit ein höherer Rechenwert ( $k_f = 10^{-7}$  m/s) als für den Südabschnitt angenommen. Die Gebirgsdurchlässigkeit wird im Südteil des Untersuchungsgebietes aufgrund der dort stärker verbreiteten tonigen und tonig-mergeligen Sedimente mit  $k_f = 5 \cdot 10^{-8}$  m/s als Rechenwert und die Bandbreite der Durchlässigkeitsbeiwerte mit  $10^{-9}$  bis  $10^{-5}$  m/s eingeschätzt. Nach Bohrunterlagen ist eine teilweise anhydritische

Verkittung der Porenräume im Salzstockflankenbereich und damit bereichsweise eine Verringerung des Wasserleitvermögens möglich.

- Apt bis Basis Unterkreide (tonig)  
(Anl. 3.2.3/1)

Die im Grubengebäude und in der Bohrung K 101 durchgeführten hydraulischen Tests ergaben für das intakte Gebirge  $k_f$ -Werte kleiner als  $10^{-9}$  m/s (EU 199, EU 216.2, EU 454).

Im Gegensatz zum Alb enthalten die Tonsteine des Apt geringere und die des Barrême und Hauterive keine nennenswerten Smektitgehalte. Aufgrund der Feld- und Laborergebnisse nehmen wir für die Tonsteine des Apt, Barrême und Hauterive eine Gebirgsdurchlässigkeit von  $k_f = 10^{-11}$  bis  $10^{-10}$  m/s sowie eine  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-12}$  bis  $10^{-9}$  m/s an. Im Vergleich zum Alb wird ein höherer Rechenwert von  $k_f = 10^{-10}$  m/s für die Gebirgsdurchlässigkeit gewählt.

Im Rahmen der "Geowissenschaftlichen Vorsorgeuntersuchungen zur Standortfindung für die Ablagerung von Sonderabfällen" [██████████ 1986] in Niedersachsen wurden an der Oberfläche ausstreichende Tonsteine der Unterkreide auf ihre Durchlässigkeit hin untersucht. Dabei sind im Bereich des Peiner Beckens (Hoheneggelsen) relativ hohe Wasserwegsamkeiten mit Durchlässigkeitsbeiwerten bis etwa  $10^{-6}$  m/s ermittelt worden. Bekanntlich wird die Durchlässigkeit oberflächennah liegender Schichten u.a. durch die Entspannung des Gebirges und durch Verwitterungsvorgänge wesentlich beeinflusst. Die in der o.a. Untersuchung festgestellten großen Wasserwegsamkeiten in den oberflächennah liegenden Tonsteinen sind teilweise auf derartige Effekte zurückzuführen. Diese Ergebnisse sind daher nicht auf in großer Tiefe liegende Schichten übertragbar.

- Hilssandstein  
(Anl. 3.2.3/1)

Die im Gelände und Labor für den Hilssandstein ermittelten  $k_f$ -Werte liegen meist bei  $10^{-5}$  m/s (EU 216.2).

Untersuchungen u.a. im Bereich des Grubengebäudes sowie in der Bohrung K 101 weisen den Hilssandstein als guten Porenwasserleiter aus. Aufgrund seiner meist einheitlichen hydrogeologischen und hydraulischen Eigenschaften ist es möglich, die Bandbreite der  $k_f$ -Werte auf  $10^{-6}$  bis  $10^{-5}$  m/s einzuengen. Der für die Modellrechnung vorgeschlagene Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-5}$  m/s ist durch die hydrogeologischen und hydraulischen Untersuchungsergebnisse weitgehend gesichert.

- Alb (tonig)  
(Anl. 3.2.3/1)

Das Alb ist wesentlicher Bestandteil der geologischen Barriere. Daher müssen die Ergebnisse der Durchlässigkeitsuntersuchungen besonders kritisch betrachtet werden.

In der K 101 wurden in hydraulischen Tests für das Alb Werte zwischen  $4 \cdot 10^{-13}$  bis  $3 \cdot 10^{-12}$  m/s (EU 27) ermittelt. Generell besitzen die Alb-Tonsteine in den getesteten Abschnitten  $k_f$ -Werte kleiner als  $10^{-11}$  m/s. Im Bereich des Schachtes Konrad 2 wurden im Rahmen eines weiteren Untersuchungsprogrammes (EU 424) hydraulische Bohrlochtests durchgeführt. Die für das Alb im ungestörten Gebirge festgestellten Durchlässigkeitsbeiwerte liegen bei  $10^{-11}$  m/s und bestätigen die in der K 101 gemessenen Werte. Nach den vorliegenden Untersuchungen ist das gesamte tonig-mergelige Alb als sehr gering durchlässig einzustufen.

Die im Vergleich zu den Tonsteinen der tieferen Unterkreide geringere Gebirgsdurchlässigkeit des Alb wird von uns unabhängig von den hydraulischen Tests auch auf dessen hohen Smektitgehalt (vgl. Kap. 2.1.3) und auf die damit verbundene Quellfähigkeit zurückgeführt. Die Quellfähigkeit bestimmter Tonminerale in Tongesteinen und damit einhergehend eine Verringerung der Wasserdurchlässigkeit ist u.a. von der Beschaffenheit des durchströmenden Wassers abhängig. Die Quelldehnung bei Durchströmung der Alb-Tonsteine mit salzhaltigen Wässern aus dem Hilssandstein und dem Ort 300, wie sie der Antragsteller in entsprechenden Versuchen ermittelt hat (EU 424), ist gegenüber der Durchströmung mit destilliertem Wasser

zwar geringer, unserer Einschätzung nach beeinflusst diese reduzierte Quelldehnung aber das geringe Wasserleitvermögen des Alb nicht.

Auch die im Bereich des Alb in verschiedenen Bohrungen festgestellten Zusickerungen von Gebirgswasser zeugen von dessen geringer Gebirgsdurchlässigkeit. In der K 101 wurde im Alb ein Zufluß von  $0.2 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{min}$  (spez. Durchflußrate) bei  $k_f$ -Werten kleiner als  $10^{-11} \text{ m/s}$  gemessen. In den Unterkreide-Untersuchungsstrecken (EU 424, EU 454, EU 460) sickerte ebenfalls in einigen Bohrlöchern Wasser zu. Dort wurde eine maximale Zuflußrate von  $0.075 \text{ ml/m}^2 \cdot \text{min}$  bestimmt.

Die lithologischen Verhältnisse des Alb, die durch zahlreiche Bohrungen im Bereich des Untersuchungsgebietes gut bekannt sind, erlauben es, die Meßwerte der hydraulischen Untersuchungen auf das gesamte tonige Alb im Untersuchungsgebiet zu übertragen. Die tonigen Schichten der höheren Unterkreide weisen unserer Einschätzung nach ein geringeres Wasserleitvermögen auf als die Tonsteinserien der tieferen Unterkreide. Aus der eingeschätzten  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-13}$  bis  $10^{-10} \text{ m/s}$  wird daher als Rechenwert  $10^{-11} \text{ m/s}$  angesetzt.

- Plänerkalke bis Flammenmergel  
(Anl. 3.2.3/1)

Die in den oberkretazischen Kalk- und Kalkmergelsteinen des Cenoman und Turon gemessenen  $k_f$ -Werte sind alle gleich oder kleiner  $10^{-7} \text{ m/s}$  (EU 216.2).

Flammenmergel und Plänerkalke werden von uns zu einer Einheit zusammengefaßt, da dem Flammenmergel aufgrund seiner teilweisen Verkieselung den Plänerkalken vergleichbare hydrogeologische Eigenschaften zuzuordnen sind. Je nach dem Grad der Klüftigkeit des Gebirges ist eine stark unterschiedliche Durchlässigkeit der Kalksteine zu erwarten. Dem wird durch die Wahl einer großen  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-10} \text{ m/s}$  bis  $10^{-5} \text{ m/s}$  Rechnung getragen.

Der "Vertrauensbereich" für die Gebirgsdurchlässigkeit wird mit  $k_f = 10^{-7}$  bis  $10^{-6}$  m/s eingeschätzt, da wir eine durch ein hohes wirksames Kluftvolumen in Oberflächennähe bedingte erhöhte Durchlässigkeit für das überwiegend aus Kalk- und Kalkmergelsteinen aufgebaute Cenoman und Turon annehmen. Als Rechenwert schlagen wir  $5 \cdot 10^{-7}$  m/s vor.

- Emscher-Mergel  
(Anl. 3.2.3/1)

Die Wasserwegsamkeit des Emscher-Mergel wird von BUSCH (1983) als sehr gering beschrieben. Lokal ist aber auch eine sehr starke Wasserführung festzustellen (EU 216.2). Einige wenige Durchlässigkeitsbeiwerte wurden an überwiegend sandführenden Kernproben des Emscher-Mergel bestimmt (EU 216.2). Diese Werte, die im Mittel etwa bei  $10^{-7}$  m/s liegen, sind daher nur eingeschränkt auf das Untersuchungsgebiet übertragbar, da hier die hydrogeologische Einheit Emscher-Mergel vorwiegend aus Mergelsteinen besteht.

Mergelsteine besitzen generell ein geringes Wasserleitvermögen. Wegen der in Oberflächennähe zu erwartenden erhöhten Auflockerung und einer damit verbundenen größeren Durchlässigkeit des Gebirges wird für den Emscher-Mergel eine  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-9}$  bis  $10^{-7}$  m/s angenommen. Die Gebirgsdurchlässigkeit liegt nach unserer Einschätzung zwischen  $k_f = 10^{-8}$  und  $k_f = 10^{-7}$  m/s. Als Rechenwert wird ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $5 \cdot 10^{-8}$  m/s vorgeschlagen.

- Tertiär  
(Anl. 3.2.3/1)

Für die Schichten des Tertiär sind aus dem Untersuchungsraum selbst keine  $k_f$ -Werte bekannt. Die in angrenzenden Gebieten meist im Labor an Feinsandsteinen bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte häufen sich zwischen  $10^{-6}$  m/s und  $10^{-5}$  m/s (EU 216.2).

Die im Untersuchungsgebiet nur wenig verbreiteten Sedimente des Tertiär bestehen vorwiegend aus gering verfestigten sandigen und schluffigen Sedimenten. Aufgrund dieser lithologischen Ausbildung

und unter Berücksichtigung der oberflächennahen Lage werden den tertiären Schichten eine  $k_f$ -Bandbreite von  $10^{-7}$  m/s bis  $10^{-4}$  m/s sowie Durchlässigkeitsbeiwerte für das Gebirge zwischen  $10^{-6}$  m/s und  $10^{-5}$  m/s zugeordnet. Als Rechenwert wird der relativ hohe Durchlässigkeitsbeiwert von  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s angesetzt, um im Modell die Zusammenfassung der Einheiten Quartär und Tertiär zu ermöglichen.

- Quartär

(Anl. 3.2.3/1)

Die in kiesig-sandigen und teils schluffigen Ablagerungen des Quartär durchgeführten hydraulischen Tests ergaben  $k_f$ -Werte, die überwiegend im Bereich von  $10^{-4}$  bis  $10^{-3}$  m/s liegen (EU 53.1, EU 53.2, EU 216.2).

Im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes sind überwiegend sandig-schluffige Schichten verbreitet. Nach Norden hin nimmt der Anteil an bindigen und damit gering wasserleitenden Schichten zu (EU 247). Unserer Einschätzung nach ist ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-5}$  bis  $10^{-4}$  m/s für das gesamte Untersuchungsgebiet repräsentativ. Als Rechenwert wird von uns  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s vorgeschlagen. Die  $k_f$ -Bandbreite liegt zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-3}$  m/s.

Insgesamt liegen die vom Antragsteller abgeleiteten großräumig wirksamen Gebirgsdurchlässigkeiten in derselben auch von uns angenommenen Größenordnung. Unterschiedliche Einschätzungen der Gebirgsdurchlässigkeit des Tertiär (Störzonenmodell) sind aufgrund von dessen Lage und geringer Verbreitung von untergeordneter Bedeutung (s. Anl. 3.2.3/1).

Effektive Gebirgsporosität (P\*)

Die effektive Gebirgsporosität, bei Festgesteinen ein Summenwert aus effektiver (= abflußwirksamer oder nutzbarer) Matrixporosität und effektivem Klufthohlraumvolumen oder Kluftvolumen, geht als wesentlicher Parameter in die Berechnung der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) ein. Die effektive Porosität repräsentiert den Volumenanteil, den jenes Wasser einnimmt,

das unter üblichen Druckverhältnissen fließen kann (RICHTER & LILLICH 1975).

#### - Effektive Matrixporosität

Porositätswerte wurden vorwiegend an Bohrkernen im Labor ermittelt. Die nach diesen Verfahren bestimmten und auch als "effektiv" bezeichneten Porositäten stimmen aber nur zum Teil mit dem im Hinblick auf die Grundwasserströmung als effektiv oder abflußwirksam angesehenen Hohlraumvolumina überein. Ähnlich sind die Porositätswerte aus dem Labor und effektive Matrixporositäten bei gut durchlässigen Schichten, da hier das Verhältnis von Haftwasseranteil zu nutzbarem Wassergehalt sehr klein ist. Generell geben daher nur die an grobkörnigen gut wasserleitenden Gesteinen im Labor ermittelten Ergebnisse realistische Werte für die effektive Matrixporosität wieder. Bei feinkörnigen Sedimenten, wie Tonsteinen oder dichten Kalksteinen, sind die an Bohrkernen gemessenen Werte meist sehr viel größer als die abflußwirksame Matrixporosität. Meßwerte für die effektive Porosität, die aus dem Untersuchungsraum (= Modellgebiet) und angrenzenden Gebieten vorliegen, sind in EU 199, EU 216.1 und EU 216.2 zusammengestellt.

Die Verteilung der Meßdaten im Untersuchungsgebiet ist sehr unterschiedlich. Die Probennahmepunkte häufen sich im Nahbereich des geplanten Endlagers (Grubengebäude, Bohrung K 101) sowie im Bereich der Kohlenwasserstoff-Lagerstätten. Nur sehr wenige Meßwerte sind für die tiefer liegenden Schichtenkomplexe vorhanden. Keine Daten sind aus dem Oberen Muschelkalk bekannt.

#### - Effektives Klufthohlraumvolumen

Daten über effektives Klufthohlraumvolumen sind aus dem Untersuchungsgebiet nicht bekannt.

Aus den o.a. Gründen kann die effektive Matrixporosität sowie das effektive Klufthohlraumvolumen und damit die für den Untersuchungsraum repräsentative effektive Gebirgsporosität und deren Bandbreite nur eingeschätzt werden. Berücksichtigung fanden dabei

neben den vorliegenden Meßwerten und Literaturdaten die lithofaziellen Verhältnisse und die hydrogeologischen Gegebenheiten (Poren- und/oder Kluftwasserleiter, Durchlässigkeit und Tiefenlage der Schichten etc.).

Folgende Richtwerte für effektive Poren- und/oder Kluftvolumina verschiedener Locker- und Festgesteine sind der Literatur zu entnehmen:

a) Lockergestein (HÖLTING 1980)

- Ton: effektives Porenvolumen = kleiner als 5 %
- Sand und Kies: effektives Porenvolumen = 10 - 30 %

b) Festgestein (DVWK 1983, wenn nicht anders angegeben)

- Tonstein: effektiver Porenanteil = 0 - 10 %  
effektives Kluftvolumen = 0 - 0,5 %  
effektives Kluftvolumen = 0,5 - 4,7 %  
(aus MATTHESS & UBELL 1983)
- Mergelstein: effektiver Porenanteil = 0 - 13 %  
(aus MATTHESS & UBELL 1983)
- Mergelkalk: effektives Kluftvolumen = 2,5 - 6 %  
(aus KRAPP 1979)
- Kalkstein: effektiver Porenanteil = 2 - 20 % für poröse Kalksteine  
effektiver Porenanteil = 0 % für dichte Kalksteine  
effektives Kluftvolumen = 0,1 - 2 % für poröse Kalksteine  
effektives Kluftvolumen = 1 - 4 % für dichte Kalksteine  
effektives Kluftvolumen = 0,7 - 13 %  
(aus MATTHESS & UBELL 1983)
- Sandstein: effektiver Porenanteil = 0 - 20 %  
effektives Kluftvolumen = 0,1 - 2 %  
effektives Kluftvolumen = < 0,1 - 5 %  
(aus MATTHESS & UBELL 1983)

Das Hohlraumvolumen des Gebirges nimmt durch die Erhöhung des Gebirgsdruckes generell mit zunehmender Tiefe ab. Für die unter der Unterkreidebasis liegenden hydrogeologischen Einheiten (durchschnittlich tiefer als 500 m unter Gelände) wird daher bei der Einschätzung der effektiven Gebirgsporosität nur noch die Hälfte des Wertes angesetzt, der für Schichten mit vergleichbarem lithologischen Aufbau im höheren Teil des Gebirges angenommen wird. Die Abnahme des Porenraums um einen Betrag in dieser Größe wird durch verschiedene Untersuchungsergebnisse, z.B. MATTHESIUS (1974), weitgehend bestätigt.

Das Wasserleitvermögen von Festgesteinen mit vernetzten Kluftsystemen hängt größtenteils vom effektiven Kluft-Hohlraumvolumen ab und weniger vom effektiven Porenvolumen. Bei der Festlegung des Wertes für die effektive Gebirgsporosität fand dies Beachtung.

Zwischen Porosität und Durchlässigkeit besteht kein unmittelbarer, d.h. mathematisch definierbarer Zusammenhang. Dennoch ist eine Relation zwischen beiden Parametern vorhanden. Dies wird bei der Einschätzung der effektiven Gebirgsporosität in der Weise berücksichtigt, daß die Porosität zu jenen Gebirgsdurchlässigkeiten in Beziehung gebracht wird, die von uns für die einzelnen hydrogeologischen Einheiten abgeleitet wurden (Anl. 3.2.3/1). Das Wasserleitvermögen von Schichten korreliert positiv mit deren effektiver Porosität.

Der Rechenwert für die effektive Gebirgsporosität wird so gewählt, daß bezogen auf die Bandbreiten relativ große Grundwasser-Fließgeschwindigkeiten als Modellergebnisse zu erwarten sind [ XXXXXXXXXX 1990a].

Die vorliegenden Kenntnisse über die Porositäten der Schichten im Modellgebiet Konrad lassen Gruppenbildungen für bestimmte Schichtpakete nach den vorgenannten Kriterien zu. Da die lithologische Ausbildung des Gesteins wesentlich dessen Porosität bestimmt, werden im folgenden die verschiedenen hydrogeologischen Einheiten entsprechend ihrer lithologischen Eigenschaften in mehreren Gruppen zusammengefaßt und die Porositätswerte unter Berücksichtigung

aller vorhandenen Informationen eingeschätzt. In Anlage 3.2.3/2 sind jeweils unter der Spalte a) die eingeschätzten Bandbreiten für die effektive Gebirgsporosität angegeben und unter der Spalte b) der Vertrauensbereich für die von uns eingeschätzte, zur Gebirgsdurchlässigkeit (Anl. 3.2.3/1) in Beziehung gesetzte großräumig wirksame effektive Gebirgsporosität. Die für die Modellrechnungen angesetzten Werte für die effektive Porosität sind in Anlage 3.2.3/2 aufgeführt.

#### - Lockergestein

Für die nicht verfestigten, überwiegend aus Sand und Schluff bestehenden Sedimente des Quartär wird eine Bandbreite der effektiven Gebirgsporosität von 10 bis 40 % als wahrscheinlich angesehen (Anl. 3.2.3/2). Die großräumig wirksame effektive Gebirgsporosität liegt etwa zwischen 15 % und 20 %. Als Rechenwert schlagen wir 20 % vor. Dies ist ein Erfahrungswert, der in verschiedenen gutachtlichen Stellungnahmen des NlFB zur Wasserversorgung in diesem Raum angesetzt wurde, wie z.B. [1971].

#### - Festgestein

##### - Tonstein

Folgende hydrogeologische Einheiten (Anl. 3.2.3/2) sind vorwiegend aus Ton- und Tonmergelstein aufgebaut (vgl. Kap. 3.2.2):

Alb (tonig)

Apt bis Basis Unterkreide (tonig)

Callovium und Bathonium (tonig)

Bajocium (tonig) und Ob. Aalenium (tonig)

Unt. Aalenium bis Sinemurium

Die im Labor an Gesteinsproben aus dem Untersuchungsraum und angrenzenden Gebieten an Tonsteinen der Unterkreide und des Dogger ermittelten Effektivporositäten liegen zwischen 5,4 % und 20,8 % (EU 216.2).

Ton- und Tonmergelsteine sind überwiegend sehr gering durchlässig. In Relation dazu ist auch der für die Grundwasserbewegung nutzbare Hohlraumanteil als klein anzunehmen. Die effektive Gebirgsporosität dieser feinstkörnigen Gesteine schätzen wir in Abhängigkeit von der mittleren Tiefenlage einer hydrogeologischen Einheit mit 2 % bis 5 % ein. Für die oberflächennäheren Unterkreide-Tonsteine wurde als Rechenwert 5 %, für die tieferen, unter höherem Gebirgsdruck stehenden Tonsteine des Dogger und Lias 2 % angesetzt. Die Bandbreite der effektiven Gebirgsporosität schätzen wir im höheren Teil des Gebirges mit 2 bis 15 % ein. Der untere Grenzwert der Bandbreite wurde bei den tiefer liegenden Einheiten auf 0,5 % herabgesetzt.

- Mergelstein

Folgende hydrogeologische Einheiten (Anl. 3.2.3/2) sind vorwiegend aus mergeligen Gesteinen aufgebaut:

Emscher-Mergel

Mittlerer und Unterer Keuper (im südlichen Bereich mit erhöhtem Sandanteil)

Die an sandigem Emscher-Mergel im Labor gemessenen Werte liegen zwischen 10 % und 19,5 % (EU 216.2).

Als Rechenwert schlagen wir eine effektive Gebirgsporosität von 5 % vor, da die im Vergleich zu den Tonsteinen kompetenteren Mergelsteine ein größeres nutzbares Klufthohlraumvolumen besitzen. Als Grenzwerte der effektiven Gebirgsporosität werden für den höheren Teil des Gebirges wie bei den Tonsteinen 2 bis 15 % angesetzt; für den tieferen Gebirgsbereich wird der untere Grenzwert auf 1 % verkleinert.

- Kalkstein

Folgende hydrogeologische Einheiten (Anl. 3.2.3/2) sind aus Kalksteinen (mit Einschaltungen von Mergel- und Tonmergelsteinen) aufgebaut:

Plänerkalke bis Flammenmergel (verkieselte Oberalb-Tonsteine)  
Tithon und Kimmeridge  
Oxford  
Oberer Muschelkalk

Im Labor wurden für die Gesteinsproben aus den o.a. Einheiten Porositätswerte von 0,1 % bis 26,8 % bestimmt (EU 216.2).

Die Plänerkalke besitzen aufgrund ihrer meist oberflächennahen Lage ein großes effektives Kluftvolumen und ein hohes Wasserleitvermögen. Wir nehmen daher für die Plänerkalke und die Flammenmergel einen Vertrauensbereich für die effektive Gebirgsporosität zwischen 5 % und 15 % sowie einen Rechenwert von 10 % an (Bandbreite: 5 % bis 20 %).

Ein geringeres effektives Hohlraumvolumen ist bei den tiefer liegenden Kalkgesteinen zu erwarten. Für die Schichtenfolge des Oxford, die als Einlagerungs- und möglicher Ausbreitungshorizont besondere Bedeutung hat, wird aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten als effektive Gebirgsporosität ein Wert um 1 % für plausibel gehalten und als Rechenwert angesetzt. Die Bandbreite von 0,1 % bis 20 % deckt das gesamte Spektrum vom geringstmöglichen effektiven Kluftvolumen bis zum größten effektiven Porenvolumen stark poröser Kalksteine ab.

Für die Schichten des Tithon und Kimmeridge werden wegen ihrer mit dem Oxford vergleichbaren hydrogeologischen Eigenschaften dieselben Porositätswerte angesetzt.

Der Obere Muschelkalk wird als ein gut durchlässiger Kluftwasserleiter betrachtet. Der Vertrauensbereich der effektiven Gebirgsporosität liegt in Abhängigkeit von den von uns für wahrscheinlich gehaltenen Gebirgsdurchlässigkeiten zwischen 1 % und 5 % (Bandbreite: 0,1 % bis 20 %). Der Modelleingangswert für die effektive Gebirgsporosität wird dem eingeschätzten hohen Wasserleitvermögen von  $k_f = 10^{-6}$  m/s durch die Annahme eines großen Hohlraumvolumens von 5 % angeglichen.

## - Sandstein

Folgende hydrogeologische Einheiten (Anl. 3.2.3/2) sind vorwiegend aus Sandsteinen aufgebaut:

### Tertiär

Hilssandstein

Valangin (sandig) und Wealden

Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Oberes Bajocium)

Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)

Hettangium und Oberer Keuper

Schichten des Tertiär sind im Untersuchungsgebiet nur stellenweise verbreitet. Diese überwiegend sandigen und schluffigen, nur gering verfestigten Sedimente besitzen vermutlich einen großen nutzbaren Porenraum. Eine Bandbreite von 10 % bis 30 % halten wir für wahrscheinlich. Der Vertrauensbereich der effektiven Gebirgsporosität liegt unserer Einschätzung nach zwischen 15 % und 20 %. Um eine Vereinfachung der Modellstruktur zu ermöglichen, wird dieser im Modellgebiet nur gering verbreiteten Schichtenfolge des Tertiär dieselbe effektive Gebirgsporosität wie dem Quartär zugeordnet.

Untersuchungsergebnisse (z.B. Bohrung K 101) weisen den Hilssandstein als sehr guten Wasserleiter aus. Lokal wurden sehr große Porenvolumina (größer als 30 %) ermittelt (EU 216.2). Für den nur gering zementierten Hilssandstein können als Vertrauensbereich der effektiven Gebirgsporosität 15 % bis 20 % angenommen werden (Bandbreite 10 % bis 25 %). Als Rechenwert geben wir 15 % vor.

Die hydrogeologische Einheit Valangin (sandig) und Wealden ist im Untersuchungsgebiet mit vorwiegend tonigen und tonig-mergeligen Schichten vertreten, in die Sandsteinlinsen unterschiedlicher Mächtigkeit und Ausdehnung eingelagert sind. Nach Norden hin nimmt der Anteil an sandigen Schichten zu. Die im Labor für Wealden und Valangin ermittelten Porositätswerte liegen zwischen 1,1 % und 31 %. Aufgrund der sehr inhomogenen lithofaziellen Gegebenheiten ist die effektive Gebirgsporosität für Valangin (sandig) und Weal-

den nur schwer einschätzbar. Dem wird durch die Annahme eines weiten Vertrauensbereiches für die effektive Gebirgsporosität von 5 % bis 15 % Rechnung getragen (Bandbreite: 5 % bis 20 %). Als Rechenwert schlagen wir 7,5 % vor. Dies ist ein mittlerer Wert, der aus den eingeschätzten Nutzporositäten für Tonsteine und tiefer liegende Sandsteinhorizonte abgeleitet wurde.

Für die Sandsteine des Dogger (Cornbrash-Sandstein und Dogger-beta-Sandstein), Hettangium und Oberen Keuper wurden im Labor Effektivporositäten von 0,1 % bis 44 % gemessen. Der repräsentative Wert liegt etwa bei 20 % (EU 216.2).

Die fazielle Ausbildung des Cornbrash-Sandstein und damit der nutzbare Hohlraumanteil variieren sehr stark. Die größten effektiven Porenvolumina wurden in den Sedimentationsgebieten bestimmt, in denen der Cornbrash-Sandstein als Kohlenwasserstoff-Speichergestein bedeutsam ist. Die Untersuchungen im Grubengebäude und in der Bohrung K 101 haben dagegen gezeigt, daß zumindest in diesem Teil des Gebirges, aufgrund der Reduzierung des Porenraums durch Karbonat- und/oder Tonzementation, nicht die Matrixporosität, sondern der Klufthohlraum für die Wasserführung die größere Bedeutung besitzt. Dem wird dadurch Rechnung getragen, daß für das Gesamtgebiet, bezogen auf das angenommene gute Wasserleitvermögen, ein Vertrauensbereich für die effektive Gebirgsporosität des Cornbrash-Sandsteins von 1 % bis 5 % und ein Rechenwert von 3 % angesetzt werden (Bandbreite: 0,1 % bis 20 %).

Der Dogger-beta-Sandstein ist im Gifhorner Trog das bedeutsamste Kohlenwasserstoff-Speichergestein mit großen effektiven Matrixporositäten bis zu fast 40 %. Die vorliegenden Messungen stammen aus Erdölbohrungen und besitzen Werte zwischen 5 und 30 % (EU 216.2). Der Dogger-beta-Sandstein wird ebenso wie die Sandsteine des Hettangium und Oberen Keuper von uns als Porenwasserleiter eingestuft. Das für diese hydrogeologischen Einheiten eingeschätzte große Wasserleitvermögen bedingt die Annahme entsprechend angeglichener effektiver Gebirgsporositäten. Für die effektive Gebirgsporosität wird daher als Vertrauensbereich 5 % bis 10 % (Band-

breite: 5 % bis 25 %) als wahrscheinlich angenommen und als Rechenwert 10 % angesetzt.

### 3.2.3.2 Hydraulische Kenndaten des gestörten Gebirges

Bei der Zuordnung von hydraulischen Kenndaten müssen auch die gegenüber dem intakten Gebirge möglicherweise veränderten hydraulischen Eigenschaften tektonisch beanspruchter Gebirgsbereiche in Betracht gezogen werden. Generell sind eine großräumig erhöhte Durchlässigkeit und eine erhöhte effektive Porosität in Zerrüttungszonen nicht auszuschließen.

#### 3.2.3.2.1 Darstellung des Antragstellers

Mit Modellrechnungen ("Störzonenmodell") sollte geklärt werden, inwieweit Änderungen der Durchlässigkeiten entlang von Störungen den regionalen Tiefenwasserstrom beeinflussen und zu anderen Laufzeiten vom Endlager zur Biosphäre führen können. Dabei wurden folgende Störungen (EU 197, Plan 4/90, Kap. 3.1.10) berücksichtigt:

- die Immendorfer Störung,
- die Flanken der Salzstöcke Flachstökheim und Thiede sowie die Ostflanke der Salzstockkette Broistedt, Vechelde, Rolfsbüttel-Wendeburg,
- der Konrad-Graben sowie Vergitterungszonen beiderseits des Konrad-Grabens,
- Störungen südlich des Konrad-Grabens,
- die Überschiebungszone von Meine sowie
- Störungen im Bereich des Salzgitter-Höhenzuges.

Störungen und Störungssysteme können sowohl eine Erhöhung als auch eine Erniedrigung der Durchlässigkeiten bewirken oder aber auch keinen Einfluß auf die Durchlässigkeit haben.

Neben den Störungszonen wurde eine Zone erhöhter Durchlässigkeit im Bereich der unter der Hauterive-Transgression angenommenen

lokalen Verkarstung im Oxford definiert. Dabei wird unterstellt, daß in den Kalksteinen des Oxford durch Lösungsverwitterung Hohlräume und dadurch höhere Durchlässigkeiten entstanden sind.

Der Antragsteller hat für die Störungen Bandbreiten möglicher Durchlässigkeitsänderungen innerhalb realistischer Grenzfälle festgelegt, die im Plan 4/90, Tab. 3.1.10.3/3, dargestellt sind (siehe unten). Aus diesen Bandbreiten hat er Eingangsdaten für den Referenzfall der Modellrechnungen des "Störzonenmodells" ausgewählt, die er im Verlauf seiner Berechnungen variiert hat.

Störungszonen	Faktoren	
	Bandbreiten	Eingangsdaten
Immendorfer Störung	0,1 - 75	50
Salzstockflanken	0,1 - 50	25
Konrad-Graben	0,5 - 20	10
Vergitterungszonen beiderseits des Konrad-Grabens	0,5 - 500	60
Bereich südlich des Konrad-Grabens	0,5 - 15	10
Überschiebungszone von Meine	0,1 - 75	50
Salzgitter-Höhenzug	0,5 - 25	25

Die Faktoren, um die die Durchlässigkeiten der durch die Störungszonen beeinflussten Schichten je nach Grad der tektonischen Beanspruchung verändert sein können, liegen zwischen 0,1 und 500. Für die Verkarstung wird eine Bandbreite des Faktors zwischen 1 und 50 und ein Eingangswert von 10 angenommen.

Die Schichten des Alb, des Hilssandstein und des Rhät erhalten in Störungszonen keine erhöhten Durchlässigkeiten. Klüfte im Alb wurden durch den Einfluß quellfähiger Tonminerale verschlossen. Diese abdichtende Wirkung ist auch aus Erdölbohrungen bekannt, in denen das Alb in tektonisch gestörten Gebieten, z.B. Salzstockflanken,

eine sehr gute Barriere gegenüber der Migration von Erdöl und Erdgas bildet. Hilssandstein und Rhät sind als Porenwasserleiter eingestuft. Da die Wasserbewegung im wesentlichen in den Poren stattfindet, führt eine erhöhte Klüftigkeit nicht zu höheren Durchlässigkeiten.

#### 3.2.3.2.2 Stellungnahme des NLFb

Folgende tektonische Elemente wurden von uns wegen ihrer möglichen Bedeutung für die Grundwasserbewegung in die hydrogeologische Bewertung des Gebirges einbezogen [██████████ 1990a]:

- Salzgitter-Höhenzug; Immendorfer Störung; Sauinger Sprung; Drüterer Sporn; Überschiebung Rühme-Meine-Vordorf; Störungszonen Thiede-Bechtsbüttel, Wendeburg-Gifhorn, Bechtsbüttel-Calberlah und Gifhorn-Calberlah; Salzstockflanken und das Deckgebirge über den Salzstöcken; Konrad-Graben; Bereich südlich des Konrad-Grabens; Störungszonen mit geringen vertikalen Sprunghöhen (kleiner 100 m) und geringen horizontalen Erstreckungen (kleiner 5 km).

Beobachtungen zur Wasserdurchlässigkeit in Störungszonen liegen nur aus dem Bereich des im Grubengebäude aufgeschlossenen Konrad-Grabens vor. Dort konnte im Vergleich zum umgebenden Gebirge keine verstärkte Wasserführung festgestellt werden. Beim Auffahren der Grube angetroffene wasserführende Klüfte im Korallenoolith versiegten i.a. nach kurzer Zeit, so daß davon ausgegangen werden kann, daß es sich bei den austretenden Wässern um in sich abgeschlossene Kluftwasserreservoirs handelte und keine Zusickerung aus der weiteren Umgebung stattfindet (s. Kap. 3.2.3.1.2, Oxford).

Über die übrigen oben aufgeführten tektonisch beanspruchten Zonen liegen keine Informationen vor. Grundsätzlich muß mit räumlich stark wechselnden hydraulischen Eigenschaften in diesen Gebirgsbereichen gerechnet werden. PRINZ (1991) geht davon aus, daß erfahrungsgemäß die Durchlässigkeit von Kluft- bzw. Störungszonen etwa einen Potenzexponenten höher ist als die großflächig ermittelten

Durchschnittswerte. Dieser Faktor gilt für oberflächennah liegende Gesteine.

Man kann davon ausgehen, daß die in Störungszonen um diesen Faktor erhöhte Durchlässigkeit zur Tiefe hin abnimmt. Daneben sind Beispiele belegt (WERNER 1990), wonach selbst Zonen intensiver Zerrüttung z.B. in Tonsteinen, eine relative Dichtheit aufweisen können. Der von uns innerhalb der Störzonen, einschließlich des Konrad-Grabens, angenommene Faktor 10 für die Erhöhung der hydraulischen Leitfähigkeiten der darin liegenden hydrogeologischen Einheiten ist als konservativ anzusehen, ebenso wie die daran angepaßte Erhöhung der effektiven Gebirgsporosität um die Hälfte des für das intakte Gebirge angesetzten Rechenwertes.

Für das Quartär, das Tertiär, die hydrogeologische Einheit Emscher-Mergel, den Hilssandstein, den Dogger-beta-Sandstein sowie für die Sandsteine des Hettangium und Oberen Keuper wird wegen ihrer geologischen und hydrogeologischen Eigenschaften und teils auch aufgrund der geringen Tiefenlage keine wesentliche Beeinflussung der Durchlässigkeit durch tektonische Beanspruchung erwartet. Deshalb werden der  $k_f$ -Wert und die effektive Porosität im Bereich dieser Schichten nicht erhöht.

Auch für das Alb wurde keine Erhöhung der Durchlässigkeit angenommen, da sich im Alb anhand der reflexionsseismischen Messungen keine Störungen nachweisen ließen, bzw. mögliche Versatzbeträge so gering sind, daß sie unter der seismischen Nachweisgrenze von 20 m liegen. Außerdem weist das Alb Gesteinseigenschaften auf, die eine Erhöhung des Wasserleitvermögens einschränken, wie z.B. die geringe Zementation und der Gehalt an quellfähigen Tonmineralen.

Anhand der geologischen Befunde ist die Möglichkeit, daß Karsterscheinungen im Oxford auftreten, nur in einem begrenzten Teil des Untersuchungsgebietes gegeben. Beobachtungen in der Bohrung K 101 lassen lediglich die Vermutung zu, daß die Kalk- und Gipsgesteine des Malm an der Transgressionsfläche zur Unterkreide teilweise fossile Verkarstungserscheinungen aufweisen.

Lokal könnte dadurch im Laufe der erdgeschichtlichen Entwicklung eine erhöhte Durchlässigkeit bewirkt worden sein. Ein gleichmäßig erhöhtes Wasserleitvermögen über die gesamte Ausstrichfläche der Gesteine des Oberen Jura ist für den derzeitigen Zustand nicht zu unterstellen, da außerdem angenommen werden kann, daß mögliche Hohlräume später durch transgredierende Unterkreide-Tonsteine wiederverfüllt wurden.

### 3.2.3.3 Hydraulische Kenndaten der alten Tiefbohrungen und der Bohrung K 101

Eine weitere Veränderung der hydraulischen Eigenschaften des Gebirges ist im Bereich von Bohrungen und Schächten durch die Art der Verfüllung oder auch in deren durch Spannungsumlagerungen im Gebirge entstandenen Auflockerungszonen zu erwarten.

Während der Erkundung des Gebirges im Zuge der Erz-, Erdöl- und Salzexploration wurde im Umfeld der Grube Konrad die geologische Barriere durch eine Vielzahl von Tiefbohrungen durchstoßen. Zum Abbau des Erzes wurden die Schächte Konrad 1 und Konrad 2 abgeteuft, die ebenfalls eine Verletzung der Barrierschichten bewirken und daher wie auch die Bohrungen als mögliche Ausbreitungspfade angesehen werden. Es mußte daher vom Antragsteller für die verfüllten Bohrungen und für die Schächte sowie für die zementierte Untersuchungsbohrung K 101 der quantitative Nachweis der Dichtigkeit, vor allem im Bereich der Barrierschichten, geführt werden.

Von besonderer Bedeutung für die Bewertung der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers sind die K 101 und 24 aus früherer Explorationstätigkeit stammende Tiefbohrungen in der näheren Umgebung der Grube Konrad und in dem nach Norden anschließenden potentiellen Abstromgebiet.

### 3.2.3.3.1 Darstellung des Antragstellers

Der Antragsteller hat zu den Verfüllungen der alten Tiefbohrungen die Erläuternden Unterlagen EU 232, EU 434, EU 437, EU 449, EU 461 und EU 464 vorgelegt.

Die im Modellgebiet befindlichen Tiefbohrungen wurden entsprechend den bergbehördlichen Verordnungen nach Beendigung der Bohrarbeiten verfüllt, um u.a. Grundwasserübertritte von einem Horizont in einen anderen zu verhindern. Für den Nachweis der Dichtigkeit wurde daher untersucht, wie sich die Verfüllmaterialien im Verlaufe langer Zeiträume verhalten und welche Durchlässigkeiten sie auf Dauer besitzen.

Die Verfüllungen der relevanten Bohrungen bestehen aus verbliebener Dickspülung, aus Zementationen sowie aus sonstigen Feststoffverfüllungen. Von besonderem Interesse sind die Bohrlochtransmissivitäten der verfüllten Bohrlochabschnitte im Bereich der Unterkreide-Barriere. In der Unterkreide führt nachbrechendes Gestein zu einer Selbstverfüllung offener Bohrlochabschnitte. Die hydraulischen Eigenschaften des Nachfalls wurden durch Laborversuche bestimmt.

Die Ergebnisse der Durchlässigkeitsuntersuchungen der Füllmaterialien werden im folgenden dargestellt:

#### Durchlässigkeit der Spülungssedimente

Mit Ausnahme der Bohrung K 101 ist in allen Bohrungen in großen Abschnitten die beim Bohren verwendete Dickspülung als Verfüllung verblieben. Für die Durchlässigkeit des Spülungssedimentes wird der Wert  $k_f = 1 \cdot 10^{-8}$  m/s angegeben. Dieser Wert ist zwar geringfügig kleiner als der in Versuchen (EU 449) bestimmte Mittelwert von  $2 \cdot 10^{-8}$  m/s, wird aber deshalb für vertretbar gehalten, da es sich dabei um Kurzzeitversuche handelte. Im Laufe langer Zeiträume ist grundsätzlich von einer weiteren Abnahme der Durchlässigkeit auszugehen. Die Sedimentationsanteile der Spülungen, aus denen sich die Höhe der sedimentierten Spülung im Bohrloch bestimmen läßt,

wurden aus der jeweiligen Spüldichte berechnet und liegen zwischen 40 % und 76 %.

#### Verhalten von Zementbrücken

In allen Bohrungen wurden abschnittsweise Zementationen eingebracht. Die Bohrung K 101 ist vollständig mit Zement verfüllt. Aufgabe der Zementationen ist es, die Bohrungen in bestimmten Horizonten langfristig abzudichten. Die Wasserdurchlässigkeit wird größenordnungsmäßig mit etwa  $10^{-13}$  m/s eingeschätzt. Auch durch lösende korrosive Vorgänge aufgrund von Tiefenwasserzutritten wird die Wasserdurchlässigkeit nicht um mehr als ca. 1-2 Zehnerpotenzen angehoben. Der Bestand der Zementbrücken über geologische Zeiträume (mehr als 10000 Jahre) kann grundsätzlich jedoch nicht in Ansatz gebracht werden, da ein kontinuierlicher Zutritt korrosiv auf die Zementflächen wirkender Tiefenwässer stattfinden wird.

Für die sedimentierten Zementsteinpartikel aus zerstörten Zementbrücken wird ein  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  m/s angenommen. Alternativ dazu wurde in den Modellrechnungen der Einfluß intaktgebliebener Zementfüllungen untersucht, denen ebenfalls ein  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  m/s zugewiesen wird.

#### Durchlässigkeit des Nachfalls im Bereich der Unterkreide

In einigen Schichtgliedern der Unterkreide sind Bohrlöcher, die nicht durch eine Füllung oder Verrohrung gestützt werden, nicht über längere Zeiträume standsicher. Da diese tonigen Gesteine bei Wasserzutritt zum Zerfall (EU 437, EU 460) neigen, führen die Nachbrucherscheinungen zu einer Selbstabdichtung der Bohrungen. Im tieferen Bereich der Unterkreide sind diese Mechanismen aufgrund des höheren Spannungsniveaus und der z.T. stärkeren tektonischen Beanspruchung des Gebirges stärker ausgeprägt als in den höheren Schichten.

Durch Laborversuche konnte nachgewiesen werden, daß die Wasserdurchlässigkeit des dicht gelagerten Nachfalls höchstens  $1 \cdot 10^{-8}$  m/s beträgt, wobei der Sedimentationsanteil, durch Verdichtungs Vorgänge bedingt, mit 75 % angegeben wird.

#### Durchlässigkeit sonstiger Bohrlochverfüllungen

Neben den Zementationen und den verbliebenen Dickspülungen wurde i.w. Bohrklein als Verfüllmaterial eingebracht. Es handelt sich dabei um während des Bohrens aus der Spülung abgeseibtes bzw. in Absatzbecken oder Tanks abgesetztes Bohrgut. Da in allen Fällen davon auszugehen ist, daß die Materialien in die mit Dickspülung gefüllten Bohrlöcher eingebracht wurden, kann auch aufgrund der Art der Füllmaterialien eine sehr geringe mittlere Wasserdurchlässigkeit von  $1 \cdot 10^{-8}$  m/s dieser Verfüllungen angenommen werden. Außerdem wird von einer Volumenkonstanz dieser Verfüllungen ausgegangen.

#### Berechnung der Bohrlochtransmissivitäten einschließlich der Auflockerungszonen

Für den Nachweis der Dichtigkeit ist der Zustand der Bohrungen bzw. der Bohrlochfüllungen in der Nachbetriebsphase 1000 Jahre nach Beendigung der Einlagerung maßgeblich.

Bei der Ermittlung von möglichen Zuständen der relevanten alten Tiefbohrungen werden oben aufgeführte Untersuchungsergebnisse herangezogen. Es werden drei idealisierte Fälle untersucht, die sich hinsichtlich der Annahmen zur Beständigkeit der Bohrlochzementationen unterscheiden.

Die Bohrlochtransmissivitäten der relevanten alten Tiefbohrungen und der Bohrung K 101 setzen sich aus den Teiltransmissivitäten für vier verschiedene Teilflächen zusammen (Bohrquerschnitt, Auskesselung, Querschnittsvergrößerung durch Nachfall, Querschnitt der Auflockerungszone):

Bohrungsbedingte Auskesselungen führten zur Vergrößerung des Bohrlochdurchmessers. Bei der Berechnung von Transmissivitäten müssen die vergrößerten Querschnitte berücksichtigt werden, da sie in die Berechnung der Verfüllhöhen eingehen.

Anhand von Kalibermessungen in 3 Bohrungen wurden die Veränderungen des Bohrlochquerschnittes untersucht und auch für die nicht vermessenen Bohrungen abgeschätzt. Da die Durchmesser der Bohrungen nicht einheitlich sind, werden im folgenden Faktoren für die Bohrlocherweiterung bzw. für die Ausdehnung der Auflockerungszone angegeben.

Für die höhere Unterkreide (Alb und Apt) ergab sich ein mittlerer Erweiterungsfaktor von 1,4 für den Bohrlochdurchmesser, für die tiefere Unterkreide (Barrême und Hauterive) ein Faktor von 1,6.

Nach Beendigung der Bohrarbeiten führen im nicht verfüllten Bohrloch Nachbrucherscheinungen im Bereich der gesamten Unterkreide zu einer zusätzlichen Querschnittvergrößerung, nämlich um das 1,35-fache des mittleren Bohrlochdurchmessers. Daraus ergibt sich der endgültige Bohrlochdurchmesser.

Der Durchmesser der Auflockerungszone, die auf die Entspannung des Gebirges zurückzuführen ist, wird für den Bereich der höheren Unterkreide mit dem Faktor 1,25 aus dem endgültig ermittelten Bohrlochdurchmesser berechnet. Für den Bereich der tieferen Unterkreide wird der Faktor zur Bestimmung des Durchmessers der Auflockerungszone aus dem endgültig ermittelten Bohrlochdurchmesser mit 1,80 angenommen.

Für die Abschätzung der Wasserdurchlässigkeit der Auflockerungszone um die alten Tiefbohrungen wurden zunächst die Spannungs- und Dehnungszustände im Nahbereich der Bohrlöcher berechnet. Anschließend wurden daraus unter Einbeziehung gemessener  $k_f$ -Werte Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte in Abhängigkeit von der Entfernung zum Bohrlochrand abgeleitet. Der Durchlässigkeitsbeiwert der Auflockerungszone im Bereich der Barrierschichten wird mit  $10^{-8}$  m/s angesetzt.

Die Transmissivitätswerte wurden für die verschiedenen Bohrlochzustände (sedimentierte Bohrspülung, Nachfall, Zementation und Bohrklein) und für die einzelnen Abschnitte Quartär, Oberkreide, höhere und tiefere Unterkreide, Malm, Dogger, Lias und Keuper, Muschelkalk und Zechstein berechnet. Diese sind tabellarisch in der EU 437 dargestellt.

Die aus den Untersuchungsergebnissen berechneten mittleren Transmissivitäten der Bohrungen liegen im Bereich der Unterkreide bei  $10^{-9}$  bis  $10^{-8}$  m<sup>3</sup>/s.

Für die Fließporosität der Bohrlochverfüllungen und der Auflockerungszonen wird ein Wert von 10 % angegeben (EU 455).

#### 3.2.3.3.2 Stellungnahme des NLfB

Zur Prüfung des Verhaltens und der hydraulischen Eigenschaften der verfüllten alten Tiefbohrungen und der Untersuchungsbohrung K 101 und ihrer Auflockerungszonen wurden vom Antragsteller die EU 437 und die EU 438 vorgelegt.

#### Eigenschaften der Verfüllmaterialien

Die darin dargestellten Untersuchungsergebnisse bezüglich der Verfüllhöhen, Beständigkeit und Durchlässigkeiten der Verfüllmaterialien (sedimentierte Bohrspülungen, Nachfall, Zementbrücken und sonstige eingebrachte Bohrlochverfüllungen), vor allem im Bereich der Unterkreide-Barriere, wurden vom [REDACTED] und von [REDACTED] von der Technischen Universität Clausthal-Zellerfeld geprüft (s. OBA-Stellungnahme Anl. 3 und 3a).

Nach [REDACTED] sind die vom Antragsteller angesetzten Durchlässigkeiten der Spülungssedimente von  $k_f = 10^{-8}$  m/s als äußerst vorsichtig und konservativ anzusehen. Auch der verwendete Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 10^{-8}$  m/s für den Unterkreide-Nachfall, für den im Labor nach 110 Tagen  $k_f$ -Werte zwischen  $10^{-9}$  und

$10^{-8}$  m/s ermittelt wurden und die sich mit der Zeit weiter reduzieren, werden durch [REDACTED] bestätigt. Daneben empfiehlt er, die Bohrungen Üfingen 1 und Bleckenstedt 1, die mit zusätzlichem Füllstoff verfüllt wurden, hinsichtlich der Durchlässigkeit analog zum Antragsteller gleich zu bewerten wie die mit Dickspülungen verfüllten Bohrungen.

Neben den Durchlässigkeiten der Verfüllmaterialien der alten Bohrungen bestätigen das [REDACTED] die vom Antragsteller gemachten Aussagen zu den Verfüllhöhen, zu den Bohrlocherweiterungsfaktoren in den Unterkreide-Tonsteinen sowie zur Standfestigkeit von Zementbrücken.

Die effektive Porosität des Versatzes, die in der EU 455 mit 10 % angesetzt wurde, halten wir aufgrund der vorgegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte für die verschiedenen Verfüllmaterialien von  $k_f = 10^{-8}$  m/s für plausibel.

#### Auflockerungszonen um Bohrungen

Zur Ableitung hydraulischer Kenndaten der die alten Tiefbohrungen umgebenden Auflockerungszonen im Bereich der Unterkreideschichten wurden die Untersuchungsergebnisse der am Schacht Konrad 2 (u.a. Untersuchungsstrecken im Alb und Barrême) durchgeführten Versuche zur Wasserdurchlässigkeit (EU 424 und EU 454) und die EU 438 herangezogen.

Versuchstechnisch ließ sich die die Auflockerungszone kennzeichnende Wasserdurchlässigkeit jedoch nur näherungsweise ermitteln. Auch die Möglichkeit einer in-situ-Erfassung der Auflockerungszonen um die 25 relevanten alten Bohrungen ist nicht gegeben. Die Einschätzung der Größe und Durchlässigkeit der Auflockerungszone um den Schacht Konrad 2 wurde vom Antragsteller daher auf der Grundlage geomechanischer Berechnungen, mit denen der derzeitige Dehnungszustand des Gebirges in Schachtnähe bestimmt wurde, vorgenommen. Zur Interpretation der berechneten Dehnungen im Hinblick auf die Wasserdurchlässigkeit der Auflockerungszone wurde eine Beziehung zwischen Dehnung und Wasserdurchlässigkeit des Gebirges

abgeleitet und auf die alten Tiefbohrungen und den Schacht Konrad 1 übertragen.

Das [REDACTED] (s. OBA-Stellungnahme Anl. 2) hat dieser Vorgehensweise des Antragstellers zugestimmt und die Ansätze einschließlich der Modellparameter für die Spannungs-Dehnungsrechnungen sowie den daraus resultierenden Wert für die Wasserdurchlässigkeit der Auflockerungszone von  $k_f = 10^{-8}$  m/s als konservativ bezeichnet.

Die Rechnung des Antragstellers zur Ermittlung der Bohrlochdurchmesser (inkl. Bohrlocherweiterung und Auflockerungszone), Verfüllhöhen und Durchlässigkeiten der Verfüllmaterialien sowie zur Bestimmung der in der EU 437 tabellarisch dargestellten Bohrloch-Transmissivitäten wurde von uns geprüft. Da unsere Prüfung keine Beanstandung ergab, wurden die Daten für die Modellrechnungen zum Nachweis einer ausreichenden Dichtigkeit der alten Tiefbohrungen übernommen ([REDACTED] 1992).

Eine direkte Bestimmung der oben aufgeführten Parameter, wie z.B. Eigenschaften der Verfüllmaterialien, ist zwar durch erneutes großkalibriges Überbohren der alten Tiefbohrungen grundsätzlich möglich. Der Nachweis einer ausreichenden Dichtigkeit ist dabei aber für jede einzelne relevante Bohrung zu führen. Bei der großen Anzahl der alten Bohrungen, die auf diese Weise zu untersuchen wären, würde die Barriere erneut geschwächt, so daß wir die vom Antragsteller gewählte Nachweismethodik für zweckdienlich halten. Der Einsatz einer anderen Methode ist auch nicht erforderlich, da nach Auffassung der Gutachter der Genehmigungsbehörde der Nachweis einer ausreichenden Dichtigkeit der alten Tiefbohrungen von Seiten des Antragstellers erbracht wurde.

#### 3.2.3.4 Bewertung zu Hydraulische Kenndaten

Der Antragsteller hat die aus Gelände- und Laboruntersuchungen im Untersuchungsgebiet vorliegenden Meßwerte im wesentlichen erfaßt. Darüber hinaus hat das NLFb weitere in der Literatur veröffent-

lichte Untersuchungsergebnisse und eigene Unterlagen für die Überprüfung der vom Antragsteller vorgelegten Gebirgskennwerte herangezogen.

Bekanntlich stehen nur wenige Naturmessungen aus dem Modellgebiet für die Ermittlung von großräumig geltenden hydraulischen Kennwerten zur Verfügung. Aus diesem Grunde hat der Antragsteller die benötigten Gebirgskennwerte vor allem unter Berücksichtigung der aus zahlreichen Tiefbohrungen und der seismischen Erkundung ausreichend gut bekannten geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse über Analogieschlüsse abgeleitet. Diese Vorgehensweise ist in der Geologie und Hydrogeologie allgemein üblich und entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Die vom Antragsteller als repräsentativ abgeleiteten hydraulischen Gebirgskennwerte liegen überwiegend in dem auch von uns erwarteten Größenbereich (s. Anl. 3.2.3/1 und 3.2.3/2). Bei den effektiven Porositäten werden von uns fast immer kleinere Werte zum Ansatz gebracht. Kleinere Porositäten führen zu größeren Grundwasserfließgeschwindigkeiten und damit zu kürzeren Grundwasserlaufzeiten.

Da mögliche Änderungen der Durchlässigkeiten entlang von Störungen den regionalen Tiefenwasserstrom und damit die Laufzeiten des Grundwassers von der Grube zur Biosphäre beeinflussen können, hat der Antragsteller dies ebenfalls in Modellrechnungen geprüft. Für den Referenzfall seines "Störzonenmodells" hat er für die verschiedenen als Störungszonen ausgewiesenen Bereiche und einen angenommenen lokalen Verkarstungshorizont je nach Grad der tektonischen Beanspruchung eine Erhöhung der Durchlässigkeit zwischen Faktor 10 und 60 vorgegeben.

Die vom Antragsteller berücksichtigten Zonen möglicher erhöhter Durchlässigkeit werden von uns bis auf den nach unserer Auffassung nicht als großräumig hydraulisch wirksamen Verkarstungshorizont bestätigt. Im Gegensatz zum Antragsteller wurde von uns daher der Verkarstungshorizont im Modell nicht berücksichtigt.

Aufgrund der im Grubengebäude gewonnenen Erkenntnisse, speziell aus dem Bereich des Konrad-Grabens, halten wir einen Erhöhungsfaktor von höchstens 10 für die Gebirgsdurchlässigkeiten und entsprechende effektive Porositäten für angemessen. Dieser Wert wird auch durch Erfahrungen aus anderen hydrogeologisch ähnlichen Regionen bestätigt.

Die Auswirkungen der teilweise voneinander abweichenden Modelleingabedaten des Antragstellers und des NLfB (s. Anl. 3.2.3/1 und 3.2.3/2) auf die Ergebnisse der Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung werden in Kap. 3.4 dieses Gutachtens, aber vor allem im Gutachten des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt behandelt.

Auch die im Modellgebiet aus der Explorationstätigkeit stammenden alten Tiefbohrungen stellen einen möglichen Ausbreitungspfad für aufsteigende Tiefenwässer dar. Daher mußte der Antragsteller den Einfluß dieser alten Tiefbohrungen auf die Nuklidausbreitung aufzeigen und deren Dichtigkeit nachweisen. In diesem Zusammenhang wurden das Langzeitverhalten der Verfüllmaterialien und deren Durchlässigkeiten umfassend untersucht. Die generelle Vorgehensweise bei der Nachweisführung einschließlich der Durchführung der WD-Tests zur Ermittlung von Durchlässigkeiten entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Da die Bestimmung der Durchlässigkeit der um die Bohrungen liegenden Auflockerungszonen durch den Antragsteller auf der Grundlage geomechanischer Berechnungen erfolgte und das [REDACTED] den daraus ermittelten Durchlässigkeitsbeiwert als nachvollziehbar und plausibel bewertet hat, hat das NLfB diesen Wert für die Modellrechnungen übernommen.

Von [REDACTED] (TU Clausthal) wurden die vom Antragsteller vorgelegten Untersuchungsergebnisse zur Wasserdurchlässigkeit der Verfüllmaterialien (sedimentierte Bohrspülung, Nachfall, Zementbrücken, besondere Bohrlochverfüllungen) und zu deren Füllhöhen als sicherer und gleichzeitig konservativer Ansatz bezeichnet.

Die vom Antragsteller für die relevanten Bohrungen aus den experimentell ermittelten  $k_f$ -Werten der Verfüllmaterialien, aus ihren Verfüllhöhen und aus den Reichweiten der Auflockerungszonen (einschließlich Bohrlocherweiterungen) um die Bohrlöcher berechneten Transmissivitäten und von [REDACTED] geprüften Ergebnisse werden deshalb von den Gutachtern der Genehmigungsbehörde als Eingangsgrößen für die Modellrechnungen zur Überprüfung des Einflusses der alten Tiefbohrungen auf die Grundwasserbewegung übernommen. Auf die Ergebnisse dieser Rechnungen wird der TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt in seinem Gutachten eingehen. Im übrigen verweisen wir auf Kapitel 3.4 dieses Gutachtens.

### 3.2.4 Grundwasserbeschaffenheit ( [REDACTED] )

Die chemische und physikalische Untersuchung des Grundwassers am Standort gibt Hinweise auf seine geogene Prägung und anthropogene Vorbelastung. Sofern die Wässer nicht oder nur geringfügig anthropogen beeinflusst sind, lassen sich auch Aussagen zu seiner Genese und Bewegung treffen. Die natürliche radioaktive Grundbelastung der Grundwässer wird vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt begutachtet.

#### 3.2.4.1 Oberflächennahe Grundwässer

Unter oberflächennahem Grundwasser wird nach RICHTER & LILLICH (1975) 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 (Abdampfdruckstand bis max. 2 g/l).

##### 3.2.4.1.1 Darstellung des Antragstellers

Vom Antragsteller wird das oberflächennahe Grundwasser als dasjenige Wasser im oberflächennahen Grundwasserstockwerk beschrieben, das in enger Beziehung zu den oberirdischen Gewässern steht (Plan 4/90, Kap. 3.1.9.6).

Zur Grundwasserbeschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers im Modellgebiet Konrad wurden vom Antragsteller Untersuchungen durchgeführt und die Ergebnisse im Plan 4/90, Kapitel 3.1.9.6 sowie in verschiedenen Erläuternden Unterlagen dargestellt:

EU 8.2, EU 15.3, EU 23, EU 50, EU 55, EU 73.2, EU 114, EU 146.

Die Unterlagen enthalten hauptsächlich chemische Analysendaten, die in den Jahren 1982, 1985 und 1986 an verschiedenen Grundwassermeßstellen im Quartär in der näheren Umgebung der Grube Konrad ermittelt wurden.

Außerdem sind in einem Bericht von [REDACTED] [1984] Analyseergebnisse überwiegend älteren Datums zusammengestellt worden.

Für Altersbestimmungen der oberflächennahen Grundwässer wurden die Gehalte der Isotope  $^3\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$  und  $^{18}\text{O}$  ermittelt. Zusätzlich wurden die Konzentrationen der natürlichen Radionuklide (Uran-Thorium-Folgeprodukte,  $^{40}\text{K}$ ) und die durch Fallout vorkommenden Radionuklide  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239/240}\text{Pu}$  und  $^{137}\text{Cs}$  bestimmt.

Im Plan 4/90, Kap. 3.1.9.6, wird eine grobe Typisierung der oberflächennahen Grundwässer für das gesamte Untersuchungsgebiet vorgenommen. Es werden vier Grundwassertypen unterschieden:

- weiche Wässer,
- harte Wässer,
- chloridreiche Wässer und
- sulfatreiche Wässer.

Eine detaillierte Untersuchung und Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit auf Karten wurde für die nähere Umgebung der Grube aufgrund lokal begrenzter, starker anthropogener Einflüsse und wegen der für eine solche Darstellung notwendigen, aber nicht vorhandenen hohen Meßstellendichte nicht für sinnvoll erachtet. Hohe Chlorid- ( $> 30 \text{ mg/l}$ ) und hohe Sulfatgehalte ( $> 200 \text{ mg/l}$ ) werden zum größten Teil auf anthropogene Verunreinigungen, wie Mineraldüngung landwirtschaftlicher Flächen, Eintrag aus Niederschlägen und Auswaschung aus Schlackenhalde, zurückgeführt. Da stark erhöhte Chlorid- und Sulfatgehalte der Grundwässer u.a. in der Umgebung der Salzstöcke Broistedt, Vechelde und Thiede auftreten, werden hier als Hauptquelle Ablaugungsvorgänge der Salzstrukturen angesehen.

Aus den Isotopenuntersuchungen, die zur Altersbestimmung der Grundwässer durchgeführt wurden, wird u.a. wegen der Tritiumgehalte abgeleitet, daß das oberflächennahe Grundwasser zu einem großen Teil nach 1950 gebildet wurde. Vor 1950 entstandene Wässer enthalten wenig oder kein Tritium. Nach den Aussagen im Plan 4/90,

Kap. 3.1.9.6, werden die  $^{13}\text{C}$ - und  $^{14}\text{C}$ -Gehalte aus sieben Grundwasserproben durch die Ergebnisse der Tritiumanalysen bestätigt.

In 28 Grundwassermeßstellen durchgeführte Temperaturmessungen zeigen im wesentlichen Werte, die die normalen klimatischen Einflüsse erkennen lassen. Erhöhte Temperaturen bis zu  $38^\circ\text{C}$  sind auf anthropogen verursachten Wärmeeintrag (Schlackenbetten) zurückzuführen (Plan 4/90, Kap. 3.1.9.6).

#### 3.2.4.1.2 Stellungnahme des NLfB

Die Stellungnahme erfolgt aufgrund des Planes 4/90, der im Kapitel 3.2.4.1.1 genannten Erläuternden Unterlagen und weiterer Literatur.

Durch die starken anthropogenen Einflüsse wird der unverhältnismäßig hohe Aufwand für eine lückenlose Erkundung des oberflächennahen Grundwassers unserer Meinung nach wenig sinnvoll. Derartige Erkundungsprogramme wären im Rahmen der anthropogenen Kontamination auf zahlreiche lokal begrenzte Bereiche beschränkt, bzw. müßten eine Vielzahl von kleinräumigen Fließsystemen berücksichtigen.

Die zur Verfügung stehenden hydrochemischen Daten sind von sehr unterschiedlicher Qualität. So wurden für den Nahbereich der Grube Konrad Wasserproben aus den zwischen 1982 und 1985 neu errichteten Grundwassermeßstellen im quartären Grundwasserleiter entnommen und auf die Haupt-Kationen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) und -Anionen ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{--}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) sowie auf Nebenbestandteile und Spurenelemente untersucht. Diese Analyseergebnisse aus 20 Grundwassermeßstellen (EU 114) ermöglichen eine Klassifizierung nach dem Lösungsinhalt der Wässer nach verschiedenen Gesichtspunkten, d.h. aufgrund der Gesamtkonzentration gelöster Bestandteile oder der prozentualen Anteile der gelösten Ionen, z.B. Süßwasser/Salzwasser oder  $\text{Ca-HCO}_3$ - bzw.  $\text{Na-Cl}$ -Wasser (MATTHESS 1973). Auch mit Analyseergebnissen aus 22 älteren Grundwassermeßstellen (BUSCH 1983) ist dies möglich. Im Gegensatz dazu erlaubt der überwiegende Teil der für eine flächendeckende Charakterisierung der oberflächennahen Grundwässer vorhan-

denen älteren Analysenergebnisse dies nicht. Eingeschränkt wird die Klassifizierung und damit eine weitergehende Interpretation dadurch, daß bei diesen Analysen die Konzentrationen der Alkali-Ionen ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ) gar nicht und die der Erdalkali-Ionen ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Sr}^{++}$ ) nur zum Teil ermittelt wurden. Zu berücksichtigen ist auch, daß die meisten Probennahmen im Zeitraum von 1933 bis 1957 erfolgten und nur bedingt den heutigen Zustand des Grundwassers widerspiegeln, denn die anthropogenen Veränderungen des Grundwasserchemismus sind vor allem im Nahbereich der Grube Konrad gravierend. Fast alle neu beprobten Grundwassermeßstellen dieser Region belegen dies. Eine Klassifizierung in unterschiedliche Wässer, wie dies in EU 114 und von BUSCH (1983) durchgeführt wurde, ist zwar theoretisch möglich, aber aus den oben genannten Gründen nur in wenigen Fällen hydrogeologisch sinnvoll zu interpretieren.

Die vom Antragsteller im Plan angeführten vier "Grundwassertypen" stellen keine rein nach dem Lösungsinhalt aufgestellte Klassifikation dar. Sie stammen vielmehr aus einem Gutachten des NLFB [██████████ 1961], das eine regionale Gliederung von Grundwasser in Hinblick auf die Nutzung als Trink- und Brauchwasser zwischen Harz und Heide zum Ziel hatte. Bei ██████████ [1961] werden nitratreiche, harte, sulfatreiche und eisenreiche "Grundwassertypen" genannt. Bei einer flächenhaften Darstellung würde es zur Überlagerung verschiedener "Grundwassertypen" kommen, so daß im Plan 4/90, Anlage 3.1.9.6/7, nur die chloridreichen und sulfatreichen Wässer dargestellt sind. Die ebenfalls angeführte Typisierung nach der Härte (weiche und harte Wässer) des Grundwassers ist für die Interpretation der Genese der verschiedenen Wässer wenig aussagekräftig.

Die Angaben zur Wasserbeschaffenheit bilden eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der Nutzungsmöglichkeiten. Die lokal festgestellten anthropogenen Beeinflussungen schließen eine vielfältige Nutzung des oberflächennahen Grundwassers für Trink- und Brauchwasserzwecke jedoch nicht aus (s. Kap. 3.2.7).

Auf die hydraulische Wirksamkeit der großen Störungen im Untersuchungsgebiet, die sich durch möglicherweise aus dem tiefen Grund-

wasser aufgestiegene, höher mineralisierte Wässer dokumentieren könnten, wird vom Antragsteller nicht eingegangen. Wie an den folgenden Beispielen erläutert, ist ein derartiger Nachweis durch die starke anthropogene Beeinflussung des oberflächennahen Grundwassers auch nicht möglich.

Die im Bereich des Sauinger Sprunges vorliegenden erhöhten Chlorid- und Sulfatgehalte weisen in Oberflächennähe Werte von 117 mg Cl<sup>-</sup>/l im Westen, 156 mg Cl<sup>-</sup>/l in der Nähe des Zweigkanals und 130 mg Cl<sup>-</sup>/l östlich des Kanals auf. Eine tiefere Meßstelle neben der östlichsten Grundwassermeßstelle weist bereits nur noch ca. 50 mg Cl<sup>-</sup>/l auf. Auch die Sulfatgehalte, die bei 419 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l im Westen und bei 350 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l an der östlichsten flachen Grundwassermeßstelle sowie bei 100 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l in der tieferen westlichen Meßstelle liegen, zeigen eine derartige Verteilung. Aus diesen Analyseergebnissen und der Tatsache, daß alle Meßstellen im Abstrom von Ortschaften, in den Ortschaften selbst (Sauingen im Westen und Beddingen im Osten) oder im Abstrom des Volkswagenwerkes liegen und im Südwesten von Sauingen und nördlich von Beddingen Altablagerungen (Mülldeponien) vorhanden sind, wird die anthropogene Belastung des oberflächennahen Grundwassers deutlich.

Auch für den Bleckenstedter Sprung sind ähnliche Verhältnisse als Ursache für die erhöhten Chlorid- und Sulfatgehalte anzusehen. Da hier ein lokaler Grundwasserabstrom von NW nach SE vorliegt, ist die im Norden von Bleckenstedt im Oberstrom gelegene Grundwassermeßstelle geringer mit Chlorid und Sulfat belastet als die im Süden von Bleckenstedt im Abstrom gelegene Meßstelle. Im Bereich anderer Ortschaften, in denen keine Störungen vorliegen, z.B. in Vallstedt (östlich Lengede) oder in Hallendorf (östlich Lebenstedt), werden diese Beobachtungen bestätigt.

An der Immendorfer Störung ist die erhöhte Mineralisation, die sich vor allem durch hohe Nitratgehalte dokumentiert, sowohl auf verunreinigte Grundwässer aus der Ortslage Leinde als auch auf alte Deponien in diesem Bereich zurückzuführen.

Im Gebiet zwischen Gifhorn und Calberlah wurden an der Basis des oberflächennahen quartären Grundwasserleiters erhöhte Mineralisationen bis zu 3,2 g/l Chlorid und 1,1 g/l Sulfat angetroffen. Die Versalzungen decken sich näherungsweise mit dem Gebiet des Gifhorn-Calberlah-Grabens. Es ist nicht auszuschließen, daß hier über die tiefere Unterkreide höher mineralisierte tiefe Grundwässer entlang von Störungszonen aufsteigen [██████ 1975]. Diese Beobachtungen stehen nicht im Widerspruch zu der von uns festgelegten Randbedingung auf dem nördlichen Modellrand (s. Kap. 3.4).

Auch anhand der durchgeführten Isotopenanalysen zur Altersbestimmung der Grundwässer sind nur eingeschränkte Aussagen zur Herkunft und Genese des oberflächennahen Grundwassers möglich. Aus 31 Grundwassermeßstellen im Nahbereich der Grube wurden die Tritium- und an 16 Grundwassermeßstellen die  $^{14}\text{C}$ -Gehalte bestimmt (EU 114).

Mit den seit 1952/53 mit den Niederschlägen in das Grundwasser gelangten großen Mengen an Tritium aus Atombombenversuchen läßt sich älteres, vor 1952 gebildetes, von jüngerem Grundwasser unterscheiden. Die geringe Zahl von Isotopenanalysen ermöglicht allerdings nur generelle Aussagen über das Alter der Grundwässer. Eine Abschätzung der mittleren Verweilzeit des Grundwassers in den einzelnen, regional begrenzten, oberflächennahen Fließsystemen ist ohne weiteres nicht möglich. Sie ließe sich nur über umfassende modellmäßige Betrachtungen ermitteln, die sehr detaillierte Untersuchungen erfordern würden.

Auch für die  $^{14}\text{C}$ -Werte gelten diese Einschränkungen, besonders im Hinblick auf die Übertragung der nur aus dem Nahbereich der Grube vorliegenden Daten auf regionale Verhältnisse.

Die z.T. beträchtlich erhöhten Grundwassertemperaturen treten nur im Bereich des Hüttengeländes auf, in dem flüssige Hochofenschlacke verkippt wird (Meßstelle IX A: bis 39 °C und Meßstelle VIII: bis 19,5 °C mit z.T. über 700 mg/l  $\text{SO}_4^{2-}$ ).

Den oben genannten Punkten zufolge sind mit Hilfe der Daten, die die Grundwasserbeschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers im

Untersuchungsraum beschreiben, nur generelle Aussagen möglich. Es sind demnach nur kleinräumige Fließsysteme nachweisbar, die im einzelnen zudem stark durch anthropogene Veränderungen beeinflusst sind. Wechselwirkungen zwischen dem oberflächennahen und dem tieferen Grundwasser sind im Modellgebiet nicht belegbar und den hydraulischen Verhältnissen nach auch nicht zu erwarten. Es sind demnach keine Hinweise erkennbar, die auf einen Aufstieg von tiefem Grundwasser in oberflächennahe Bereiche hindeuten. Lediglich am Nordrand des Modellgebietes treten höher mineralisierte Wässer auf. Ob es sich dabei um aufsteigende tiefe Grundwässer im Bereich des Gifhorn-Calberlah-Grabens oder um Ablaugungswässer von den Salzstöcken Weyhausen bzw. Calberlah handelt, ist nicht eindeutig zu klären. Ein Aufstieg der tiefen Grundwässer in diesem Bereich würde den hydraulischen Vorstellungen, wie sie auch im Modell festgelegt sind, jedoch nicht widersprechen.

#### 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. Im Bereich des Grubengebäudes Konrad sind bereits ab ca. 130 m (Schacht Konrad 2) bzw. ab 170 m (Bohrung Konrad 101) Teufe höher mineralisierte Wässer anzutreffen. Die Mineralisierung der Grundwässer nimmt mit der Teufe kontinuierlich zu. Die Abdampfdruckstände der tiefen Grundwässer betragen z.B. im Bereich der Grube für den Hilssandstein mehr als 150 g/l und für den Korallenoolith mehr als 200 g/l.

##### 3.2.4.2.1 Darstellung des Antragstellers

Vom Antragsteller wurden außer der im Plan 4/90 zitierten Literatur folgende Erläuternde Unterlagen über die hydrochemischen und isotopenhydrologischen Untersuchungen tiefer Grundwässer der Grube Konrad geliefert:

EU 90.1, EU 90.2, EU 95.1, EU 95.2, EU 112.1, EU 116, EU 123,  
EU 200, EU 248, EU 273, EU 301, EU 312, EU 338, EU 417.

Im Plankapitel 3.1.9.6 wird die chemische Beschaffenheit der tiefen Grundwässer beschrieben.

Im Rahmen der verschiedenen Untersuchungsprogramme der GSF und der TU Clausthal-Zellerfeld wurden Analysenergebnisse von ca. 130 Tiefenwasserproben aus den Schächten und dem Grubengebäude zur Beschreibung des Chemismus und der Interpretation der Genese herangezogen. Mit Ausnahme von einigen Proben aus dem Hilssandstein und dem "Cornbrash"-Sandstein stammten alle anderen Proben aus dem Korallenoolith (Oxford). Sie wurden im Teufenbereich von ca. 450 bis 1300 m unter Gelände entnommen.

Außerdem wurden Archivdaten des NLFB und Analysendaten von Erdölwässern aus dem norddeutschen Raum ausgewertet (EU 417).

In Anlehnung an Arbeiten von KHARAKA & CAROTHERS (1986) wird eine Einteilung der Tiefenwässer aufgrund ihrer unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung und Entstehungsgeschichte in EU 248 dargestellt. Sie werden wie folgt unterschieden:

#### 1. Marine Formationswässer

Diese Wässer entstanden bevorzugt aus marinen Porenwässern feinkörniger Sedimente mit einem anfänglich hohen Porenwasser-gehalt. Durch fortschreitende Kompaktion der Sedimente wird der größte Teil dieser Wässer ausgepreßt und bei der Passage durch die Sedimente in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert (Ionensiebeffekt).

#### 2. Ablaugungswässer

Ablaugungswässer sind Wässer meist meteorischen Ursprungs, die durch Ablaugung von Evaporiten aufgesalzen wurden.

### 3. Restlaugen

Aus dem Norddeutschen Sedimentbecken der ehemaligen DDR wird ein Typus von Tiefenwässern beschrieben, die aufgrund charakteristischer Elementzusammensetzung als evaporitische Restlaugen eingestuft werden (Müller 1969). Diese gesättigten Salzlauen treten vorwiegend in der Trias und im Liegenden des Zechstein auf.

### 4. Mischwässer

Mischungen der unter 1 bis 3 genannten Wässer.

Im Plan 4/90 sind die Bromid- und Jodid-Konzentrationen aufgeführt. Detaillierte Angaben sind in den Erläuternden Unterlagen zu finden.

Die Tiefengrundwässer in der Grube Konrad enthalten hohe Salzkonzentrationen, wobei  $\text{Na}^+$  mit 70 bis 80 meq% und  $\text{Cl}^-$  mit ca. 99 meq% dominieren. Weitere Hauptbestandteile sind Calcium ( $\text{Ca}^{++}$  ca. 12 bis 20 meq%) und Magnesium ( $\text{Mg}^{++}$  ca. 4 bis 6 meq%). Zu den Spurenelementen der kationischen Bestandteile zählen Strontium, Lithium, Rubidium, zu den anionischen Bestandteilen Borat, Jodid, Bromid, Sulfat und Karbonat. Außerdem wurden am Ort 300 und Ort 410 N in den Wässern gelöste Gase analysiert. Hauptsächlich wurden Methan (25 % bis 72 %) und Kohlendioxid (2 % bis 20 %) nachgewiesen. Bei den Kohlenwasserstoffen handelte es sich überwiegend um bakteriell und zu einem geringen Teil um thermisch gebildete Gase. Nach dem Reifegrad von 1,5 % Ro (Vitrinitreflexion oil) der Proben vom Ort 300 und von nur 0,4 % Ro der Proben bei 1000 m Tiefe in der Bohrung K 101 müssen die thermisch gebildeten Kohlenwasserstoffe aus größerer Tiefe stammen.

In der Grube Konrad nimmt die Gesamtkonzentration der Inhaltsstoffe der analysierten Tiefengrundwässer zwischen 450 m und 1300 m unter Gelände zu. Für die Schacht- und Grubenwässer (Hilssandstein und Oxford) werden Konzentrationen der Inhaltsstoffe von 150 g/l bis 220 g/l angegeben, die um den Faktor 5 bis 7 höher als im

Meerwasser liegen. Der Sättigungsgrad der Tiefengrundwässer des Oxford an NaCl liegt bei 50-70 %. Aufgrund ihrer Ionenverhältnisse werden die Grubenwässer als Natrium-Calcium-Chlorid-Wässer typisiert.

Das Äquivalentverhältnis  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  im Lösungsinhalt der Grundwässer aus der Grube zeigt, daß Natrium im Vergleich zu Chlorid um 15 bis 30 % verringert ist, aber bei steigendem Lösungsinhalt zunimmt.

Die Beziehung der Äquivalentverhältnisse von  $\text{Ca}^{++}/\text{Cl}^-$  und dem Gesamtlösungsinhalt der Wässer weist auf Ionenaustauschvorgänge zwischen dem Sediment und dem versalzten Wasser hin, bei denen Calcium-Ionen freigesetzt wurden. Solche Wässer sind als Calcium-Chlorid-Austauschwässer anzusehen. Im Widerspruch dazu sind die Ionenverhältnisse von  $\text{Mg}^{++}/\text{Cl}^-$  und  $\text{K}^+/\text{Cl}^-$  im Vergleich zum Meerwasser stark abgereichert. Als Ursache kommt Adsorption und diagenetische Mineralneubildung in Betracht. Das Anionenverhältnis  $\text{SO}_4^{--}/\text{Cl}^-$  ist im Vergleich zum Meerwasser sehr klein, d.h.  $\text{SO}_4^{--}$  ist stark abgereichert; Eine mögliche Ursache sind bakteriell gesteuerte Sulfatreduktionen durch oxidierbare Stoffe und/oder die Ausfällung schwer löslicher Sulfate.

Das Äquivalentverhältnis  $\text{Sr}^{++}/\text{Cl}^-$  ist in den Wässern der Grube Konrad gegenüber denen des Meerwassers allgemein höher. Die Werte zeigen aber eine relativ große Schwankungsbreite. Eine mögliche Ursache ist der Zusammenhang zwischen Sulfatkonzentration und Konzentration des Strontium. Veränderungen der Sulfatkonzentration z.B. als Folge diagenetischer Prozesse, einer bakteriell gesteuerten Sulfatreduktion und durch Ausfällung haben Auswirkungen auf die Strontium-Werte. Mit Hilfe der Strontium-Werte kann daher nur wenig über die Genese der Grundwässer ausgesagt werden.

Die Beziehung zwischen dem Äquivalentverhältnis Lithium/Chlorid und dem Lösungsinhalt der Wässer liefert ebenfalls keine wesentlichen Erkenntnisse zur Genese der Grundwässer, obwohl Lithium-Ionen, bedingt durch einen kleinen Ionenradius und ihre hohe Polarität, im Vergleich zu anderen Ionen weniger von Adsorptions- und Ionenaustauschvorgängen betroffen sind.

Rubidium wurde nur an einem Teil der Wässer aus der Grube Konrad bestimmt. Die gemessenen Rubidium-Konzentrationen sind sehr klein und nach Angaben des Antragstellers mit einem großen analytischen Fehler behaftet und können deshalb nicht für Aussagen zur Genese der Tiefenwässer herangezogen werden.

Zwischen dem Äquivalentverhältnis von  $\text{BO}_3^{3-}/\text{Cl}^-$  und dem Gesamtlösungsinhalt der Tiefenwässer besteht keine Abhängigkeit. Da das Äquivalentverhältnis  $\text{BO}_3^{3-}/\text{Cl}^-$  nur geringfügig niedriger ist als das vom Meerwasser, ist dies ein Indiz, daß die Wässer aus der Grube Konrad nicht allein aus Ablaugungsvorgängen entstanden sein können. Das entsprechende Äquivalentverhältnis von Ablaugungswässern liegt wesentlich niedriger als das vom Meerwasser.

Die Werte der Jodid-Ionen zeigen eine große Schwankungsbreite. Zwischen dem Lösungsinhalt der Wässer aus der Grube Konrad und dem Äquivalentverhältnis  $\text{J}^-/\text{Cl}^-$  sind keine speziellen Zusammenhänge zu erkennen.

Aus der Beziehung zwischen dem  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$ -Verhältnis und dem Gesamtlösungsinhalt der Wässer aus der Grube Konrad lassen sich Aussagen über die Genese der Tiefenwässer ableiten. Salzwässer, die durch Ablaugungsprozesse von Salzlagerstätten gebildet wurden, enthalten im Vergleich zu Meerwasser sehr wenig Bromid. Dagegen haben Salzwässer, die aus evaporitischen Restlaugen entstanden sind, im Vergleich zu Meerwasser stark erhöhte Bromid-Gehalte. Die erhöhten Bromid-Gehalte der Korallenoolith-Wässer schließen damit wesentliche Anteile von Ablaugungswässern aus. Bei den Wässern des Hilsandstein mit geringeren Bromid-Gehalten ist das Gegenteil der Fall.

Der Befund, daß die Bromid-Gehalte in den Wässern des Korallenoolith mit zunehmendem Lösungsinhalt relativ zu Chlorid ansteigen, wird eingehend diskutiert (EU 248). Gedeutet werden sie folgendermaßen:

- eine mögliche selektive Bromid-Anreicherung in organischen Substanzen und deren Freisetzung beim Abbau dieser Substanzen,
- ein Ionensiebeffekt durch tonige Sedimente und
- eine nachträgliche Verdünnung von evaporitischen Restlaugen durch meteorische Wässer.

Keiner dieser Möglichkeiten wird der Vorzug gegeben. In EU 248 werden allerdings gegenüber Meerwasser stark erhöhte Bromid-Gehalte als Hinweis gewertet, daß eine überwiegend marine, connate (connates Wasser = Wasser, welches bei der Sedimentation im Speichergestein eingeschlossen wurde) oder hypersaline Herkunft der Wässer anzunehmen ist. Eine Zumischung von Wässern abweichender Genese, u.a. auch von Ablaugungswässern meteorischer Herkunft, wird für möglich gehalten.

In EU 312 wird aus der linearen Korrelation des  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$ -Verhältnisses mit anderen chemischen Parametern abgeleitet, daß die Tiefenwässer aus der Grube Konrad mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit Mischungen aus evaporitischen Restlaugen mit Ablaugungswässern sind. Mit Hilfe der Korrelationsdiagramme wurden die Mischungsendglieder für hypothetische Ablaugungswässer bzw. Restlaugen ermittelt, deren Zusammensetzung tatsächlich existierenden Wässern entspricht.

Neben den hydrochemischen Untersuchungen wurden folgende Umweltisotope bestimmt:

Kohlenstoff-14 ( $^{14}\text{C}$ ), Kohlenstoff-13 ( $^{13}\text{C}$ ), Tritium ( $^3\text{H}$ ), Deuterium ( $^2\text{H}$ ), Helium ( $^4\text{He}$ ), Schwefel-34 ( $^{34}\text{S}$ ) und Sauerstoff-18 ( $^{18}\text{O}$ ). Die  $^{14}\text{C}$ - und  $^3\text{H}$ - Bestimmungen zeigen, daß keine geogenen Konzentrationen dieser Isotope in den Tiefenwässern vorhanden sind. Die sehr geringen  $^{14}\text{C}$ -Werte lassen jedoch keine Altersbestimmung der Grundwässer im Korallenoolith zu, da diese durch mikrobielle Einflüsse verändert worden sein sollen (EU 301). Die relativ hohen Gehalte an radiogenem Helium deuten auf ein hohes Alter der Grundwässer um 20 Millionen Jahre hin (EU 301).

Die  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte lassen keine eindeutigen Aussagen über Alter, Herkunft und Genese der Grundwässer zu, da sie mit Veränderungen der Sulfatkonzentration verschoben werden. So reduzieren anaerobe, desulfurierende Bakterien die Sulfatkonzentration und führen dabei gleichzeitig zu einer Anreicherung von  $^{34}\text{S}$  im restlichen Sulfat (EU 248, EU 301).

Die  $\delta^2\text{H}$ - und  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte liefern in Bezug auf die Genese der Tiefengrundwässer unterschiedliche Aussagen. Danach sind die Tiefenwässer keine reinen Formationswässer marinen Ursprungs, sondern enthalten auch Anteile aus alten meteorischen Wässern.

Außer den hydrochemischen Vorgängen, die Einfluß auf die Beschaffenheit der Tiefenwässer haben, wird Diffusion zur Erklärung der chemischen Konzentrationsverteilung gelöster Ionen in den Wässern herangezogen. Es werden zwei Argumente genannt, die Diffusionsvorgänge als einen möglichen Transportmechanismus realistisch erscheinen lassen:

Es wird erstens unterstellt, daß die Sedimente über den Salzen des Perm und der Trias stark salzhaltige bis gesättigte Porenwässer enthalten. Diese sind durch Verdrängung gesättigter Restlaugen aus den Salzen infolge hoher Überlagerungsdrücke oder Lösung der Salze durch geringer mineralisierte Wässer entstanden. Da zweitens das Untersuchungsgebiet seit dem Ende des Rhät bis zum Beginn des Tertiär fast ständig unter Meeresbedeckung lag, ist davon auszugehen, daß der hydraulische Gradient bei Null gelegen hat und es damit keinen konvektiven Wassertransport gab. Das starke Konzentrationsgefälle und der fehlende hydraulische Gradient führten zur Ausbildung eines durch Diffusion bedingten, annähernd linearen Salinitätsgradienten.

Die in EU 417 ausgewerteten Analysendaten norddeutscher Formationswässer lassen keine lineare Zunahme der Salzgehalte mit der Teufe erkennen. Dazu wird mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen, daß die analysierten Wässer bei der Probennahme sekundär verdünnt worden waren und eine Auswertung der Ergebnisse ausschließen. Die

in den Erläuternden Unterlagen getroffenen Aussagen über die Entstehung der Tiefenwässer Norddeutschlands und ihrer Bewegung werden dadurch aber nicht eingeschränkt.

Aus den hydrochemischen und isotopehydrologischen Untersuchungsergebnissen wird vom Antragsteller für das Alter und die Herkunft der Wässer aus der Grube Konrad folgendes abgeleitet:

Die im Grubenbereich aufgeschlossenen Wässer sind Mischungen aus marinen Formationswässern und konzentrierten Ablaugungswässern. Die Salzgehalte steigen im Grubenbereich linear mit der Tiefe an. Die chemische Zusammensetzung der Formationswässer entwickelte sich hier ebenfalls linear. Als einzig möglicher Transportmechanismus für die Inhaltsstoffe der Grundwässer wird die Diffusion gelöster Salze von konzentrierten evaporitischen Restlösungen aus tiefliegenden Sedimenten diskutiert, durch die sich während der langen geologischen Zeiträume ein annähernd linearer Salinitätsgradient ausgebildet hat.

#### 3.2.4.2.2 Stellungnahme des NLFb

Die Bewertung der Aussagen des Antragstellers erfolgte aufgrund des Planes 4/90, der im Kapitel 3.2.4.2.1 genannten Erläuternden Unterlagen und weiterer Literatur (SONNTAG 1991, WEISE et al. 1991) und Berichte [■■■■■ 1990].

Für die genetische Interpretation der Tiefenwässer sind chemische Analysen nur aus dem Nahbereich der Schachanlage und aus dem Grubengebäude vorhanden. Wasserproben sind aus dem Hilssandstein, dem Cornbrash-Sandstein, aber hauptsächlich aus dem Korallenoolith untersucht worden. Die detaillierten Aussagen zum Chemismus der Tiefenwässer sind in folgenden Punkten gesichert:

- Die Mineralisierung der Wässer nimmt von ca. 450 m bis 1300 m unter Gelände linear zu. Während die Konzentration der Inhaltsstoffe im Hilssandstein bei ca. 450 m um 150 g/l liegt, beträgt sie im Bereich der 6. Sohle in einer Tiefe von 1300 m um 220 g/l.

Zwischen diesen Teufen ist eine kontinuierliche Zunahme des Lösungsinhalts belegt.

- Neben Natrium und Chlorid zeigt Bromid eine deutliche Tiefenabhängigkeit.
- Die Ionengehalte sowohl von Calcium und Natrium als auch von Kalium, Magnesium und Strontium sind als Folge von Diagenese und Ionenaustauschreaktionen erklärbar.
- Die Sulfat- und Strontium-Gehalte weisen keine eindeutige Abhängigkeit zur Tiefe hin auf. Die genetische Interpretation dieser Ionengehalte wird erschwert, da die Sulfatkonzentration durch bakterielle Sulfatreduktion und Sulfatausfällung mit großer Wahrscheinlichkeit verändert worden ist.
- Die Lithium-, Rubidium-, Borat- und Jodid-Daten liefern keine wesentlichen Erkenntnisse zur Genese der Tiefenwässer.
- Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind die Wässer im Untersuchungsgebiet Mischungen von gesättigten evaporitischen Restlösungen und halbgesättigten Lösungen mariner und meteorischer Herkunft.

Aus den vom Antragsteller vorgelegten Isotopenergebnissen sind folgende Schlüsse zu ziehen:

- Kohlenstoff-14 ( $^{14}\text{C}$ ) und Tritium ( $^3\text{H}$ ) wurden in den Tiefenwässern des Korallenoolith nicht nachgewiesen. Aufgrund dessen läßt sich keine Altersangabe der Grundwässer angeben, da der ursprüngliche gelöste anorganische Kohlenstoff durch biogenen Kohlenstoff aus mikrobieller Oxidation fossiler organischer Substanzen unter Sulfatreduktion und Methanbildung ersetzt worden ist. Dabei wurde der  $^{14}\text{C}$ -Gehalt beliebig verdünnt. Aufgrund der fehlenden Tritiumgehalte ist lediglich festzustellen, daß es sich um Wässer handelt, die vor 1952 gebildet wurden.
- Die Deuterium ( $^2\text{H}$ )- und Sauerstoff-18 ( $^{18}\text{O}$ )-Gehalte weisen auf meteorische Lösungskomponenten hin.

- Die Schwefel-34 ( $^{34}\text{S}$ )-Gehalte lassen keine eindeutige Aussage über Alter, Genese und Herkunft der Grundwässer zu, da sie durch bakterielle Reduktion verändert worden sind. Die in der Gesteinsmatrix und aus Proben von Klüften ermittelten Coelestin-Konzentrationen liefern keine Unterscheidungskriterien für einen diffusiven oder konvektiven Transport.
- Die Gehalte an radiogenem Helium weisen auf ein hohes Entstehungsalter der Wässer in der Größenordnung von  $10^7$  bis  $10^8$  Jahren hin. Die Messungen wurden auf hohem analytischen Standard von der Universität Heidelberg (SONNTAG 1991) an Proben vom Ort 300 und aus dem Hilssandstein durchgeführt. Die Helium-Isotopenmethode ist allerdings gegenüber Diffusionseffekten, die besonders bei Tiefenwässern auftreten können, sehr anfällig. Die Neon-Isotopengehalte unterstützen jedoch im vorliegenden Fall die Annahme, daß Helium nicht aus größerer Tiefe zugewandert ist, sondern weitgehend im geschlossenen System in situ produziert wurde (WEISE et al. 1991).

Die Wässer des Hilssandstein und des Korallenoolith sind in bezug auf ihre Bestandteile ähnlich zusammengesetzt. Beide Wässer haben jedoch eine unterschiedliche Genese. Die Wässer des Hilssandstein mit im Vergleich zu Meerwasser geringeren Bromid-Gehalten lassen auf größere Anteile von Ablaugungswässern schließen. Die im Vergleich zu Meerwasser stark erhöhten Bromid-Gehalte der Wässer aus dem Korallenoolith zeigen, daß diese Wässer überwiegend aus evaporitischen Restlaugen entstanden sind. Der Anteil an Ablaugungswässern ist gering. Die Ergebnisse der Edelgas-Isotopenuntersuchungen ergaben, daß die Wässer des Korallenoolith wesentlich älter sind als die des Hilssandstein (EU 301). Die im Hilssandsteinwasser gefundenen, sehr kleinen  $^{14}\text{C}$ -Werte sind mit einer geringfügigen Zuzumischung von jungem Wasser zu erklären, dessen Einzugsgebiet im Salzgitter-Höhenzug liegt. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß auch eine Kontamination der Proben durch den verpreßten Zement vorliegt, welcher zur Abdichtung von Wasserzuläufen aus den Hilssandstein in die Schachtröhre diente.

Im Tiefenwasser werden durch geogene Vorgänge und andere chemische Prozesse Gase gebildet. Sie sind gegenüber der durch Korrosion und Radiolyse aus Abfallgebirgen entstehenden Wasserstoffmenge im Grubengebäude sehr gering (EU 273). Diese in den Modellrechnungen berücksichtigte Wasserstoffmenge, die sich unter den im Grubengebäude vorherrschenden Druck- und Temperaturbedingungen bildet, beeinflusst die Wasserlaufzeiten vom Grubengebäude bis zur Biosphäre nur unwesentlich. Ein Einfluß geogener Gase auf das geohydraulische System der Tiefenwässer kann daher mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Hinsichtlich der Genese der Wässer sind eingeschränkte Aussagen möglich. Dies zeigen die verschiedenen Theorien über die Herkunft der evaporitischen Restlösungskomponente (EU 301).

Mit Hilfe von thermodynamischen Gleichgewichtsberechnungen lassen sich Phasengleichgewichte und Wechselbeziehungen der Ionen zwischen einer wäßrigen und einer festen Phase bestimmen, die Aufschluß über die Herkunft und Entwicklung von Wässern geben können. Für hochsaline Wässer sind jedoch wichtige thermodynamische Basisdaten wie z.B. Aktivitätskoeffizienten der Silikate nicht bekannt. Nach dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik sind daher von thermodynamischen Gleichgewichtsberechnungen keine gesicherten Aussagen über die Herkunft und Entwicklung der hochsalinen Wässer aus der Grube Konrad zu erwarten.

Vom Antragsteller werden die Analysenergebnisse der tiefen Grundwässer durch einen linearen Gradienten, der eine tiefenabhängige Zunahme der Mineralisierung der Wasserproben zeigt, dargestellt und, nachdem unterschiedliche Theorien und Einflußfaktoren diskutiert worden sind, durch Diffusionsvorgänge erklärt (EU 312). Zur Stützung dieser These fehlen jedoch Belegdaten aus dem Bereich zwischen der tiefsten Stelle der Grube in ca. 1300 m Tiefe und dem nächst tieferen Salinar (Muschelkalk-Salinar) in ca. 2300 m Tiefe. Die Auswertung von zusätzlichen Archivdaten u.a. der Analysendaten von Erdölwässern aus dem norddeutschen Raum durch den Antragsteller ergab, daß der Salzgehalt der Formationswässer mit der Teufe im allgemeinen nicht linear zunimmt (EU 417).

### 3.2.4.3 Bewertung zur Grundwasserbeschaffenheit

Für die Bewertung der Aussagen des Antragstellers zur Grundwasserbeschaffenheit wurde der Plan 4/90 und die im Kapitel 3.2.4 genannten Erläuternden Unterlagen herangezogen. Außerdem wurden vom NLfB eigene Archivunterlagen und weitere Literatur für die Bewertung verwendet.

#### - Oberflächennahe Grundwässer

NLfB stimmt mit dem Antragsteller überein, daß das oberflächennahe Grundwasser in weiten Bereichen anthropogene Verunreinigungen aufweist. Diese anthropogenen Einflüsse überdecken die ursprüngliche Beschaffenheit des Grundwassers, so daß keine Rückschlüsse auf den Grundwasserleiter, auf die Herkunft und die Genese des Grundwassers und auf eventuelle Grundwasserbewegungen möglich sind.

Für den Nahbereich der Grube ermöglichen die Analysenergebnisse aus den Grundwassermeßstellen eine Klassifizierung nach dem Lösungsinhalt. Anthropogene Veränderungen des Grundwassers, die vor allem im Nahbereich der Grube festzustellen sind, erlauben nur in wenigen Fällen eine hydrogeologische Interpretation der Analysenergebnisse. Der überwiegende Teil, der für eine flächendeckende Charakterisierung der oberflächennahen Grundwässer vorhandenen älteren Analysenergebnisse aus dem Zeitraum von 1933 bis 1957, spiegelt nur bedingt den heutigen Zustand des Grundwassers wider.

Vom NLfB wurde der Frage nachgegangen, ob im Bereich der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Störungssysteme Sauinger Sprung, Bleckenstedter Sprung und Immendorfer Störung ein Zustrom von Grundwasser aus größerer Tiefe möglich ist. Aus den Analysenergebnissen des oberflächennahen Grundwassers ergaben sich im Modellgebiet keinerlei Hinweise, die auf einen Wasserzustrom aus größeren Tiefen über die Störungszonen hindeuten. Nur am Nordrand des Modellgebietes ist ein Wasserzustrom aus größerer Tiefe evtl. über Störungszonen nicht auszuschließen. Diese Möglichkeit steht nicht im

Widerspruch zu der hydraulischen Modellvorstellung über den Nordrand des Modellgebietes, nach der dort ein Aufstieg von tiefen Grundwässern durch einen geschlossenen Rand verursacht wird (s. Kap. 3.4).

#### - Tiefe Grundwässer

Vom Antragsteller werden die tiefen Grundwässer der Grube Konrad mit Hilfe der Beziehungen zwischen dem  $\text{Br}^-/\text{Cl}^-$  Verhältnis und dem Gesamtlösungsinhalt der Wässer als Mischungen gesättigter und teilgesättigter NaCl-Lösungen beschrieben. Die gesättigten Lösungen stammen mit großer Wahrscheinlichkeit aus evaporitischen Restlösungen. Die teilgesättigten NaCl-Lösungen können sowohl aus marinen Wässern als auch aus Ablaugungswässern entstanden sein.

Nach Angaben des Antragstellers steigen die Salzgehalte linear mit der Tiefe an. Als dominierender Transportmechanismus für die Inhaltsstoffe der Grundwässer aus größeren Tiefen wird Diffusion angenommen.

Unsere Prüfung ergab, daß die Daten der hydrochemischen Analysen, die für Wässer aus dem Grubengebäude bestimmt wurden, für den Korallenoolith repräsentativ sind. Die Mineralisierung der Wässer nimmt von ca. 450 m auf 1300 m unter Gelände für einzelne Ionenverhältnisse (z.B. Br/Cl) linear zu. Belegdaten aus dem Bereich zwischen der tiefsten Stelle der Grube in ca. 1300 m Tiefe und dem nächst tieferen Salinar (Muschelkalk-Salinar) in ca. 2300 m Tiefe fehlen jedoch. Nach Auffassung des NLFB können eine lineare Zunahme der Salinität und damit Diffusionsvorgänge anhand der vorliegenden Daten nicht als für das ganze System belegter Transportmechanismus gewertet werden (vgl. Kap. 3.4.1).

Wir stimmen mit dem Antragsteller jedoch darin überein, daß die Tiefenwässer keine mit den Oberflächenwässern vergleichbare Dynamik aufweisen und ihre hydro- und isotochemischen Verhältnisse auf in sehr langen Zeiträumen ablaufende Prozesse hindeuten.

Aus der Sicht des Antragstellers sind die Ergebnisse der Edelgas-Isotopenmessungen mit einem sehr hohen Alter der Tiefenwässer zu deuten, das wahrscheinlich im Bereich von einigen Millionen Jahren liegt. Tritium ( $^3\text{H}$ ) wurde in den Tiefenwässern des Korallenoolith nicht nachgewiesen. Aufgrund der fehlenden Tritiumgehalte ist lediglich festzustellen, daß es sich um Wässer handelt, die vor 1952 gebildet wurden. Die Schwefel-34( $^{34}\text{S}$ )- und sehr geringen Kohlenstoff-14( $^{14}\text{C}$ )-Gehalte lassen keine eindeutige Aussage über Alter, Genese und Herkunft der Grundwässer zu, da sie durch bakterielle Einflüsse verändert worden sind.

Aus den Ergebnissen der Edelgas-Isotopenmessungen schließen auch wir, daß das Alter der Tiefengrundwässer wahrscheinlich im Bereich von einigen Millionen Jahren liegt. Eine genauere Altersangabe ist fußend auf dem Stand von Wissenschaft und Technik nicht möglich.

### 3.2.5 Sorption ( [REDACTED] )

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. Er gilt für den Fall, daß das Nuklid vollständig reversibel sorbiert wird. Der Koeffizient kann dann, wie folgt, definiert werden:  $RS = RD = KD$  (RS = Sorptionskoeffizient, RD = Desorptionskoeffizient). Bei vielen experimentellen Untersuchungen werden häufig größere Desorptionskoeffizienten (RD) festgestellt, welches auf z.T. irreversible Vorgänge hindeutet. Für die Langzeitsicherheit werden deshalb nur die kleineren Sorptionskoeffizienten (RS) zugrunde gelegt, da der KD-Wert nur für reversible Vorgänge gilt.

Die Sorptions- oder Verteilungskoeffizienten werden im wesentlichen bestimmt von der Nuklidart (chemische Verbindung, Oxidations-

stufe u.a.), vom spezifischen Gestein und seinen Mineralbestandteilen, der chemischen Zusammensetzung des Grundwassers, von künstlichen und natürlichen Komplexbildnern und dem V/m-Verhältnis (V = Volumen Sorptionsmedium [ml], m = Masse Sorbens [g]).

### 3.2.5.1 Darstellung des Antragstellers

Vom Antragsteller liegen außer den im Plan 4/90, Kapitel 3.9 Langzeitsicherheit enthaltenen Aussagen zur Sorption der Nuklide folgende Erläuternde Unterlagen vor:

EU 76.1, EU 113.4, EU 124.1, EU 124.2, EU 125.7, EU 125.8, EU 137.1, EU 137.2, EU 137.3, EU 138, EU 139.1, EU 139.2, EU 139.3, EU 140, EU 164, EU 214, EU 227, EU 339, EU 340, EU 455, EU 463.

Der Antragsteller beschreibt darin seine Vorgehensweise und seine Untersuchungsergebnisse.

Für die Sorptionsexperimente wurden vom Antragsteller insgesamt 25 Gesteinsproben von im Untersuchungsgebiet vorkommenden Sedimentgesteinen ausgewählt. Diese Probenahme (Steinbrüche, Grube Konrad, Bohrungen K 101 und Röhme 46) wird als repräsentativ für das Modellgebiet Konrad angesehen.

Die Bestimmung der KD-Werte erfolgte im Labor mit Hilfe von Säulen-(Durchlauf- und Umlaufsäulen), Diffusions- und Batchversuchen (EU 113.4, EU 137).

Bei den Batchversuchen wird gebrochenes Probenmaterial der Kornfraktion 0,2-0,6 mm in einer wässrigen Lösung bis zur Einstellung eines Gleichgewichtes geschüttelt. Die RS-Werte ergeben sich direkt aus der Konzentrationsverteilung der Radionuklide, die sich zwischen den Sedimentpartikeln und der wässrigen Lösung einstellt. Die Masse des Gesteins und das Volumen der Lösung stehen dabei in einem bestimmten Verhältnis zueinander, das in Vorversuchen von den Experimentatoren ermittelt wird.

Für die Bestimmung der Sorptionsdaten werden im wesentlichen die Ergebnisse aus Batchversuchen (RS-Werte) herangezogen. Für diese wird im Vergleich zu den Säulenexperimenten eine kürzere Versuchszeit benötigt; außerdem ermöglichen sie eine einfache Durchführung verschiedener Parametervariationen (EU 113.4), durch die der Einfluß unterschiedlicher chemischer und physikalischer Verhältnisse auf die im Modellgebiet anstehenden Gesteinen erfaßt werden kann, wie z.B.:

- aerobe/anaerobe Bedingungen,
- Verhältnis Volumen des Sorptionsmediums/Masse des Sorbens,
- Komplexbildung,
- Salinität der Formationswässer,
- pH-Wert und
- Konzentration der Radionuklide.

Unter Berücksichtigung des Aktivitätsinhalts des Endlagers, der Halbwertszeit und der radiologischen Bedeutung wurden an den Gesteinsproben mit Hilfe verschiedener Parametervariationen KD-Werte für folgende Nuklide experimentell ermittelt:

- Technetium (Tc), Selen (Se), Zirkon (Zr), Niob (Nb)  
EU 140,
- Jod (I), Cäsium (Cs), Strontium (Sr), Kohlenstoff (C)  
EU 125.7, EU 125.8,
- Uran (U), Radium (Ra), Thorium (Th), Blei (Pb), Nickel (Ni),  
Actinium (Ac), Protactinium (Pa)  
EU 139.1, EU 139.2, EU 139.3,
- Plutonium (Pu), Neptunium (Np)  
EU 138.

Für die folgenden Nuklide

- Rubidium (Rb), Calcium (Ca), Molybdän (Mo), Kobalt (Co), Palladium (Pd), Zinn (Sn), Wismut (Bi), Polonium (Po), Samarium (Sm), Europium (Eu), Americium (Am) und Curium (Cm)

werden KD-Werte von chemisch ähnlichen Nukliden übernommen (COTTON & WILKINSON 1985).

Für das Element

- Chlor (Cl) wird keine Sorption angenommen.

Die KD-Werte der Nuklide des Zirkonium, Plutonium, Americium, Curium, Blei, Zinn, Nickel und Thorium werden im wesentlichen durch eine Konzentrationsabnahme durch Komplexbildung mit EDTA (Ethylen-Diamin-Tetra-Acetat, künstlicher Komplexbildner) beeinflusst. Die KD-Werte des Uran sind am stärksten von der Nuklidkonzentration abhängig.

Eine Abnahme der Nuklid- und Komplexbildungskonzentrationen im Verhältnis 1:10 bzw. 1:100 (EU 76.1) wird durch zuströmendes Tiefenwasser und durch Dispersion, welche von den Ausbreitungswegen (vgl. Kap. 3.4) abhängig sind, festgestellt. Für den Ausbreitungsweg der Nuklide durch den Cornbrash wird nur der Einfluß einer Verdünnung von 1:100 auf die KD-Werte der Nuklide betrachtet (EU 113.4).

Außerdem werden vom Antragsteller Modelleingabedaten für die Rechnungen zur Überprüfung und Bewertung der Dichtigkeit der alten Bohrungen und der Schachtverschlüsse angegeben.

#### 3.2.5.2 Stellungnahme des NLfB

Unsere Stellungnahme zu den Aussagen des Antragstellers wurde aufgrund des Planes 4/90, der im Kapitel 3.2.5.1 erwähnten Erläuternden Unterlagen und weiterer Literatur vorgenommen. Vom NLfB wurden die Sorptionseigenschaften der Einlagerungs- und Deckgebirgsschichten begutachtet, für den Grubenbereich (Nahfeld) wurden die KD-Werte vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt bewertet. Eigene KD-Wertbestimmungen wurden nicht durchgeführt.

Diffusions- und Dispersionsvorgänge, die die Rückhaltung von Nukliden beeinflussen können und zu denen NLFB Daten geliefert hat [██████████ 1990b; ██████████ 1992], werden in den Ausbreitungsrechnungen des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt berücksichtigt.

#### Zur Methodik

Die vom Antragsteller durchgeführten Batch-, Säulen- und Diffusionsversuche sind die zur Bestimmung der Sorptionskoeffizienten üblichen Verfahren und entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik.

Der Antragsteller verzichtet auf die Verwendung der Ergebnisse aus Diffusionsversuchen und setzt in seine Modellrechnungen KD-Werte ein, die mit Batch- oder Säulenversuchen ermittelt wurden. Wir stimmen der Vorgehensweise des Antragstellers zu, weil ausreichend repräsentative und belastbare Werte vor allem aus Batchversuchen vorliegen. KD-Werte, die aus den Ergebnissen der Diffusionsversuchen ermittelt wurden, stehen nicht im Widerspruch zu denen aus Batchversuchen, da sie zu ähnlichen Ergebnissen führen. Ihre Bewertung war deshalb entbehrlich.

Mit Hilfe von Säulenversuchen wurden generell nur wenige KD-Werte bestimmt. Vor allem beim Strontium, das eine sehr geringe Sorptionseigenschaft besitzt, wurde der größte Teil der Werte mit dieser Methode ermittelt.

Die meisten KD-Werte basieren jedoch auf Batchversuchen, die sich wegen kurzer Versuchszeiten und einfacher Versuchsanordnung besonders gut zur Durchführung von Parametervariationen eignen.

Aufgrund spezifischer Abhängigkeiten können sich die KD-Werte einzelner Nuklide für die verschiedenen hydrogeologischen Einheiten unterscheiden. Durch Parametervariationen bei den Batchversuchen (vgl. Kap. 3.2.5.1 dieses Textes) hat der Antragsteller den Einfluß der im Modellgebiet vorkommenden Gesteinsschichten auf die Sorption der Radionuklide untersucht und so standortspezifische KD-Werte für die Transport-Modellrechnungen ermittelt. Dies ist

nach Stand von Wissenschaft und Technik mit der bisher praktizierten Versuchstechnik nur zum Teil möglich, da das im Labor verwendete Gestein gebrochen und damit gestört ist. Das in der Natur vorkommende Gestein ist demgegenüber fest, zumeist kompakt, z.T. geklüftet, hat eine komplexe Porenstruktur und enthält im Vergleich Masse des Gesteins zu Volumen der Flüssigkeit nur wenig Flüssigkeit. In den Laborversuchen wurden Korngrößenfraktionen von 0,2-0,6 mm verwendet, so daß der Einfluß des Probenzerkleinerungsgrades auf die Sorption als vernachlässigbar gering angesehen werden kann. In den Fällen, in denen das Sorptionsverhalten der Nuklide im wesentlichen durch Komplexbildung bestimmt wird, spielt der Einfluß der Korngröße zudem nur eine untergeordnete Rolle. Die verschiedenen Sorptionsprozesse am gebrochenen Gestein werden nur mit einer einzigen Größe, dem Sorptionskoeffizienten oder KD-Wert, beschrieben. Die im Labor gemessenen Daten stellen somit nur "sorptive Größen" dar, die hier als KD-Werte definiert werden und für verschiedene Nuklide an unterschiedlichen Gesteinen ermittelt wurden.

Experimentell ermittelte KD-Werte  $< 0.1$  ml/g sind mit großen Fehlern behaftet. Für diese wird daher als Rechenwert Null eingesetzt. Für größere KD-Werte werden im allgemeinen abgerundete Rechenwerte verwendet.

Die Ausbreitung der Radionuklide in der Geosphäre wird vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt mit Hilfe eines Rechenmodells simuliert (s. Gutachten des [REDACTED] [1995]).

#### Zur Übertragbarkeit von KD-Werten

Der Antragsteller hat anhand der von ihm entnommenen Gesteinsproben für verschiedene hydrogeologische Einheiten mit den dazugehörigen Formationswässern KD-Werte experimentell ermittelt. Parametervariationen zeigen dabei, daß die KD-Werte nicht nur durch die unterschiedlichen Gesteinstypen beeinflußt werden, sondern wesentlich abhängig sind von der Salinität der Grundwässer und den EDTA- und Radionuklidkonzentrationen. Auf die Gesteinsschichten, die nicht beprobt worden waren, wurden für die Modellrechnungen KD-

Werte übertragen, die aus lithologisch und hydrogeologisch ähnlichen Gesteinsschichten abgeleitet wurden. Für Emscher-Mergel, Tertiär und Quartär wird nur eine Abnahme der Schadstoffkonzentrationen durch Verdünnung angenommen.

Für Plänerkalke bis Flammenmergel wurden KD-Werte ermittelt, die mit gering mineralisiertem Formationswasser gemessen wurden.

An tonigen Gesteinen der Unterkreide und des Dogger experimentell ermittelte KD-Werte können wegen lithologischer Ähnlichkeiten innerhalb dieser Formationen auch auf andere tonige Schichten übertragen werden, für die keine Meßwerte vorliegen. Eine Übertragung der KD-Werte des Oxford (Probe aus Fladentonstein des Unteren Korallenoolith) auf die Tonsteine des Alb ist wegen ähnlicher Tonmineralzusammensetzung ebenfalls vertretbar und angemessen. Experimentell ermittelte KD-Werte des Alb können allerdings auf die tonigen Schichtfolgen des Apt bis Basis Unterkreide nicht übertragen werden, da aufgrund ihres tonmineralogischen Aufbaus für diese geringere KD-Werte zu erwarten sind. Wegen ihres höheren Verfestigungsgrades können auf Doggertone ebenfalls keine KD-Werte der tonigen Unterkreide übertragen werden (s. Kap. 2.1.3).

Für den Hilssandstein wurden Daten experimentell ermittelt.

Die Kalksteine des Kimmeridge und des Oxford besitzen wegen ihrer im großen und ganzen ähnlichen lithologischen Ausbildung ähnliche Sorptionseigenschaften. Beim Fehlen von experimentell bestimmten Daten für eine dieser Schichten überträgt der Antragsteller die für die andere Schicht ermittelten KD-Werte.

Die KD-Werte des Cornbrash-Sandsteins werden vom Antragsteller auf den Dogger-beta-Sandstein übertragen, da beide Einheiten lithologisch ähnlich sind und somit vergleichbare Sorptionseigenschaften wahrscheinlich sind.

NLFB hält die Vorgehensweise des Antragstellers bei der Übertragung von KD-Werten unter den o.g. Bedingungen für zulässig und ist bei der Aufstellung des eigenen Datensatzes ebenso verfahren. Für

die in den Modellen des Antragstellers nicht gesondert berücksichtigten, vom NLfB jedoch modellierten hydrogeologischen Einheiten sandiges Valangin und Wealden werden vom NLfB die kleinsten vom Antragsteller für den Hilssandstein ermittelten KD-Werte für die eigenen Modellrechnungen übernommen.

Bei den Sorptionsexperimenten hat sich gezeigt, daß, bezogen auf die Gesteinstypen, generell in Tonsteinen die stärkste und in Sandsteinen die geringste Sorption stattfindet. Bei mehreren Nukliden (s. Anl. 3.2.5/1) steigt die Sorption in den gegenüber den anderen Einheiten durch nur schwach mineralisierte Formationswässer gekennzeichneten hydrogeologischen Einheiten Plänerkalke bis Flammenmergel z.T. stark an. Es handelt sich dabei um Nuklide, deren Sorptionsverhalten wesentlich von der Salinität der Formationswässer geprägt wird.

Einen Sonderfall stellt Technetium dar. Für alle hydrogeologischen Einheiten ergeben sich für dieses Nuklid nur sehr geringe Sorptionswerte (KD-Werte  $< 1$  ml/g) mit großen Streubreiten. Die experimentell bestimmten KD-Werte für die Kalksteine sind dabei höher als für die tonigen Schichten.

#### Zu den KD-Werten (Sorptionskoeffizienten)

Die Prüfarbeiten des NLfB zu den vom Antragsteller ermittelten KD-Werten erfolgten unter Berücksichtigung einschlägiger Literatur; eigene Stichprobenuntersuchungen wurden nicht vorgenommen. Im Rahmen seiner Prüfarbeiten hat NLfB eigene Datensätze für die Ausbreitungsrechnungen des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt erstellt, die z.T. vom Antragsteller abweichende KD-Werte beinhalten (s. [1990b]; Gutachten des [1995]).

Für die Nuklide des

- Technetium (Tc), Selen (Se), Niob (Nb), Cäsium (Cs),  
Strontium (Sr), Radium (Ra)

werden vom NLFb die vom Antragsteller ermittelten KD-Werte bestätigt (s. Anl. 3.2.5/1, Plan 4/90, EU 113.4).

Für die Nuklide des

- Zirkonium (Zr), Jod (I), Kohlenstoff (C), Actinium (Ac), Uran (U), Thorium (Th), Protactinium (Pa), Nickel (Ni), Blei (Pb), Neptunium (Np) und Plutonium (Pu)

werden vom NLFb unter Berücksichtigung von Literaturdaten und eigener Einschätzungen der experimentell ermittelten Daten für einzelne hydrogeologische Einheiten von denen des Antragstellers abweichende, meist niedrigere KD-Werte angegeben (s. Anl. 3.2.5/1, Plan 4/90, EU 113.4; [REDACTED] [1990b]).

Auf die Nuklide

- Molybdän (Mo), Zinn (Sn), Americium (Am) und Curium (Cm)

werden vom NLFb wie vom Antragsteller KD-Werte übertragen, die an Nukliden mit chemisch ähnlichem Verhalten experimentell bestimmt wurden (s. Anl. 3.2.5/1, EU 76.1, EU 113.4).

Für einige Nuklide ist die Anzahl der experimentell bestimmten KD-Werte sehr gering, so daß im Gegensatz zur Bewertung des Antragstellers vom NLFb für die Nuklide

- Calcium (Ca), Kobalt (Co), Palladium (Pd), Wismut (Bi), Polonium (Po) und der Lanthanide (Samarium (Sm) und Europium (Eu))

für alle hydrogeologischen Einheiten keine Sorption angenommen wird (s. Plan 4/90, EU 76.1). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, daß die Sorption der o.g. Nuklide in den am Standort anstehenden Gesteinen generell größer Null ist. Um das Polonium in seiner radiologischen Relevanz nicht überzubewerten (s. Gutachten des [REDACTED] [1995]) waren für den Wealden weitere Betrachtungen erforderlich. Für oberflächennahe sandige

Lockergesteine mit mineralisierten Porenwässern werden für das Polonium KD-Werte von mehreren Hundert ml/g angegeben [■■■■■ 1990]. Diese Werte sind nur bedingt auf tieferliegende Festgesteinsschichten übertragbar. Wir halten jedoch wegen der ähnlichen petrofaziellen Ausbildung und Porenwasserführung der Festgesteine des Wealden einen KD-Wert = 10 ml/g für diese Schicht für vertretbar.

Auch für

- Rubidium (Rb)

wird wegen der in Experimenten nachgewiesenen sehr geringen Sorption vom NLFb für fast alle hydrogeologischen Einheiten keine Sorption angenommen. Lediglich für die durch gering mineralisierte Formationswässer gekennzeichneten hydrogeologischen Einheiten Plänerkalke bis Flammenmergel wird ein KD-Wert von 1 eingesetzt, weil die Sorption bei verminderter Salinität der Formationswässer geringfügig ansteigt (s. Anl. 3.2.5/1). Der Antragsteller gibt für Rubidium keine Werte an.

Für das Nuklid

- Chlor (Cl)

wird vom NLFb wie vom Antragsteller ebenfalls für alle hydrogeologischen Einheiten keine Sorption angenommen und in die Ausbreitungsrechnungen ein KD-Wert von 0 ml/g eingesetzt, weil keine experimentell ermittelten, standortspezifischen Werte vorliegen.

Die Nuklide

- Jod, Uran, Thorium und deren radioaktive Folgeprodukte wie Radium und Protactinium

haben lange Halbwertszeiten und einen hohen Anteil am Nuklidinventar und spielen daher eine wichtige Rolle bei der Bewertung der Langzeitsicherheit des Endlagers. Im folgenden wird deshalb aus-

fürlich beschrieben, auf welcher Grundlage die Sorptionskoeffizienten dieser Nuklide abgeleitet wurden.

Die experimentell bestimmten KD-Werte für Jod sind sehr niedrig. Für Jod wird deshalb für alle hydrogeologischen Einheiten keine Sorption angenommen.

Die KD-Werte des Uran werden im wesentlichen durch die Nuklidkonzentration beeinflusst. Bei einer Uran-Konzentration im Endlager von  $10^{-3}$  mol/l nimmt die Sorption stark ab, sie erhöht sich jedoch beim Transport durch die damit verbundene Verdünnung. Als Rechenwerte werden vom NLfB auf eine Konzentration von  $10^{-3}$  mol/l bezogene KD-Werte angegeben.

Die Sorption des Thorium wird bei Anwesenheit von EDTA durch Komplexbildung stark herabgesetzt, mit zunehmender Verdünnung beim Transport nimmt sie jedoch zu. Vom Antragsteller und vom NLfB werden für die Modellrechnungen die durch Komplexbildung erniedrigten KD-Werte verwendet.

Für Protactinium wurden KD-Werte experimentell ermittelt, die auch in Gegenwart von EDTA und hoher Salinität der Formationswässer nicht unter 1000 ml/g liegen. Ausnahmen bilden die hydrogeologischen Einheiten, die aus sandigen Schichten aufgebaut sind, deren experimentell ermittelte KD-Werte weit unter 1000 ml/g - für den Cornbrash-Sandstein wurde z.B. ein KD-Wert von 692 ml/g bestimmt - liegen. Vom NLfB werden daher im Gegensatz zum Antragsteller für sandig ausgebildete hydrogeologische Einheiten deutlich kleinere KD-Werte für die Ausbreitungsrechnungen angegeben.

Die KD-Werte des Radium zeigen eine große Abhängigkeit von der Salinität der Formationswässer. Durch diesen Parameter werden die KD-Werte des Nuklids am stärksten herabgesetzt. In den hydrogeologischen Einheiten mit gering mineralisierten Formationswässern steigt die Sorption deutlich an. Vom Antragsteller und vom NLfB wird dies berücksichtigt, in dem für diese Einheiten ein KD-Wert von 110 gegenüber 1-3 in den übrigen Einheiten in die Rechnung eingesetzt wird.

Nuklid- und EDTA-Konzentrationen werden in Abhängigkeit von den Ausbreitungswegen durch zuströmendes Wasser und durch Dispersion herabgesetzt. Die Sorption nimmt hierbei für einige Nuklide zu. Die bei einer Verdünnung der Konzentrationen im Verhältnis 1:10 bzw. 1:100 im Modelleingabedatensatz des Antragstellers (EU 113.4) angegebenen KD-Werte für die Nuklide Zirkonium, Plutonium, Americium, Curium, Uran und Thorium unterscheiden sich nur unwesentlich von denen des NLFb. Für Blei, Zinn und Nickel wurde vom NLFb aufgrund einer geringeren Datendichte eine deutlich niedrigere Sorption zugrunde gelegt.

Modelleingabedatensätze des Antragstellers und des NLFb zur Sorption, die für die Modellrechnungen zur Dichtigkeit der alten Bohrungen und Schächte erstellt wurden, orientieren sich an den o.g. KD-Werten [■■■■ 1992, ■■■■ 1993].

#### 3.2.5.3 Bewertung zur Sorption

Die Bewertung der Aussagen des Antragstellers zur Sorption wurde aufgrund des Planes 4/90 und der im Kapitel 3.2.5.1 genannten Erläuternden Unterlagen sowie der einschlägigen Literatur vorgenommen.

Vom Antragsteller wurde das Rückhaltevermögen der Gesteine des Untersuchungsgebietes für Radionuklide mit den zugehörigen Formationswässern betrachtet und mit Hilfe elementspezifischer Verteilungskoeffizienten beschrieben. Alle Schichten und Gesteinstypen im Modellgebiet wurden dabei repräsentativ erfaßt.

Die Untersuchungen erfolgten im Labor. Hierzu wurden drei verschiedene Verfahren (Batch-, Säulen- und Diffusionsversuche) eingesetzt und in einem umfangreichen experimentellen Programm die Sorptionseigenschaften der Gesteine, die im natürlichen System von verschiedenen Prozessen und von einer großen Anzahl von Parametern

abhängig sind, bestimmt. Aus den experimentell ermittelten Sorptionskoeffizienten wurden Daten abgeleitet und für die Berechnung des Nuklidtransportes durch die Geosphäre verwendet.

Die Bestimmung der Sorptionskoeffizienten durch den Antragsteller wurde nach Stand von Wissenschaft und Technik durchgeführt. Wesentliche Parameter, wie der Gesteinstyp, die EDTA- und Nuklidkonzentrationen und die Salinität der Formationswässer, die die Sorption der Nuklide beeinflussen können, wurden berücksichtigt. Die für die Berechnung des Nuklidtransportes vom Antragsteller abgeleiteten Sorptionskoeffizienten sind für das Untersuchungsgebiet plausibel und nachvollziehbar.

Vom NLfB wurde aus den vorliegenden experimentellen Daten unter Einbeziehung von Literaturhinweisen ein eigener Modelleingabedatensatz erstellt, der sich von dem des Antragstellers für einige Nuklide aufgrund eigener Einschätzungen der vom Antragsteller experimentell ermittelten Daten für einzelne hydrogeologische Einheiten unterscheidet (vgl. Kap. 3.2.5.2). Der Nuklidtransport durch die Geosphäre wird durch Modellrechnungen vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt geprüft und bewertet (s. Gutachten des [REDACTED] [1995]).

### 3.2.6 Grundwasserbewegung ( [REDACTED] )

Die Grundwasserbewegung in den einzelnen hydrogeologischen Schicht-  
einheiten im Modellgebiet Konrad erfolgt über Poren und Klüfte im  
Gestein. Im folgenden Kapitel werden die Grundwasserregime des  
oberflächennahen und des tiefen Grundwassers, die durch hydraulische  
Barrieren (vgl. Kap. 3.2.2) voneinander getrennt sind, be-  
trachtet und die Bewegungsvorgänge behandelt.

#### 3.2.6.1 Darstellung des Antragstellers

##### Oberflächennahes Grundwasser

Die Bewegung des oberflächennahen Grundwassers (Quartär und Ober-  
kreide) ist aus Kapitel 3.1.9.6.3 "Hydrogeologie des Quartär" und  
aus dem in der Anlage 3.1.9.6/6 des Planes 4/90 dargestellten  
Grundwasserhöhengleichenplan abzuleiten. Diese Anlage gibt die  
Grundwasserströmungsverhältnisse für den Südteil des Untersu-  
chungsgebietes vom Salzgitter-Höhenzug bis etwa zum Mittellandka-  
nal wieder. Der Höhengleichenplan wurde unter Verwendung gemittel-  
ter Grundwasserspiegelmessungen (vieljähriges Mittel oder Mittel-  
wert des Hoch- und Niedrigwasserstandes 1982) und unter Berück-  
sichtigung der Meßwerte in den Jahren 1984 und 1985 neu errichte-  
ter Meßstellen sowie nach Analogieschlüssen erstellt. In Abhängig-  
keit u.a. von der Meßstellendichte im Untersuchungsgebiet wurden  
Bereiche mit unterschiedlichen Fehlergrenzen im Grundwasserhöhen-  
gleichenplan ausgehalten.

Der Abstrom des oberflächennahen Grundwassers ist allgemein nach  
Norden gerichtet. Das Grundwasserspiegelgefälle beträgt bis zu  
 $3 \text{ ‰}$ . Der Grundwasserspiegel ist zum Teil künstlich beeinflusst,  
wie etwa durch den Zweigkanal Salzgitter und durch Wasserwerke.

Neben den hier aufgeführten Aussagen des Antragstellers aus dem  
Plan 4/90 finden sich in den Erläuternden Unterlagen EU 15.1,  
15.2, 18.2, 18.3, 28.3, 30.1, 31.2, 42.1, 53.3, 82, 135.1, 135.2,

146, 151, 155 und 456 Angaben zum oberflächennahen Grundwasser, die in unserer Stellungnahme (Kap. 3.2.6.2) mitbehandelt werden.

#### Tiefes Grundwasser

Im Kapitel 3.1.9.6 "Hydrogeologie" des Planes 4/90 macht der Antragsteller Angaben zur Tiefenwasserhydraulik am Standort Konrad. Als möglicher Antrieb für einen tiefreichenden Porenwasserstrom kommt der hohe Grundwasserspiegelstand im Gebiet des Salzgitter-Höhenzuges, wo steilstehende Schichten des Keuper und Muschelkalk zu Tage ausstreichen, in Frage. Eine mögliche Porenwasserbewegung im Untersuchungsgebiet ist aufgrund des Verlaufs der Salzstrukturen und der Zungenform der wichtigsten Wasserleiter von Süden nach Norden gerichtet. Die Allerniederung bildet dabei das regional niedrigste Vorflut-Niveau.

In welchem Maße das Gefälle vom Salzgitter-Höhenzug zur Allerniederung zu einem Grundwasserstrom in nördliche Richtung führt, ist von den hydraulischen Eigenschaften der Gesteinsschichten, ihrer räumlichen Anordnung und der Porenwasser-Salinität abhängig.

Der Antragsteller hat neben den hier aufgeführten Aussagen aus dem Plan 4/90 in den Erläuternden Unterlagen EU 146, 247, 338 und 417 Beiträge zum tiefen Grundwasser geliefert, die im folgenden Kapitel mitbehandelt werden.

#### 3.2.6.2 Stellungnahme des NLfB

#### Oberflächennahes Grundwasser

Die Grundwasserfließverhältnisse des oberflächennahen Grundwasserstockwerkes wurden von Antragstellerseite anhand mehrerer Grundwasserhöhengleichenpläne dargestellt.

Für das Schachtgelände und dessen Nahbereich im Umkreis von etwa 6 km (Untersuchungsgebiet der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (GSF), im folgenden kurz als "Nahbereich" bezei-

chnet) liegen Grundwasserhöhengleichenpläne (Maßstab 1 : 15000) über den Zeitraum von 1939 bis 1986 vor. Die Entwicklung der Grundwasserstände wird für die Jahre 1939 bis 1980 in Zeitabständen von durchschnittlich 10 Jahren gezeigt (EU 15.1), ab 1981 in halbjährlichen bzw. jährlichen Darstellungen (EU 15.2, EU 155). Die Grundwassermeßstellen, die für die Anfertigung der Grundwasserhöhengleichenpläne im Nahbereich verwendet wurden, sind mit Angabe von Bohr- und Ausbaudaten in diversen Erläuternden Unterlagen (EU 28.3, EU 30.1, EU 31.2, EU 82, EU 135.1, EU 135.2) aufgeführt. Eine Interpretation dieser Grundwasserhöhengleichenpläne und der zeitlichen Veränderungen der Fließverhältnisse erfolgt in der EU 18.3. Bei den Grundwasserständen sind demnach lang- und kurzfristig keine "bedeutsamen Änderungen" festzustellen. Eine Ausnahme bilden die Gebiete, in denen durch anthropogene Maßnahmen der Grundwasserhaushalt beeinflußt wurde, wie etwa durch den abschnittsweise als Vorfluter wirkenden Zweigkanal Salzgitter oder durch Grundwasserentnahmen und -anreicherung im Bereich des Hüttengeländes der [REDACTED]. In der EU 42.1 wird die Lage des Grundwasserspiegels im Bereich des Hüttengeländes im Falle einer potentiellen Einstellung der Grundwasserentnahmen durch das Wasserwerk Hütte prognostiziert. Generell ist die Schwankungsbreite der Grundwasserstände im Nahbereich des Schachtgeländes gering und beträgt bei der Mehrheit der Meßstellen maximal 3 m (EU 18.3).

In der EU 456 werden die Grundwasserstände der Pegel des Grundwassermeßstellennetzes Konrad mit Hilfe einer Zeitreihenanalyse statistisch ausgewertet. Danach ergab die Trendanalyse für langjährige Zeitreihen keine signifikanten Trendwerte, während die Ganglinien der kurzfristigen Grundwasserbeobachtungen in Abhängigkeit von dem erfaßten Zeitraum und anthropogenen Einflüssen ein sehr unterschiedliches Trendverhalten zeigen. Als Ergebnis der Periodizitätsanalyse lassen sich neben langperiodischen Schwingungen vor allem die Schwingung der Grundwasserstände eines Jahresgangs feststellen.

Die Grundwasserfließverhältnisse des übrigen Untersuchungsgebietes sind aus zwei weiteren von Antragstellerseite vorgelegten Grundwasserhöhengleichenplänen im Maßstab 1 : 50 000 ersichtlich (Plan

4/90, Anl. 3.1.9.6/6, EU 146). Berücksichtigung fanden die Meßstellen des Landesgrundwasserdienstes und des Neubauamts für den Ausbau des Mittellandkanals (Braunschweig), Wasserwerksbrunnen (z.B. des Wasserwerks Lamme) und Hausbrunnen sowie einzelne Grundwasserstandsmessungen, wie sie etwa aus Aufschlußbohrungen vorliegen. Grundwasserganglinien von den im Südteil des Untersuchungsgebietes gelegenen Meßstellen des Landesgrundwasserdienstes lassen für den Zeitraum von 1957 bis 1980 Schwankungsbreiten der Grundwasserstände bis um 3 m oder weniger erkennen (EU 146). Nur bei wenigen Meßstellen sind größere Unterschiede aus dem Ganglinien-Diagramm abzulesen.

Im Bereich des Schachtgeländes sind die Grundwasserfließverhältnisse im oberflächennahen Grundwasserstockwerk (s.a. EU 18.2, EU 53.3, EU 151) u.a. auch durch die vom Antragsteller neu errichteten bzw. sanierten Meßstellen gut belegt (EU 28.3, EU 30.1, EU 31.2, EU 135.1, EU 135.2). Für den größten Teil des Untersuchungsgebietes geben die Grundwasserhöhengleichenpläne aber die Grundwasserbewegung nur in grober Näherung wieder. Die zusätzliche Berücksichtigung weiterer, uns vorliegender Grundwasserstandsdaten sowie die Korrekturen einzelner Meßstellenpositionen, die im Grundwassergleichenplan des Antragstellers nach den uns vorliegenden Unterlagen fehlerhaft eingetragen sind, führen stellenweise zu geringfügigen Änderungen im Verlauf der Grundwassergleichen. Insgesamt zeigt sich der aus den Grundwasserhöhengleichenplänen des Antragstellers bekannte Strömungsverlauf (Anl. 3.2.6/1).

Der oberflächennahe Grundwasserleiter weist nur lokal (z.B. in quartären Rinnensystemen) einen Stockwerksbau auf (vgl. Kap. 3.2.2); es erfolgt ein Wasseraustausch mit den Oberflächengewässern. Die Fließrichtungen sind - sofern nicht anthropogen durch Grundwasserförderung und Wasserhaltungsmaßnahmen beeinflusst - auf die Vorfluter eingestellt. Im engeren Standortbereich ist dabei der Abstrom des oberflächennahen Grundwassers auf den Zweigkanal Salzgitter, die Aue und das Wasserwerk Bleckenstedt eingestellt. Insofern stimmen wir mit den Aussagen des Antragstellers überein: es ergeben sich keine Widersprüche.

## Tiefes Grundwasser

Eine Tiefenwasserbewegung über ein Einstromgebiet im Salzgitter-Höhenzug durch den tiefen Untergrund nach Norden ist bei den im Untersuchungsgebiet angetroffenen strukturellen Gegebenheiten und den unterstellten hydraulischen Potentialen prinzipiell möglich. Die Ergebnisse von Grundwasserströmungsmodellen, bei denen die zur Tiefe hin zunehmende Dichte der Tiefenwässer nicht berücksichtigt wurde, stützen diese Überlegungen. Als möglicher Antrieb für einen tiefreichenden Grundwasserstrom wird im Plan 4/90 der hohe Grundwasserspiegelstand im Salzgitter-Höhenzug ausgewiesen. Mögliche weitere Einstromgebiete für den tiefen Untergrund sind die Höhenzüge Fallstein, Asse und Elm östlich des Untersuchungsgebietes (EU 247). Auch der Harli ist als mögliches Regenerationsgebiet für den tiefen Untergrund anzusehen. Für die Modellierung der Grundwasserströmung im Modellgebiet sind diese Einstromgebiete jedoch nicht relevant (s. Kap. 3.4).

Belege für eine konvektiv bedingte Tiefenwasserbewegung gibt es nicht. Austritte von Tiefenwasser an der Oberfläche sind nicht nachgewiesen. Mineralquellen (z.B. Solequellen) sind im Modellgebiet nicht vorhanden. Nicht eindeutig geklärt ist das Vorkommen von Versalzungszone im süßwassererfüllten Grundwasserstockwerk über dem Gifhorn-Calberlah-Graben. Ein Zustrom von tiefem Grundwasser ist dort jedoch nicht auszuschließen [■■■■■ 1989]. Ein Nachweis des Aufstiegs von Tiefengrundwasser in diesem Bereich durch Erkundungsmaßnahmen (Bilanzierung der Wassermengen, Strömungsverhältnisse) zur Validierung von Modellergebnissen ist nicht notwendig und sinnvoll, da die Modellrechnungen die tatsächlichen salinaren Verhältnisse im tiefen Grundwasser unberücksichtigt lassen (s. Kap. 3.4.2).

Geländeuntersuchungen und Modellbetrachtungen des Antragstellers zeigen, daß die Grundwasserbewegung wesentlich durch die Salinität der Wässer beeinflusst wird. Die Berücksichtigung der Dichteschichtung führt nach den Ergebnissen von prinzipiellen Modellbetrachtungen zur Ausbildung von "sich sehr langsam bewegenden Konvektionszellen", die wiederum eine deutliche Verringerung der Fließ-

geschwindigkeit zur Folge haben (EU 146). In neueren Unterlagen des Antragstellers (EU 338) wird ein konvektiver Grundwassertransport im Salzwasser-Bereich des Untersuchungsgebietes weitgehend ausgeschlossen. Nach Ansicht des Antragstellers gibt es Belege (Chemismus, lineare Zunahme der Salinität zur Tiefe hin, Modellbetrachtungen) dafür, daß die Diffusion den dominierenden Transportmechanismus für den Lösungsinhalt der Wässer darstellt. Diese diffusionskontrollierten Prozesse ließen sich jedoch auch durch neuere Untersuchungen des Antragstellers (EU 417) nicht nachweisen (vgl. Kap. 3.2.4.2).

Daten zur Tiefengrundwasserhydraulik liegen nur in eingeschränktem Maße (z.B. Bohrung K 101) aus dem Modellgebiet vor. Da im Tiefengrundwasser saline Verhältnisse vorliegen, lassen sich die Modellrechnungen mit konstanter Dichte und ihren entsprechend konservativen Ergebnissen (Kap. 3.4) nicht anhand solcher Meßdaten validieren. Aufgrund der geringen Druckunterschiede im Tiefenwasseraquifer stößt die Datenermittlung außerdem an meßtechnische Grenzen. Es stellt sich zusätzlich die Frage nach der Relevanz lokaler Gegebenheiten in bezug auf die großräumige hydraulische Situation.

Im Rahmen der Umsetzung der Untersuchungsergebnisse zur Grundwasserbewegung in Grundwasserströmungsmodelle erfolgt der Ansatz nach Darcy, d.h. die Durchströmung eines porösen Mediums. Diese Eingangsvoraussetzung für die verwendeten Rechenmodelle wird von uns aus hydrogeologischer Sicht als zulässige Vereinfachung akzeptiert (s. Kap. 3.4.2).

### 3.2.6.3 Bewertung zur Grundwasserbewegung

#### Oberflächennahes Grundwasser

Bei der Bewegung des Grundwassers in den einzelnen Schichteinheiten über Poren und Klüfte im Gestein wird aufgrund entsprechender hydraulischer Barrieren zwischen oberflächennahem und tiefem Grundwasser unterschieden. Anhand der Daten aus dem insbesondere

im näheren Standortbereich sehr dichten Meßstellennetz hat der Antragsteller die Grundwasserverhältnisse des oberflächennahen Grundwasserstockwerks in Grundwasserhöhengleichenplänen dargestellt und bewertet. Der Abstrom des oberflächennahen Grundwassers ist allgemein nach Norden gerichtet, das Grundwassergefälle beträgt bis zu  $3 \text{ ‰}$ . Der Grundwasserspiegel wird dabei z.T. künstlich beeinflusst. Die Grundwasserhöhengleichenpläne wurden beim Aufbau der Grundwasserströmungsmodelle insofern berücksichtigt, als daß durch sie Randbedingungen festgelegt wurden.

Unsere weitergehenden Auswertungen der Daten zum Fließgeschehen im oberflächennahen Grundwasser fanden Eingang in Grundwasserhöhengleichenpläne, die für die Modellrechnungen der Gutachter der Genehmigungsbehörde verwendet wurden. Aus hydrogeologischer Sicht ergaben sich unerhebliche Abweichungen zu den Darstellungen des Antragstellers. Inwiefern die verwendeten Grundwasserhöhengleichenpläne auf Antragstellerseite einerseits und auf Gutachterseite andererseits durch andere Annahmen und Randbedingungen in den Grundwasserströmungsmodellen Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers haben, wird in Kapitel 3.4 bewertet. Aus hydrogeologischer Sicht werden die Angaben des Antragstellers zur Bewegung des oberflächennahen Grundwassers als ausreichend angesehen.

#### Tiefes Grundwasser

In bezug auf das Tiefengrundwasser postuliert der Antragsteller einen Antrieb für einen tiefreichenden Porenwasserstrom aufgrund des hohen Grundwasserspiegelstandes im Gebiet des Salzgitter-Höhenzuges. Der generelle Grundwasserstrom ist dabei nach Norden gerichtet. Diese Annahmen werden in den Grundwasserströmungsmodellen umgesetzt, es wird von einer advektiven Grundwasserbewegung bei konstanter Dichte ausgegangen (s. Kap. 3.4). Geländeuntersuchungen und Modellbetrachtungen des Antragstellers zeigen eine wesentliche Beeinflussung der Grundwasserbewegung durch die Salinität des Tiefengrundwassers (vgl. Kap. 3.2.4). Bei Berücksichtigung der Dichteschichtung in Grundwasserströmungsmodellen sind deutlich geringere Fließgeschwindigkeiten zu erwarten. Nach An-

sicht des Antragstellers gibt es Belege dafür, daß die Diffusion den dominierenden Transportmechanismus für den Lösungsinhalt der Wässer darstellt.

Ein advektiver Grundwasserstrom über ein Einstromgebiet im Salzgitter-Höhenzug nach Norden geht auch als Annahme in die Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung auf Seiten der Gutachter der Genehmigungsbehörde ein. Austritte von Tiefenwasser an der Erdoberfläche bzw. in den oberflächennahen Grundwasserleiter lassen sich weder nachweisen noch ausschließen. Der Ansatz nach Darcy, d.h. die Durchströmung eines porösen Mediums, wird von uns aus hydrogeologischer Sicht als zulässige Vereinfachung bei der Modellierung akzeptiert (s. Kap. 3.4). Auch wir gehen davon aus, daß bei Berücksichtigung der Zunahme der Mineralisierung der Wässer mit der Tiefe weitaus geringere Grundwasserfließgeschwindigkeiten zu erwarten sind.

Ein von Diffusion bestimmter Transportmechanismus für Tiefenwasser, wie vom Antragsteller in neueren Unterlagen unterstellt, läßt sich unserer Ansicht nach nicht ausreichend belegen. Der Nachweis der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers erfolgt über Modellrechnungen, die einen advektiven Grundwasserstrom unterstellen (s. Kap. 3.4). Insofern ist die Frage nach dem bestimmenden Transportmechanismus für Inhaltsstoffe des tiefen Grundwassers in diesem Zusammenhang ohne Bedeutung.

Aus hydrogeologischer Sicht werden die Aussagen des Antragstellers zur Bewegung des tiefen Grundwassers als ausreichend bewertet.

### 3.2.7 Grundwassernutzung (                      )

Das oberflächennahe Grundwasser im Untersuchungsgebiet wird zur öffentlichen Wasserversorgung, zur Energiegewinnung (Wärmepumpen) sowie zur Nutzung durch Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft gefördert. Desweiteren wird oberflächennahes Grundwasser im Rahmen von Wasserhaltungsmaßnahmen entnommen. Eine Nutzung des mineralisierten Tiefengrundwassers erfolgt z.Z. nicht. Lediglich im Rahmen

der Erdölförderung und des Bergwerkbetriebes fallen geringe Mengen stark mineralisierten Grundwassers an.

### 3.2.7.1 Darstellung des Antragstellers

Der Antragsteller macht in den Kapiteln 3.1.4 "Boden- und Wassernutzung" (S. 3.1.4-4 bis 3.1.4-6, Anl. 3.1.4/2) und 3.1.9.5.4 "Wassernutzung" des Planes 4/90 Angaben zur Grundwassernutzung im südlichen Teil des Modellgebietes Konrad. In der Anlage 3.1.9.5/3 sind die wichtigsten Wasserwerke und die Grenzen von ausgewiesenen Trinkwasserschutzgebieten dargestellt.

Der Schwerpunkt der Grundwasserförderung liegt im Okertal mit den Wasserwerken Börßum, Halchter-Ohrum, Dorstadt, Schladen und Werlaburgdorf (zulässige Entnahme insgesamt >46 Mio. m<sup>3</sup>/a, davon Börßum allein 35 Mio. m<sup>3</sup>/a).

Weitere Trinkwassergewinnungsanlagen mit ausgewiesenen Schutzgebieten sind das Wasserwerk Lamme im Einzugsgebiet des Lammer Grabens (zulässige Förderung 400 000 m<sup>3</sup>/a) und das Wasserwerk Woltorf im Aue-Einzugsgebiet (genehmigte Förderung 195 000 m<sup>3</sup>/a).

Die Wasserwerke auf dem Gelände der [REDACTED] bei Salzgitter-Bleckenstedt besitzen eine Erlaubnis für eine Grundwasserentnahme von 3,7 Mio. m<sup>3</sup>/a.

Darüber hinaus liegen vom Antragsteller Angaben über drei Trinkwasserbrunnen im Nordwesten Braunschweigs, über Notversorgungsbrunnen in Salzgitter und Broitzem, über Förderung durch Gewerbe- und Industriebetriebe sowie über Entnahmen von landwirtschaftlichen Verbrauchern vor.

In der EU 146 und in KLINGE & KELLER (1984) sind weitere Angaben des Antragstellers zur Grundwassernutzung enthalten, die im folgenden Kapitel 3.2.7.2 mit behandelt werden.

### 3.2.7.2 Stellungnahme des NLfB

Das im Modellgebiet Konrad geförderte Grundwasser stammt überwiegend aus quartären Sanden und Kiesen. Im folgenden werden die wichtigsten Grundwasserfassungsanlagen (>100 000 m<sup>3</sup> Jahresfördermenge) und -schutzgebiete im Modellgebiet von Süden nach Norden beschrieben, auf Abweichungen und Ergänzungen zu den im Plan Konrad, in der EU 146 und in [1984] enthaltenen Ausführungen und Darstellungen zur Grundwassernutzung wird gesondert hingewiesen. Zusätzlich werden Wasserwerke und deren Schutzgebiete am Rand des Modellgebietes und im weiteren Verlauf der Erse außerhalb des Modellgebietes aufgeführt. Bei den angegebenen Grundwasserfördermengen handelt es sich um bewilligte Jahresmengen, die im Wasserbuch beim Staatlichen Amt für Wasser und Abfall (StAWA) Braunschweig aufgeführt sind.

Der Südosten des Modellgebietes (Oderwald) wird von den Schutzgebieten der Wasserwerke Halchter-Ohrum und Dorstadt berührt, jedoch liegen deren Wasserfassungsanlagen östlich des Modellgebietes im Okertal.

Das Wasserwerk "Hütte" der Preussag Stahl AG besteht aus sechs Förderbrunnen des Wasserwerkes Bleckenstedt (ca. 650 m südöstlich des Schachtes Konrad 2), aus den beiden Brunnen Walzwerk I Nord und Süd und dem Brunnen Walzwerk II auf dem Hüttengelände sowie dem Brunnen Drütte bei Adersheim (östlich des Hüttengeländes). Letzterer ist seit Juni 1979 stillgelegt. Die für die Trinkwassergewinnung bewilligte Grundwasserfördermenge für das Wasserwerk Bleckenstedt beträgt 3,68 Mio. m<sup>3</sup>/a, die Wasserhaltungsbrunnen am Walzwerk I und II sind davon ausgenommen (EU 25.4).

Das Wasserwerk Thiede in Salzgitter-Thiede wurde stillgelegt, ein Schutzgebiet, wie noch in Anlage 3.1.4/2 des Planes 4/90 ausgewiesen, befindet sich nicht mehr in der Planung.

Das Wasserwerk Mascherode zwischen Wolfenbüttel und Braunschweig befindet sich am Ostrand des Modellgebietes, es findet z.Z. keine Förderung statt (Notwasserversorgung).

Ein Gewerbebetrieb in Rünigen kann über einen Brunnen 187 000 m<sup>3</sup>/a Grundwasser fördern (in Antragstellerunterlagen nicht aufgeführt).

Der Brunnen der Zuckerfabrik Wierthe weist eine bewilligte Jahresfördermenge von 260 000 m<sup>3</sup> (veraltete Angabe im Plan 4/90: 600 000 m<sup>3</sup>/a) auf.

Das Wasserwerk Broitzem konnte bis 1974 über einen jetzt stillgelegten Brunnen 130 000 m<sup>3</sup>/a Grundwasser für die öffentliche Wasserversorgung nutzen.

Das Wasserwerk Lamme mit Schutzgebiet im Einzugsgebiet des Lammer Grabens hat eine bewilligte Förderung von 365 000 m<sup>3</sup> Grundwasser im Jahr [ ] 1984].

Nordwestlich Wahle befinden sich fünf Brunnen mit einer bewilligten Jahresförderung an Grundwasser von insgesamt 100 779 m<sup>3</sup>, die von landwirtschaftlichen Betrieben für die Feldberegnung genutzt werden (in [ ] 1984 nicht aufgeführt).

Das Schutzgebiet des Wasserwerkes Bienroder Weg in Braunschweig liegt am Ostrand des Modellgebietes Konrad. Aus den im Modellgebiet gelegenen Brunnen des Wasserwerkes Bienrode findet z.Z. keine Förderung statt.

Das Wasserschutzgebiet des Wasserwerkes Woltorf berührt die NW-Ecke des Südteils des Modellgebietes Konrad, die Förderung erfolgt außerhalb des Modellgebietes südöstlich Woltorf.

Das aus drei Brunnen östlich Bortfeld gewonnene Grundwasser (bewilligte Fördermenge 270 000 m<sup>3</sup>/a) wird zur Feldberegnung genutzt.

Die vier Brunnen der Forschungsanstalt für Landwirtschaft und der PTB bei Völkenrode (bewilligte Fördermenge 1 200 m<sup>3</sup>/d und 300 000 m<sup>3</sup>/a) fördern Grundwasser zu Trinkwasserzwecken und zur Feldberegnung (Angabe im Plan 4/90: 3 Brunnen mit 540 000 m<sup>3</sup>/a).

Vier Gewerbebetriebe nördlich Bortfeld, nördlich Veltenhof, südwestlich Groß Schwülper und nördlich Harvesse besitzen eine Bewilligung zur Förderung von 192 000 m<sup>3</sup>, 187 200 m<sup>3</sup>, 150 000 m<sup>3</sup> und 720 000 m<sup>3</sup> Grundwasser pro Jahr (vom Antragsteller nicht beschrieben).

In der EU 146 fehlen Angaben über den Brunnen des Wasserwerkes Groß Schwülper (mit Schutzgebiet) zwischen Groß Schwülper und Adenbüttel (bewilligte Fördermenge 180 000 m<sup>3</sup>/a).

Zwei in Meine gelegene Brunnen von Gewerbe- und Industriebetrieben besitzen eine bewilligte Jahresfördermenge von 200 000 m<sup>3</sup> bzw. 144 000 m<sup>3</sup> Grundwasser; sie sind in der EU 146 nicht beschrieben.

Von den sechs Brunnen des Wasserwerkes Wedelheine, die zwischen Wedelheine und Wasbüttel liegen, sind in der EU 146 nur zwei Brunnen angegeben. Die bewilligte Grundwasserfördermenge beträgt insgesamt maximal 800 000 m<sup>3</sup>/a; das Schutzgebiet befindet sich im Verfahren.

Das Wasserwerk Wehnsen mit sechs Förderbrunnen (bewilligte Förderung 2,8 Mio. m<sup>3</sup>/a) liegt im Ersetal westlich des Modellgebietes. Ein Wasserschutzgebiet befindet sich im Verfahren.

Zwei Gewerbebetriebe in Gifhorn besitzen die Erlaubnis zur Förderung von 1 200 600 m<sup>3</sup> bzw. 146 000 m<sup>3</sup> Grundwasser im Jahr (vom Antragsteller nicht aufgeführt).

Das Wasserwerk Gifhorn mit Schutzgebiet (im Verfahren) befindet sich an der Nordwestecke des Modellgebietes, die Fassungsanlage liegt jedoch außerhalb des Modellgebietes.

Im folgenden sind die wichtigsten Grundwasserfassungsanlagen im Modellgebiet tabellarisch aufgelistet:

## Grundwasserfassungsanlage

bewilligte Förderung [m<sup>3</sup>/a]

---

Wasserwerk Bleckenstedt	3 680 000
Gewerbebetrieb in Gifhorn	1 200 600
Wasserwerk Wedelheine	800 000
Gewerbebetrieb bei Harvesse	720 000
Wasserwerk Lamme	365 000
Forschungsanstalt für Landwirtschaft/PTB	300 000
Feldberegnung bei Bortfeld	270 000
Zuckerfabrik Wierthe	260 000
Gewerbebetrieb in Meine	200 000
Gewerbebetrieb bei Bortfeld	192 000
Gewerbebetrieb bei Veltenhof	187 200
Gewerbebetrieb in Rünigen	187 000
Wasserwerk Groß Schwülper	180 000
Gewerbebetrieb Groß Schwülper	150 000
Gewerbebetrieb in Gifhorn	146 000
Gewerbebetrieb in Meine	144 000
Feldberegnung bei Wahle	100 779

## 3.2.7.3 Bewertung zur Grundwassernutzung

Das oberflächennahe Grundwasser im Modellgebiet Konrad wird zur öffentlichen Wasserversorgung, für Wasserhaltungsmaßnahmen, zur Energiegewinnung und zur Nutzung durch Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft gefördert. Eine Nutzung des mineralisierten Tiefen Grundwassers erfolgt z.Z. nicht, im Rahmen der Erdölförderung und des Bergwerkbetriebes fallen nur geringe Mengen stark mineralisierten Grundwassers an.

Der Antragsteller hat die wesentlichen Grundwasserfassungsanlagen und -schutzgebiete in der näheren Standortumgebung erfaßt. Zur Vervollständigung der hydrogeologischen Standortbeschreibung wurden diese Angaben von uns aktualisiert und auf das gesamte Modellgebiet ergänzt. Die Angaben des Antragstellers werden von uns aber als ausreichend für das Vorhaben bewertet.

### 3.3 Hydrogeologische Langzeitprognose ( [REDACTED] )

Die zeitliche Veränderung der geologischen Verhältnisse (vgl. Kap. 2.3) und damit auch der hydrogeologischen Verhältnisse werden im Rahmen dieses Kapitels behandelt.

Aussagen über zukünftige hydrogeologische Ereignisse sind generell möglich, da davon auszugehen ist, daß die in der geologischen Vergangenheit abgelaufenen und in der Gegenwart zu beobachtenden Veränderungen in gleicher oder sehr ähnlicher Weise auch in der Zukunft stattfinden können. Ihre Auswirkungen können dann über Analogieschlüsse, unter Berücksichtigung der am potentiellen Standort vorliegenden geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten, prognostiziert werden.

Die Prognostizierbarkeit der Auswirkung geologischer Veränderungen wird international diskutiert (THURY & ZUIDEMA 1988, McCOMBIE & ZUIDEMA 1988, FILIPPI et al. 1988). Zum Einsatz kamen auch EDV-Programme, die die geologische und hydrogeologische Entwicklung simulierten und prognostizierten. Im vorliegenden Gutachten werden verschiedene Faktoren und deren mögliche Auswirkungen im einzelnen diskutiert und alle wesentlichen hydrogeologischen Veränderungen prognostiziert.

#### 3.3.1 Darstellung des Antragstellers

Vom Antragsteller werden mögliche Änderungen der hydrogeologischen Gegebenheiten im Plan 4/90, Kapitel 3.1.10.6 "Geologische Langzeitprognose", behandelt. Betrachtet werden in diesem Zusammenhang geologische Ereignisse, die eine indirekte Freisetzung von Schadstoffen über das Transportmedium Wasser beeinflussen könnten.

Berücksichtigt werden bei dieser Vorgehensweise der Einfluß von Eiszeiten, Abtragung, Hebung, Salzstrukturen und die Auswirkung des Magmatismus auf den Standort.

In der geologischen Vergangenheit kam es am Standort durch Klima-  
veränderungen zu Eiszeiten, aber auch zu wärmeren Phasen. Eine  
Wiederholung dieser Ereignisse wird als wahrscheinlich angenommen.

Während zukünftiger Eiszeiten ist am Standort das Eindringen von  
Frost bis in etwa 200 m Tiefe zu erwarten. Eine damit verbundene  
Zerrüttung des Gebirges würde auf die als geologische Barriere  
wirkende, ca. 400 bis 600 m mächtige Unterkreide jedoch nur in  
ihren höchsten Teilen einwirken, da die Oberfläche der Unterkrei-  
desedimente erst in ca. 100 bis 300 m Tiefe liegt. Im Falle von  
mit Eis gefüllten Poren und Klüften wird es eher zu einer Stag-  
nation des Grundwassers kommen.

Die beim Auftauen des Bodens postulierten erhöhten hydraulischen  
Durchlässigkeiten der Gesteine würden sich, in Abhängigkeit von  
der Eindringtiefe des Frostes, auf den oberen Bereich der Barriere  
(100 - 200 m Tiefe) beschränken. In den Mergel-Tonsteinen der  
Barriere ist gleichzeitig mit einer Verringerung der Durchläs-  
sigkeit durch Quell- und Verformungsvorgänge zu rechnen.

Eine Erwärmung, d.h. trockeneres Klima bzw. höhere Verdunstungs-  
raten, würde zu geringeren Grundwasserneubildungsraten und damit  
zu verlangsamten Grundwasserbewegungen führen. Geringere Fließ-  
geschwindigkeiten in den tiefen Grundwasserstockwerken wären auch  
bei einem Anstieg des Meeresspiegels zu erwarten, der durch ein  
Abschmelzen des Inlandeises hervorgerufen werden könnte, da der  
Druckgradient sich verringern würde.

Aus den vorgenannten Gründen, der Verbreitung und den physika-  
lisch-chemischen Eigenschaften der Barrieregesteine läßt sich nach  
Auffassung des Antragstellers keine Gefährdung des Endlagers er-  
kennen.

Änderungen der hydrogeologischen Verhältnisse durch Abtragung und  
Hebung bzw. Senkung, d.h. epirogene Bewegungen, werden vom Antrag-  
steller nicht berücksichtigt.

Die Möglichkeit, daß die bis heute durch Salzstrukturen nach Westen und Osten begrenzten tieferen Grundwasserleiter Anschluß an oberflächennahe Wasserleiter erhalten könnten, wird für unwahrscheinlich gehalten. Diese Möglichkeit würde für den betrachteten Zeitraum nur bei unrealistisch hohen Subrosionsbeträgen von mehreren 100 m bestehen.

Eine mögliche Umkehr der Fließrichtung unter Permafrostboden sowie der Einfluß von Vulkanausbrüchen und Magmenintrusionen auf die hydrogeologischen Gegebenheiten werden vom Antragsteller nicht in Betracht gezogen.

### 3.3.2 Stellungnahme des NLfB

Die vom Antragsteller aufgeführten, evtl. zukünftig zu erwartenden Veränderungen der hydraulischen bzw. hydrogeologischen Gegebenheiten beruhen auf Analogieschlüssen, die sich aus der geologischen Vergangenheit des Standortes (vgl. Kap. 2.3) ableiten lassen.

Die durch Klimawechsel hervorgerufenen Änderungen der hydrogeologischen Verhältnisse werden vom Antragsteller durch Plausibilitätsbetrachtungen gestützt. Den vom Antragsteller aufgeführten Argumenten, daß keine Gefährdung des Endlagers durch Klimaveränderungen zu erwarten ist, kann zugestimmt werden. Alle durch Klimaveränderungen hervorgerufenen Phänomene beeinflussen lediglich den Bereich des Deckgebirges über dem Endlager. Sie lassen keine gravierenden Änderungen der z.Z. vorherrschenden hydrogeologischen Verhältnisse im tieferen Untergrund erwarten.

Erosionsrinnen und Meeresspiegelschwankungen würden die lokalen hydrogeologischen Verhältnisse möglicherweise stark verändern und ein von den z.Z. vorherrschenden hydrogeologischen Verhältnisse abweichendes Bild ergeben, würden aber zu keiner tiefreichenden Änderung der regionalen Fließsysteme im Untersuchungsgebiet führen.

Die durch Permafrost verursachten Phänomene beschränken sich ebenfalls auf den oberflächennahen Teil des Deckgebirges bis etwa 200 m Tiefe. Im gefrorenen Zustand wird nahezu jede Grundwasserbewegung unterbunden. Lediglich die Frosteinwirkung, die sich z.B. durch eine stärkere Zerstörung des Gebirgsverbandes äußern könnte, würde möglicherweise größere hydraulische Wegsamkeiten verursachen. Auch in diesem Fall blieben die Auswirkungen, d.h. z.B. Änderung der Fließwege oder der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers, auf den oberen Teil des Deckgebirges beschränkt und würden das regionale Grundwasserfließsystem in Oberflächennähe nur lokal verändern.

Die Möglichkeit einer Richtungsumkehr des gesamten Grundwasserregimes während einer Eiszeit wird vom Antragsteller nicht diskutiert. Das Grundwasser unter dem Permafrostbereich (mehrere hundert Meter mächtig) würde, da das Eis von Norden heranzieht, sich nicht mehr nach Norden bewegen können, sondern von Norden nach Süden fließen. Die Hypothese, daß sich eine solche Störung des geohydrologischen Systems unter glazialen Bedingungen ereignet (GLASBERGEN 1990), wird in Holland als mögliche Erklärung für das Alter und die chemische Zusammensetzung von Grundwässern aus ca. 600 m Tiefe herangezogen. Nach dieser Hypothese würden Schmelzwässer, die unter dem Eis im Norden des Permafrostgebietes entstehen, nach Süden unter dem Frostkörper abfließen, da ihr Abstrom in Oberflächennähe durch den Permafrostkörper behindert ist. Hydrogeologisch relevante Veränderungen durch eine derartige Störung des tieferen Grundwassersystems treten allerdings nur unter der Bedingung ein, daß in diesen Tiefen ein sehr weitreichendes Grundwasserleitersystem von z.B. über 100 km Länge vorhanden ist. Nur in einem solchen weitgespannten System besteht die Möglichkeit des Zusammenwirkens von unter dem Gletscher sich bildendem Grundwasser (Abschmelzen des Eises an der Gletschersohle) einerseits und dem unter dem Permafrostboden liegenden Grundwasserleiter andererseits. Beide Phänomene müssen gleichzeitig auf das vorhandene Grundwassersystem einwirken, um eine hydraulische Umkehr des Fließsystems zu initiieren.

Es ist davon auszugehen, daß im Falle einer Vereisung vor den Gletschern sehr große Bereiche durch Permafrost geprägt werden, die bis mehrere hundert Kilometer Entfernung über den Eisrand hinausreichen können. Da die geologische Muldenstruktur im Modellgebiet Konrad (vgl. Kap. 2.1.4.2 dieses Textes) mit ca. 40 km N-S-Erstreckung relativ klein gegenüber einer möglichen Permafrostüberdeckung ist, kann eine Umkehr des hydraulischen Regimes als unwahrscheinlich angenommen werden. Während einer zukünftigen Vereisung wäre eine derartige Umkehr der Fließvorgänge zudem nur in zwei relativ kurzen Phasen beim Vorrücken bzw. Zurückweichen der Gletscher vorstellbar, in denen ein großer Teil im Norden des Modellgebietes Konrad von Permafrostboden eingenommen wird. Da aber die für eine relevante Grundwasserbewegung notwendigen Gebirgsdurchlässigkeiten nicht vorhanden sind - es existiert kein über die Muldenstruktur des Modellgebietes Konrad hinausreichendes weitreichendes Grundwasserleitersystem - ist auch keine kurzfristige Umkehr des Fließsystems möglich.

Da sich die Vorflutverhältnisse bei Abtragung und Hebung oder Senkung der Festlandoberfläche (vgl. Kap. 2.3) in dem für die Langzeitprognose zu betrachtenden Zeitraum nur unwesentlich ändern, sind deren Auswirkungen auf die hydrogeologischen Gegebenheiten zu vernachlässigen.

Wie in Kap. 2.3.3.2 ausgeführt, ist im Bereich von Salzstöcken der Anschluß von tiefliegenden Grundwasserleitern, die bisher keine hydraulischen Verbindungen zur Oberfläche haben, an oberflächennahe Grundwasserleiter erst bei größeren Ablaugungsbeträgen möglich. Bei den das Modellgebiet Konrad begrenzenden Salzstöcken wären im zu betrachtenden Zeitraum mehrere 100 m Salzablaugung notwendig, um derartige hydraulische Anschlüsse zu erreichen. Bei den gegenwärtigen klimatischen Bedingungen werden derartig große Ablaugungsbeträge als unrealistisch angesehen. Aus der geologischen Vergangenheit lassen sich, auch unter Berücksichtigung extremer Verhältnisse in den Eiszeiten und starken Veränderungen der hydraulischen Verhältnisse, keine Ablaugungsbeträge in einer solchen Größenordnung ableiten. Hydraulische Kontakte von tiefen

Grundwasserleitern mit höher liegenden und oberflächennahen Grundwasserleitern über die Salzstockflanken sind im Modellgebiet Konrad deshalb nicht anzunehmen.

Generell sind vulkanische Aktivitäten und Magmenintrusionen im Untersuchungsraum unwahrscheinlich (s. Kap. 2.3.4). Änderungen der hydrogeologischen Gegebenheiten wären, falls dieser unwahrscheinliche Fall auftreten würde, nur im Bereich außerhalb des Endlagers zu betrachten und würden nur zu lokalen Veränderungen des hydrogeologischen Gesamtsystems führen. Noch weniger wahrscheinlich ist das Einwirken magmatischer Prozesse direkt auf das Endlager. Die Auswirkungen solcher magmatischer Ereignisse wären dann sehr viel gravierender als dadurch bedingte hydrogeologische Veränderungen.

Mit etwas größerer, aber immer noch geringer Wahrscheinlichkeit sind am Standort tektonische Tiefenbrüche zu erwarten, die nicht mit Vulkanismus und/oder Magmaintrusionen einhergehen.

Für beide Fälle finden sich am Standort keine Anzeichen. Da derartige Prozesse sehr langsam ablaufen, sind daraus resultierende hydrogeologische Veränderungen für die im Rahmen der hydrogeologischen Langzeitprognose betrachteten Zeiträume nicht zu berücksichtigen.

### 3.3.3 Bewertung zur Hydrogeologischen Langzeitprognose

Im Rahmen der Langzeitprognose werden Aussagen über mögliche zukünftige geologische Ereignisse am Standort aus der Kenntnis der geologischen Vergangenheit und Gegenwart abgeleitet. Dabei wird auf allgemeingültige Kenntnisse in den Geowissenschaften zurückgegriffen. Die prognostizierbaren Zeiträume können mehrere Zehntausende bis Hunderttausende (z.B. Glaziale) oder sogar Millionen von Jahren (z.B. Magmatismus, epirogene Bewegungen) umfassen. Sie beruhen auf der Kenntnis des zeitlichen Verlaufs vergangener geologischer Prozesse, d.h., sie leiten sich aus Analogieschlüssen über z.B. den Verlauf von Eiszeiten, die Entstehung von Salzstrukturen und die Abtragung bzw. Hebung der Festlands Oberfläche ab.

Vom Antragsteller sind nicht alle geologischen Aspekte im Detail betrachtet worden. Die durch die Veränderung der Festlands oberfläche (Hebung oder Senkung) verursachten Änderungen der hydrogeologischen Gegebenheiten und der Einfluß vulkanischer Aktivitäten und Magmaintrusionen sowie eine mögliche Umkehr der hydraulischen Verhältnisse durch die Entstehung von Permafrostboden wurden nicht betrachtet. Auch diese Phänomene sowie alle übrigen geologisch relevanten Aspekte und die daraus abzuleitenden hydrogeologischen Veränderungen im Modellgebiet Konrad werden von uns betrachtet.

Anhand von Analogieschlüssen, die sich aus der Betrachtung von Ereignissen aus der geologischen Vergangenheit und Gegenwart ableiten lassen, und grundsätzlichen hydrogeologischen Überlegungen werden mögliche Auswirkungen prognostiziert. Nach Prüfung der Sachverhalte und Plausibilitätsbetrachtungen kommen wir zu dem Ergebnis, daß die Auswirkungen derartiger Veränderungen in den zu betrachtenden Zeiträumen zu vernachlässigen sind und somit der hydrogeologische Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes in die Modellrechnungen zum Nachweis der Langzeitsicherheit eingehen kann.

### 3.4 Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung

( [REDACTED] )

Für eine mögliche Freisetzung von Radionukliden aus dem Endlager in die Biosphäre kommt in erster Linie Grundwasser als Transportmedium in Betracht. Mögliche Strömungswege und Laufzeiten von Grundwasser und dessen Inhaltsstoffen müssen deshalb quantitativ betrachtet werden. Dies erfolgt gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik mit numerischen Modellen.

Für das Endlagerprojekt Konrad hat der Antragsteller nach mehreren Gesichtspunkten unterschiedliche Grundwasserströmungsmodelle erstellt und deren Aufbau, die angenommenen Randbedingungen und die Ergebnisse dieser Arbeiten im Plan 4/90 und in zahlreichen Erläuternden Unterlagen dokumentiert. Der hydrogeologisch relevante Anteil dieser Untersuchungen wird hier dargestellt und von uns bewertet. Die Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung und zum Stofftransport werden vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt, der im Unterauftrag die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, Köln (GRS) und das Battelle-Institut e.V. Frankfurt/Main hinzugezogen hat, bewertet.

#### 3.4.1 Darstellung des Antragstellers

In den Plankapiteln 3.1.10.3 und 3.1.10.4 beschreibt der Antragsteller die Vorgehensweise bei der Durchführung von numerischen Simulationen (Modellrechnungen), mit denen Strömungswege und Laufzeiten von Grundwässern (hydraulische Modelle) berechnet werden. Es handelt sich dabei um ein "Schichtenmodell" und um ein "Störzonenmodell" (detaillierte Beschreibung dieser Modelle im Gutachten des [REDACTED] [1995]).

Darüber hinaus hat der Antragsteller in den nachstehend aufgeführten Erläuternden Unterlagen weitere Untersuchungsbefunde zu dieser Thematik in das Planfeststellungsverfahren eingebracht:

EU 52.6, EU 55, EU 76.1, EU 197, EU 199, EU 201, EU 201.2, EU 206, EU 210, EU 213, EU 247, EU 309, EU 338, EU 339, EU 365, EU 417, EU 437, EU 438, EU 455, EU 463.

Bei sämtlichen Modellbetrachtungen wird von einer advektiv bedingten Grundwasserbewegung mit konstanter Dichte ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ) ausgegangen.

Der Antragsteller beschreibt die geohydraulische Situation mit den Randbedingungen, die sich aus dem Aufbau der einzelnen Gesteinsschichten und deren randlicher Begrenzung ableiten lassen, und zwar folgendermaßen:

Alle Modellränder, ausgenommen die Modelloberfläche und ein Teil des südlichen Randes, werden als geschlossene Ränder behandelt. In 2 Parametervariationen (R11, R13 in EU 210) betrachtet der Antragsteller die Auswirkungen von teilweise geöffneten vertikalen Rändern. Im Westen des Modells bilden nahezu N-S-streichende Salzstrukturen den geologischen Rand, über die kein nennenswerter Wasseraustausch zu erwarten ist. Im Osten des Modellgebietes ist die hydrogeologische Situation ähnlich. Dort, wo keine Salzstrukturen ausgebildet sind, ist der Rand aufgrund der tektonischen und paläogeographischen Gegebenheiten zu schließen. Auch der Nordrand ist geschlossen. Auf diese Weise wird der gesamte Grundwasserabstrom über die Modelloberfläche erzwungen, eine Vorgehensweise, die den konservativen Fall beschreibt. Am südlichen Modellrand streichen die Gesteinsserien, die die Modellbasis bilden, aus. Hier erfolgt die Regeneration von Grundwasser in die tiefen Schichten. Der Südrand ist dabei bis auf die SW-Ecke als geschlossen anzusehen; die Grundwasserneubildung erfolgt modelltechnisch durch die Vorgabe konstanter Potentiale an der Modelloberfläche. Die Basis des Modells ist ebenfalls geschlossen; lokal fehlendes Salinar des Mittleren Muschelkalkes wirkt sich nur unwesentlich auf das hydraulische System aus (EU 338).

Die Modellbasis wurde als geschlossen angesetzt, weil angenommen wurde, daß die entsprechenden Potentiale in den zu betrachtenden

Aquiferen (Muschelkalk und Buntsandstein) etwa gleich sein werden und somit kein nennenswerter Wasseraustausch über die Liegend-schichten erfolgen kann (EU 247).

Die Verbreitung der zu modellierenden Gebirgsschichten ist im Plan 4/90 beispielhaft mit dem Tiefenlinienplan des Oxford (Anl. 3.1.10.3/2) und mit einem in N-S-Richtung durch das Modellgebiet verlaufenden Profil (Anl. 3.1.10.3/3) dargestellt. Weitere hydro-geologische Schnitte und Tiefenlinienpläne, die für die Modeller-stellung erforderlich waren, stellte der Antragsteller in Erläu-ternden Unterlagen (EU 55, EU 197) und in [REDACTED] [1984] dar.

Für die im Plan 4/90 erläuterten geohydraulischen Modelle sind außer Vorgaben zur Geometrie des Gesteinskörpers und zu den Rand-bedingungen auch Angaben zu den Systemeigenschaften erforderlich. Dies sind bei Grundwasserströmungsmodellen Angaben zu hydraulischen Durchlässigkeiten und effektiven Porositäten. Bei der Simu-lation des Stofftransports kommen noch Angaben über absolute Porosi-täten, Sorption und Dispersion sowie auch über Diffusion hinzu.

Die hydraulischen Kenndaten der Sedimentgesteine im Modellgebiet sind bei gleichen stratigraphischen Einheiten nicht immer räumlich konstant. Es bestehen unterschiedliche regionale bzw. lokale Va-riationen. Einen Extremfall stellen klüftige oder verkarstete Was-serleiter dar.

Es werden deshalb allen modellierten Schichteinheiten aus geologi-scher Sicht Parameter-Bandbreiten für die Modellierung der Grund-wasserströmung zugewiesen. Dabei wird davon ausgegangen, daß damit die großräumigen, im Modellgebiet wirksamen Durchlässigkeiten und Porositäten abgedeckt sind. Eine entsprechende Auflistung gibt der Antragsteller in den Tabellen 3.1.9.6/1 und 3.1.9.6/2. Weitere An-gaben hierzu enthalten die Erläuternden Unterlagen (EU 55, EU 197, EU 199, EU 210). Welcher Wert innerhalb der Bandbreite eines jeden Parameters einzusetzen ist, wurde durch Sensitivitätsanalysen mit einem Vertikalschnittmodell ermittelt (EU 52.60). Zeigte sich eine starke Abhängigkeit der Laufzeit vom betrachteten Parameter, wurde

derjenige Wert im Modell verwendet, der zu kürzeren Laufzeiten vom Grubengebäude zur Biosphäre führte. Bei geringer Abhängigkeit wurden die nach hydrogeologischen Erfahrungen plausibelsten Werte verwendet.

Das Vertikalschnittmodell verläuft vom Salzgitter-Höhenzug im Süden bis zum Ausstrich des Oxford unter quartärer Bedeckung im Norden (Bereich Calberlah); es ist schematisch in Anlage 3.1.10.3/3 des Planes 4/90 dargestellt. Die in der EU 52.60 dargestellten Ergebnisse dieser Modellierung wurden zur Abschätzung der mittleren Laufzeiten zwischen dem Grubengebäude und der Biosphäre herangezogen. Darüber hinaus dienten sie einer Parameteroptimierung für die Vorgabe von Systemeigenschaften und Randbedingungen bei der dreidimensionalen Modellierung. Die berechneten Laufzeiten im Vertikalschnittmodell sind immer größer als 100.000 Jahre und liegen meist wesentlich darüber.

Die Berücksichtigung von Störungen erfolgte in zwei Phasen. Zunächst wurden nur Störungen berücksichtigt, durch die verschiedene Aquifere miteinander in Berührung kommen ("Schichtenmodell"). Hier wird ein Wasseraustausch zugelassen. In der zweiten Phase wurden Zonen erhöhter Durchlässigkeit entlang von wichtigen Störungen, an Salzstockrändern sowie in einzelnen Schichten im Modell ("Störzonenmodell") vorgegeben. Damit sollte untersucht werden, inwieweit Änderungen der Durchlässigkeiten entlang von Störungen den regionalen Tiefengrundwasserstrom beeinflussen und zu anderen Laufzeiten vom Grubengebäude in die Biosphäre führen können.

Der Antragsteller hat mit den Programmcodes SWIFT [ ] 1982] und FEM 301 (KIRALY 1985) die Grundwasserströmungsverhältnisse im Modellgebiet Konrad modelliert und entsprechende Ergebnisse im Plan 4/90 und in Erläuternden Unterlagen dargestellt.

Im einzelnen hat der Antragsteller mit SWIFT nach der Methode der Finiten Differenzen ohne Berücksichtigung von Störzonen (EU 76.1 und EU 206) Potentialverteilungen ermittelt und daraus Ausbreitungswege identifiziert.

Der entsprechende Datensatz zum Störzonenmodell ist in der EU 197 enthalten. Mit diesem Datensatz wurde mit dem Programm FEM 301 nach der Methode der Finiten Elemente ein weiteres Modell erstellt. Die im einzelnen modellierten Störungszonen sind vom Antragsteller beschrieben; sie sind in Abbildung 3.1.10.4/3 des Planes 4/90 dargestellt. Gestörte Bereiche gingen dabei mit einer Breite von 500 Metern in das Modell ein. Die Vorgehensweise dieser Modellierung ist in der EU 210 beschrieben. Die Eingangsdaten (Systemeigenschaften) sind in Tabelle 3.1.10.3/2 (Gebirgsdurchlässigkeiten im "Störzonenmodell") und in Tabelle 3.1.10.3/3 (Veränderungen der Gebirgsdurchlässigkeiten in Störungszonen) im Plan 4/90 dargestellt. In den Störungszonen werden Bandbreiten hydraulischer Durchlässigkeiten unter Annahme realistischer Grenzfälle definiert. Zusätzlich dazu werden Bandbreiten der Faktoren, um die die Durchlässigkeiten der gestörten bzw. zerrütteten Gesteinbereiche verändert sein können, angegeben.

Der Antragsteller gibt im Plan 4/90 für unterschiedliche Rechenvarianten eine minimale Laufzeit von  $0.33 \cdot 10^6$  Jahren auf charakteristischen Ausbreitungswegen an (Tab. 3.1.10.4/4).

Nach Vorlage des Plans 4/90 erarbeitete der Antragsteller zusätzliche Unterlagen zur Bewegung des Tiefengrundwassers und zur Dichtigkeit alter Tiefbohrungen und der Schachtverschlüsse, deren Inhalte im folgenden dargestellt werden.

In der EU 338 schreibt der Antragsteller, daß bei Berücksichtigung der unterschiedlichen Wasserdichten nicht mehr die Konvektion, sondern die Diffusion den überwiegenden Transportmechanismus für den Lösungsinhalt der Tiefenwässer darstellt. Es kommt daher zu einem sehr langsamen Stofftransport im tiefen Grundwasser. Diese Vorstellungen werden mit entsprechenden Modellrechnungen (EU 365) gestützt. Danach ergeben sich Laufzeiten vom Grubengebäude zur Biosphäre in der Größenordnung von  $10^7$  Jahren. Der Antragsteller stützt diese Ergebnisse durch Wasseranalysen aus dem Grubengebäude, aus denen er eine lineare Zunahme der Salinität zur Teufe hin ableitet. In der EU 417 hat der Antragsteller Analysendaten über die chemische Beschaffenheit von Tiefenwässern aus Niedersachsen

vorgelegt; er kommt bei der Auswertung der Daten allerdings zu dem Schluß, daß das Datenmaterial mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht geeignet ist, Aussagen zur Existenz eines linearen Dichte- und Salinitätsprofils im Modellgebiet Konrad (außerhalb der aufgeschlossenen Bereiche) zu liefern.

Die in EU 338 getroffenen Feststellungen über Entstehung und Bewegung der Tiefenwässer werden dadurch aber weder eingeschränkt noch widerlegt.

Durch die Annahme eines vorwiegend diffusiven Stofftransportes schließt der Antragsteller einen Zustrom über Bereiche, in denen das Salinar des Mittleren Muschelkalk fehlt, aus.

Der Antragsteller hat in mehreren Erläuternden Unterlagen die möglichen Auswirkungen der vorhandenen Tiefbohrungen und der zu erstellenden Schachtverschlüsse auf das geohydraulische System betrachtet (EU 309, EU 339, EU 437, EU 438, EU 455, EU 463). Die ersten Modellrechnungen zu diesem Problemkreis beruhten auf Annahmen und sind in der EU 309 dargestellt.

In der EU 455 hat der Antragsteller weitere Modellrechnungen zu den alten Bohrungen vorgelegt. Die Bohrungen Wierthe 1, Sonnenberg 4, Vechelde 2/2a und Vechelde 3 wurden zusätzlich in die Modelluntersuchungen aufgenommen; die Berechnung erfolgte mit den in der EU 437 genannten Eingangsgrößen.

Die von WITTKÉ (EU 437) als relevant dargestellten 25 Bohrungen wurden vom Antragsteller im Zuge der Modelluntersuchungen (EU 309, EU 455) nicht alle berücksichtigt. Die nichtberücksichtigten Bohrungen sind nach Auffassung des Antragstellers (EU 455) deswegen nicht in die Modelluntersuchungen einbezogen worden, weil sie verglichen mit den weiter südlich gelegenen Bohrungen Alvesse 1, Üfingen 1 und Üfingen 2, günstigere Rückhalteeigenschaften für Radionuklide aufweisen. Ihre Rolle als möglicher Ausbreitungsweg wird durch die weiter südlich gelegene Reihe der Bohrungen Alvesse 1 - Üfingen 1 - Üfingen 2 im Modell abgedeckt. Der Bereich um Vechelde

ist in der EU 455 vom Antragsteller gesondert betrachtet worden (Bohrung Vechelde 2/2a und Vechelde 3).

Zu den Schachtverschlüssen hat der Antragsteller eine weitere Modellrechnung vorgelegt (EU 463). Auch dieser Rechenfall (R 49) basiert auf den in der EU 438 hergeleiteten Eingangsgrößen.

#### 3.4.2 Stellungnahme des NLfB

Die Stellungnahmen der Gutachter der Genehmigungsbehörde (NLfB, OBA Clausthal-Zellerfeld und TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt) zu den Modelluntersuchungen beruhen auf folgenden Unterlagen:

- Plan 4/90 und die im Kapitel 3.4.1 genannten Erläuternden Unterlagen,
- Nachrechnungen der vom Antragsteller mit dem Programmcode SWIFT erstellten Modellrechnungen,
- Nachrechnungen der Struktur des SWIFT-Modells mit dem Code CFEST und NAMMU,
- Nachrechnungen des Schichtenmodells mit CFEST und NAMMU,
- Nachrechnungen des Störzonenmodells mit CFEST,
- Modellrechnungen der Gutachter mit dem Programmcode NAMMU unter Verwendung der vom NLfB erarbeiteten geowissenschaftlichen Eingabedaten.

Unsere Eingabedaten und die Bewertung der Eingabedaten des Antragstellers sind in Kapitel 3.2.2 "Hydrogeologischer Bau, Kapitel 3.2.3 "Hydraulische Kenndaten" und in Kapitel 3.2.5 "Sorptions" dargestellt. Die Eingabedaten, die der Antragsteller seinen Modellrechnungen zugrunde gelegt hat, weisen Unterschiede zu den von uns vorgegebenen Eingabedaten auf. Die Datensätze weichen geringfügig voneinander ab. Der von uns für das Gutachtermodell vor-

gegebene Datensatz weist eine etwas feinere Differenzierung der ausgehaltenen Schichten auf. Bei den unterschiedlichen Ansätzen und Rechencodes liegen die minimalen Grundwasserlaufzeiten sehr eng beieinander. Die Faktoren, um die die hydraulischen Leitfähigkeiten in den Auflockerungszonen vom Antragsteller und von uns erhöht wurden, liegen für die Referenzfälle in der gleichen Größenordnung.

Im folgenden werden hier die den Modelluntersuchungen des Antragstellers zur Grundwasserbewegung und zur Dichtigkeit alter Bohrungen und Schachtverschlüsse zugrunde liegenden Annahmen und Randbedingungen bewertet.

#### - Annahmen

Der Grundwasserumsatz im Untersuchungsraum wird durch advective Grundwasserströmungsmodelle beschrieben. Die Dichte der Grundwasser wird dabei örtlich konstant mit  $1000 \text{ kg/m}^3$  ("Süßwasser") vorgegeben.

Der Ansatz nach Darcy und die Behandlung des Untersuchungsraumes als Kontinuum ist gerechtfertigt, weil im Bereich kleiner hydraulischer Gradienten nach dem derzeitigen Stand von Wissenschaft und Technik auch hier ein linearer Zusammenhang zwischen Filtergeschwindigkeit und Gradient angenommen werden kann (SCHILDKNECHT & SCHNEIDER 1987).

Im Bereich großer bis sehr großer hydraulischer Gradienten wird die Gültigkeit der Darcy-Beziehung durch die Reynoldszahl eingeschränkt. Wird der Bereich  $Re < 1$  bis  $Re < 10$  überschritten, liegen turbulente Strömungsverhältnisse vor. Solche können nur im Karst oder in Aquiferen sehr nahe an Förderbrunnen oder Quellen vorkommen (BAER 1979).

Im Modellgebiet ist das "Repräsentative Elementarvolumen" (REV) klein gegenüber der mittleren Elementgröße. Nach BAER (1979) und FREEZE & CHERRY (1979) muß das REV bei Gültigkeit des Darcy-

Gesetzes so groß sein, daß das Hinzufügen oder Wegnehmen eines Bruchteils, welcher nur eine oder wenige Poren beinhaltet, keinen signifikanten Einfluß auf die am REV makroskopisch meßbaren physikalischen Eigenschaften hat. Diese Bedingung ist am Standort erfüllt.

Der Antragsteller hat hierzu auf unsere Nachforderung ergänzend zwei Erläuternde Unterlagen vorgelegt, die diesen Sachverhalt beschreiben und deren Aussagen dem Stand der Wissenschaft entsprechen und von uns geteilt werden (EU 201, EU 201.1).

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist es nach Stand von Wissenschaft und Technik nicht möglich, die im Bereich Konrad auftretenden versalzten Tiefengrundwässer mit zur Teufe ansteigender Porenwasser-Dichte (bis hin zur Sättigung) in Modellrechnungen zu berücksichtigen. Erste Ansätze zur Berücksichtigung dieser Dichteunterschiede in Modellrechnungen wurden durch die BGR vorgestellt [██████████ 1989, ██████████ 1991] (VOGEL et al. 1990, SCHELKES et al. 1991). Die mit "Süßwasser-Modellen" errechneten Wasserlaufzeiten haben konservative Ergebnisse erbracht, da die Berücksichtigung der realen, mit der Teufe zunehmenden Porenwasserdichte zu erheblich längeren Laufzeiten führen muß (EU 213). Dies bestätigen auch weitere F&E-Arbeiten [██████████ 1991].

#### - Randbedingungen

Die Randbedingungen, die der Antragsteller bei seiner Modellierung definiert hat, werden von uns bestätigt. Die im Rahmen der Standorterkundung gewonnenen Erkenntnisse zum geologischen und hydrogeologischen Aufbau (s. Kap. 2.1 und 3.2.2) bilden die Grundlage unserer Modelluntersuchungen.

Die Basis des hydrogeologischen Modells ist aus unserer Sicht als geschlossener Rand zu behandeln, allerdings mit einer vom Antragsteller abweichenden Begründung:

Wir folgen dem Antragsteller zwar in seiner Annahme, daß sich unterhalb von 1300 m hochversalzte Tiefengrundwässer befinden, deren Salinität zur Teufe hin zunimmt. Wir sehen jedoch den weiteren linearen Verlauf der Konzentrationszunahme als nicht belegt an und können uns daher den Schlußfolgerungen des Antragstellers bzgl. der Diffusion als ausschließlichen Transportmechanismus nicht anschließen. Allerdings vertreten auch wir die Ansicht, daß das flächenhafte Auftreten hochsaliner Tiefengrundwässer und das sich darbietende hydrochemische Erscheinungsbild des Tiefenwasserkörpers nicht das Ergebnis kurzzeitiger Vorgänge sein kann (s. Kap. 3.2.4.2.2). Genese und Existenz derartiger Tiefenwässer sind vielmehr an langzeitliche Vorgänge gebunden, die sich zwar nicht exakt fassen lassen, die jedoch generell sehr lange Zeiträume beanspruchen.

Sind schon für den Anreicherungsprozeß von Inhaltsstoffen selbst erhebliche Zeiträume erforderlich, so wird aufgrund der durch zunehmende Salzgehalte sich ändernden physikalischen Eigenschaften des Tiefenwassers (z.B. Dichte, Viskosität) die Grundwasserbewegung zusätzlich verzögert. Daß es sich bei alledem um lange Zeiträume handeln muß, zeigt auch die isotopische Zusammensetzung im Tiefengrundwasser (Kap. 3.2.4.2.2, SONNTAG (1991), [1990]).

Aus den hydrochemischen Untersuchungen und dem sich darbietenden hydrochemischen Erscheinungsbild des Grundwasserkörpers ist daher zusammenfassend ableitbar, daß eine hohe langzeitliche Stabilität des hydrochemischen Systems der Tiefengrundwässer angenommen werden muß. Grundwasserbewegungen können in einem solchen System zwar nicht generell ausgeschlossen werden, auf der Grundlage der vorstehend beschriebenen Kriterien kommen dafür jedoch nur sehr langsame Bewegungsabläufe in Betracht.

Bei Berücksichtigung der realen hochkonzentrierten Salzwasserhältnisse ist letztlich nur eine sehr langsame Wasserbewegung möglich. Dies gilt auch für den Fall eines offenen Modellbodens, wobei die Süßwasserpotentiale des Salzgitter-Höhenzuges keine maßgeblichen Auswirkungen haben können.

Der Fall des offenen Modellbodens wurde von den Gutachtern der Genehmigungsbehörde beispielhaft als Parametervariation betrachtet [■ 1990]. Dabei wurde an der Basis des Modells in den Bereichen, in denen das Salinar des Mittleren Muschelkalk unserer Meinung nach nicht ausgebildet ist, ein höheres konstantes Potential vorgegeben, um den Einstrom über die Basis des Modells zu erzwingen. Dabei ergaben sich Porenwasserlaufzeiten von ca. 20 000 Jahren vom Grubengebäude zur Biosphäre. Der Antragsteller zitiert dies in EU 338. Die Analyse dieser Parametervariante zeigt, daß generell modellmäßig solche Fließzeiten errechnet werden können. Aus hydrogeologischen Überlegungen ist eine derartige Variante jedoch auszuschließen, denn bereits im Einstromgebiet erfolgt ein Potentialausgleich zwischen Oberem und Unterem Muschelkalk wegen des fehlenden Salinars des Mittleren Muschelkalk im oberflächennahen Bereich des Salzgitter-Höhenzuges. Damit bleibt diese Variante eine Parametervariation und stellt auch nicht annähernd reale Verhältnisse im Modellgebiet dar.

Auch die Einbeziehung des nur lokal vorkommenden Grundwasserleiters "Mittlerer Buntsandstein" hat keine Änderungen der Grundwasserbewegung zur Folge. Die Buntsandsteinwässer in den in Betracht kommenden Tiefen sind nach Erfahrungen aus Niedersachsen durch ihren mittelbaren Kontakt zum Zechsteinsalz ebenfalls generell hochgradig versalzt. Sie sind darüber hinaus durch überwiegend tonige, sehr gering durchlässige Gesteinsschichten und durch Salzgesteine des Oberen Buntsandstein (Röt) vom bisher betrachteten System abgeschirmt.

Wir sind ferner der Auffassung, daß der Ausgleich des Druckpotentials vom Salzgitter-Höhenzug kaum über den tiefliegenden Salzwasserbereich, sondern überwiegend über die am stärksten am natürlichen Wasserkreislauf beteiligten Grundwasserleiter im erdoberflächennahen Bereich bis in etwa 200 m Tiefe (Oberkreide) erfolgt.

Die Ergebnisse und eine entsprechende Bewertung der Modellrechnungen beschreibt der ■ [1995] in seinem Gutachten zur Langzeitsicherheit.

## - Dichtigkeit alter Tiefbohrungen und Schachtverschlüsse

Zu den vom Antragsteller nach Vorlage des Planes 4/90 erarbeiteten Unterlagen zur Dichtigkeit alter Tiefbohrungen und der Schachtverschlüsse nehmen wir wie folgt Stellung:

Für die Beurteilung der Dichtigkeit der alten Bohrungen und der Schachtverschlüsse sind spezielle Kenntnisse über das Langzeitverhalten von Bohrlöchern und Bohrspülungen bzw. Bohrlochverfüllmaterial erforderlich. Zu diesen speziellen Fragen in Bezug auf die Bereiche Bohr- und Spülungstechnik wurde ein weiterer Gutachter [REDACTED]1992] hinzugezogen.

Die vom Antragsteller in seinen Modellrechnungen nicht berücksichtigten Bohrungen (Denstorf 1, Gleidingen 1, Sonnenberg 1, 2 und 3, Wedtlenstedt 1, Vechelde 4) wurden durch TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt/GRS modellmäßig betrachtet. Die Daten wurden von uns mit Schriftsätzen [REDACTED]1992, 1993] vorgegeben. Die Ergebnisse dieser Modellbetrachtungen hat der [REDACTED] [1995] in seinem Gutachten zur Langzeitsicherheit dargestellt. Danach stellen die alten Bohrungen und die Schächte keine relevanten Pfade für eine Freisetzung von Radionukliden in die Biosphäre dar.

### 3.4.3 Bewertung zu den Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung

Die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen zu den Modellrechnungen sind vollständig. Aus ihnen wurde aus hydrogeologischer Sicht nachvollziehbar hergeleitet, daß im Untersuchungsraum bei Unterstellung von advektivem Strömungsverhalten und konstanter Wasserdichte ( $1000 \text{ kg/m}^3$ ) minimale Grundwasserlaufzeiten von ca.  $2,7 \cdot 10^5$  Jahren (EU 210, Rechenfall R12) aus dem Endlagerbereich bis in die Biosphäre zu erwarten sind. Laufzeiten in dieser Größenordnung sind als konservative Ergebnisse zu betrachten, die in der Natur vorkommenden Laufzeiten müssen deutlich größer sein, da dort Salzwasserkonzentrationen bis hin zur Sättigung den Transport verlangsamen.

Wir haben im Rahmen unserer Prüfarbeiten als Basis für Modellrechnungen der Gutachter der Genehmigungsbehörde eigene Unterlagen erarbeitet, die auch Eingang in die Modellrechnungen des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt/GRS gefunden haben. Dies sind geologische, sedimentpetrographische und hydrogeologische Arbeiten, die die Vorgaben zu den Modelluntersuchungen beinhalten (Randbedingungen, Systemeigenschaften, Angaben zur Geometrie der Schichtenfolgen). Die Bewertung dieser Themenkreise ist in den einzelnen Kapiteln zur Standorterkundung (s. Kap. 2.1 und 3.2.) gegeben.

Die Randbedingungen, die für die Modellrechnungen des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt/GRS von uns vorgegeben wurden, stimmen mit denen des Antragstellers nahezu überein; die Öffnung, die der Antragsteller an der Südwestecke definiert hat, ist unerheblich im Hinblick auf die Rechenergebnisse. Der Antragsteller begründet die als geschlossen zu behandelnde Modellbasis mit Diffusionsvorgängen, wir dagegen sind der Auffassung, daß in größeren Tiefen gesättigte Porenwässer vorhanden sind, die nur einen äußerst geringen advektiven Einfluß unterliegen.

Prinzipiell haben die von uns unabhängig vom Antragsteller erarbeiteten Modelleingabedaten keine nennenswerten Unterschiede in den Rechenergebnissen zur Folge. Ein Erkenntniszugewinn besteht allerdings darin, daß der Nachweis einer höheren Belastbarkeit der Modellaussagen durch zwei unabhängig gewonnene Datensätze gegeben ist.

### 3.5 Hydrogeologische Bewertung ( [REDACTED] )

Das Gutachtenkapitel "Hydrogeologische Bewertung" bewertet die hydrogeologische Situation des Wirtsgesteins (Schichten des Oxford) und der Barrierschichten (hauptsächlich Gesteine der Unterkreide) im hydrogeologischen Modellraum Konrad und beinhaltet eine Beurteilung der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers. Die ausführliche Bewertung einzelner Teilbereiche der Hydrologie/Hydrogeologie erfolgt in den jeweiligen Sachkapiteln (Kap. 3.1 bis 3.4).

#### 3.5.1 Wirtsgestein und Gebirgsbarrieren ( [REDACTED] )

In diesem Kapitel wird der Standort Konrad aufbauend auf den Kenntnissen und Ergebnissen der Standortbeschreibung Hydrogeologie (Kap. 3.2) aus hydrogeologischer Sicht bewertet.

##### 3.5.1.1 Darstellung des Antragstellers

Der Antragsteller nimmt im Kapitel 3.1.10.2 "Hydrogeologische Bewertung" des Plans 4/90 eine hydrogeologische Bewertung des Standortes Konrad vor, die sich an den Kriterien der Richtlinie des BMI (DER BUNDESMINISTER DES INNERN 1983) orientiert.

Natürliche Wegsamkeiten im Wirtsgestein und in den Barrierschichten über Klüfte und Poren stellen potentielle Freisetzungspfade für Radionuklide dar. Innerhalb des Untersuchungsraumes wurden die Gesteinsschichten im Hinblick auf einen Wassereinbruch in das Endlager und auf eine Schadstoffausbreitung in der Nachbetriebsphase untersucht. Die räumliche Begrenzung des geohydraulisch weitgehend unabhängigen Untersuchungsgebietes erfolgte anhand einer regionalen hydrogeologischen Betrachtung.

Ausdehnung und Mächtigkeit sowie die Fließrichtungen im oberflächennahen Grundwasserleiter sind bekannt. Die Fließgeschwindigkeiten sind hier verhältnismäßig groß und die Transportwege kurz. Der

Wasserhaushalt und die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers sind z.T. anthropogen beeinflusst. Eine natürliche hydraulische Verbindung zum Grubengebäude wird ausgeschlossen.

Die wasserleitenden Schichten im tieferen Untergrund sind in bezug auf ihre geologischen Eigenschaften und Verbreitung hin bekannt.

Tektonische Störungen und Störungszonen spielen im Untersuchungsgebiet als hydraulische Verbindung von getrennten wasserdurchlässigen Horizonten im allgemeinen Fließgeschehen nur eine geringe Rolle.

Die hydraulischen Gesteinsparameter ( $k_f$ -Werte etc.) für die hydrogeologischen Einheiten wurden aus Labor-, in-situ-Messungen und über Analogieschlüsse für den Untersuchungsraum hergeleitet. Gleiche Gesteine zeigen dabei in größeren Tiefen geringere Durchlässigkeiten als im oberflächennahen Bereich.

Bei den Wässern der tieferen Grundwasserstockwerke mit hohen Salzkonzentrationen handelt es sich um Formationswässer und um Ablauungswässer benachbarter Salzstöcke. Die chemische Zusammensetzung und die Isotopenverhältnisse weisen auf kleine Fließgeschwindigkeiten und hohe Wasseralter in der Größenordnung von Millionen Jahren hin.

Aufgrund der unmeßbar kleinen Fließgeschwindigkeiten und Fließrichtungen in den Tiefenwasserleitern sind diese nur aus Modellrechnungen abschätzbar. Die auf Plausibilitätsgrundsätzen aufgebauten Modellansätze vereinfachen die komplexe geologische Situation. Allgemeine hydrogeologische Aussagen, die auf Erfahrungen und Analogieschlüssen beruhen, sind nicht weniger aussagekräftig, als die aus Modellanalysen gewonnenen Daten.

Aus dem Korallenoolith in der Grube Konrad sind Wasserzutritte über Poren und Klüfte zu beobachten. Dabei zeigen die angetroffenen Klüfte bzw. Zerrüttungszonen innerhalb kurzer Zeit eine Abnahme der Schüttung oder völliges Versiegen des Zulaufs. Im Korallenoolith des Untersuchungsgebietes ist somit nicht mit weitreichen-

den hydraulisch wirksamen Hohlräumen oder Klüften zu rechnen. Ein unbeherrschbarer Wassereinbruch in das Grubengebäude während der Betriebsphase ist nach bergmännischen und hydrogeologischen Erfahrungen auszuschließen.

Die nördlich des Grubengebäudes liegenden Tiefbohrungen könnten in der Nachbetriebsphase des Endlagers Wegsamkeiten für die Ausbreitung radioaktiv belasteter Grundwässer darstellen. Neben den technischen Maßnahmen (Verfüllung nach bergbehördlicher Verordnung) tragen auch gesteinstypische Vorgänge (z.B. Quellen von Tonmineralen, Selbstabdichtungsvorgänge) zu einer Verhinderung von Grundwasserdurchtritten bei.

Das als Endlagerformation vorgesehene Oxford ist im Grubenbereich aufgrund seiner geologischen Position von den tieferen und höheren wasserführenden Schichten weitgehend hydraulisch isoliert. Eine Migration von Grundwasser zur Grube könnte aus dem Hilssandstein im Hangenden und aus den unter dem Oxford liegenden Schichten des Oberen Muschelkalk und des Rhät erfolgen. Diese Migration ist durch die Tonsteine der Unterkreide bzw. des Lias und Dogger stark gehemmt. Die tonige Unterkreide dichtet als mächtige Barriere das Oxford zum Hangenden sowie nach Süden und nach Osten ab. Die Salzgesteine des Zechstein begrenzen die Nuklidausbreitung nach Westen.

#### 3.5.1.2 Stellungnahme des NLfB

Bei der Bewertung des Wirtsgesteins und der Gebirgsbarrieren aus hydrogeologischer Sicht sind folgende Fragen von zentraler Bedeutung:

1. Mit welcher Wasserführung in der Grube ist während des Endlagerbetriebes zu rechnen bzw. ist ein unbeherrschbarer Wassereinbruch in die Grube auszuschließen?
2. Wird eine Schadstoffausbreitung aus dem Endlager in der Nachbetriebsphase durch die Barrierschichten wirksam behindert?

Aufbauend auf den Ergebnissen und Kenntnissen der Standortbeschreibung Hydrogeologie (Kap. 3.2) erfolgt deshalb eine hydrogeologische Bewertung des Standortes Konrad. Die dabei gewonnenen Ergebnisse und Daten werden zugleich zum Aufbau von Grundwasserströmungsmodellen und zur Durchführung von Modellrechnungen zur Radionuklidenausbreitung verwendet. Eine Einschätzung der Langzeitsicherheit des geplanten Endlagers aufgrund der durchgeführten Modellrechnungen erfolgt in Kapitel 3.5.2.

Die Ausbreitung von Radionukliden in der Nachbetriebsphase des Endlagers erfolgt über Poren und Klüfte in den Gesteinsschichten mit dem tiefen Grundwasser. Für eine entsprechende Einschätzung ist es notwendig, das für den Standort relevante Grundwasserfließsystem anhand einer regionalen Betrachtung der hydrogeologischen Verhältnisse einzugrenzen.

Der Schichtenaufbau des Gebirges in der Region wird von unterschiedlich mächtigen quartären bzw. tertiären Lockersedimenten und einer Serie von unterlagernden, mächtigen Festgesteinsschichten des Mesozoikum geprägt. Gesteine mit gutem Wasserleitvermögen und schwerdurchlässige Schichten wechseln dabei einander ab (Stockwerksbau des Gebirges). Mögliche Einstromgebiete für die tieferen Grundwasserleiter sind dort gegeben, wo diese in strukturellen Hochlagen und in Sattelstrukturen zutage treten. Eine Begrenzung des großräumigen Aquifersystems erfolgt durch die praktisch wasserundurchlässigen Salzgesteine des Zechstein. Die Richtung des möglichen Grundwasserabstroms wird durch Nord-Süd-streichende Salzstöcke und Salzstockmauern beeinflusst, die durch Akkumulation des Zechsteinsalinars in Salzaufstiegszonen entstanden.

Das Wirtsgestein des geplanten Endlagers bilden die hauptsächlich aus Kalk- und Mergelsteinen sowie oolithischen Eisenerzen bestehenden Schichten des Oxford. Im Bereich des Grubengebäudes weisen sie große Tiefenlagen (900 m bis 1300 m unter Gelände) auf. Ein Ausstreichen unter quartärem Lockergestein erfolgt weit nördlich des Grubengebäudes nahe der Aller. Hydraulische Kontakte mit näher an der Oberfläche gelegenen Wasserleitern (Wealden und Valangin) sind ebenfalls erst im Nordteil des Untersuchungsgebietes im Be-

reich des Salzstockes Calberlah anzutreffen. Hydraulische Kontakte über gut durchlässige Klüfte oder Störungszonen zu hangenden Grundwasserleitern sind nicht erkennbar.

Die hydrogeologischen Gegebenheiten im Wirtsgestein sind nur aus dem Grubengebäude und dessen Nahbereich gut bekannt. Gleichartige hydrogeologische Eigenschaften der Gesteine des Oxford sind aber auch im übrigen Untersuchungsgebiet zu erwarten, weil dort durch eine Vielzahl von Tiefbohrungen eine prinzipiell vergleichbare Gesteinsausbildung nachgewiesen ist.

Barrieregesteine im Bereich des geplanten Endlagers sind aus hydrogeologischer Sicht alle Gesteine, die die Ausbreitung der mit dem Grundwasser transportierten Nuklide hemmen bzw. wirksam behindern, insbesondere alle Schichten mit geringem bis sehr geringem Wasserleitvermögen. Im wesentlichen bilden die Einlagerungsschichten des Oxford selbst sowie die über dem Einlagerungshorizont liegenden tonigen und mergeligen Sedimente vorzugsweise der Unterkreide die Barrieregesteine. Die tiefere tonige Unterkreide (Basis der tonigen Unterkreide bis Apt) weist dabei eine weitflächige Verbreitung mit großen Schichtmächtigkeiten von meist mehreren 100 m auf. Im Bereich von Störungen sind aufgrund der sedimentpetrographischen Ausbildung der Gesteine keine wesentlichen Änderungen der Durchlässigkeit der höheren tonigen Unterkreide (toniges Alb) zu erwarten.

Die räumliche Lage, Verbreitung und Mächtigkeit der im Untersuchungsgebiet liegenden hydrogeologischen Einheiten und deren strukturelle Zusammenhänge sowie die Lage und Bedeutung hydrogeologisch wesentlicher Störungssysteme wird, aufbauend auf Ergebnissen von Bohrungen und der seismischen Erkundung in Verbreitungskarten, Tiefenlinienplänen, Mächtigkeitskarten und Profilschnitten dargestellt.

Aus der Explorationstätigkeit in der Vergangenheit sind im Modellgebiet eine Vielzahl von Tiefbohrungen vorhanden, die potentielle Ausbreitungspfade für radionuklidbelastete Tiefenwässer darstellen. Die Nachweisführung der Dichtigkeit dieser Bohrungen sowie

der zu verfüllenden Schächte der Grube Konrad erfolgte sowohl mittels Feld- und Laboruntersuchungen als auch mit Hilfe von Modellrechnungen.

Die hydraulischen Kenndaten des Gebirges (Durchlässigkeit, Porosität) im Untersuchungsgebiet wurden aus Gelände- und Laboruntersuchungen bestimmt. Da nur wenige Naturmessungen für die Ermittlung von großräumig geltenden Kennwerten zur Verfügung standen, wurden diese über Analogieschlüsse abgeleitet. Durch die Festlegung von Bandbreiten für die hydraulischen Gebirgskennwerte, die für Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung benötigt werden, wurde den Inhomogenitäten innerhalb der einzelnen hydrogeologischen Einheiten Rechnung getragen. Das Wirtsgestein des Oxford und die Barrieregesteine der Unterkreide besitzen dabei ein geringes bzw. sehr geringes Wasserleitvermögen.

Die Grundwasserbeschaffenheit gibt Hinweise auf die Herkunft, Genese und Bewegung des Grundwassers. Anthropogene Verunreinigungen im oberflächennahen Grundwasser erlauben nur in wenigen Fällen eine hydrogeologische Interpretation der Analyseergebnisse. Für den Nahbereich der Grube ermöglichen die Analyseergebnisse aus den Grundwassermeßstellen eine Klassifizierung nach dem Lösungsinhalt.

Ein Hinweis auf einen Grundwasserzustrom aus größerer Tiefe über bestimmte Störungssysteme (Sauinger Sprung, Bleckenstedter Sprung, Immendorfer Störung) ergab sich aus diesen Analyseergebnissen nicht.

Die tiefen Grundwässer im Untersuchungsgebiet sind mit zunehmender Tiefenlage der wasserführenden Einheiten stärker mineralisiert. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung werden die Tiefengrundwässer als Mischungen gesättigter NaCl-Lösungen aus evaporitischen Restlösungen mit teilgesättigten NaCl-Lösungen sowohl aus marinen Wässern als auch aus Ablaugungswässern beschrieben. Die Ergebnisse von Edelgas-Isotopenmessungen lassen auf ein hohes Alter der Tiefenwässer in Größenordnungen von einigen Millionen Jahren schließen. Die hydrochemischen Verhältnisse deuten auf in sehr langen

Zeiträumen ablaufende Prozesse hin. Die außerordentlich kleinen Fließgeschwindigkeiten der Tiefengrundwässer können mit Hilfe von Modellrechnungen "Süßwasser-Modelle" abgeschätzt werden (s. Kap. 3.4, 3.5.2).

Bei der Bewegung des Grundwassers in den einzelnen hydrogeologischen Schichteinheiten über Poren und Klüfte im Gestein wird wie bei der Grundwasserbeschaffenheit aufgrund der entsprechenden hydraulischen Barrieren zwischen oberflächennahem und tiefem Grundwasser unterschieden. Die Grundwasserverhältnisse im oberflächennahen Grundwasserleiter sind anhand der Daten aus den vorhandenen Grundwassermeßstellen bekannt und sind in Grundwasserhöhengleichungen dargestellt. Der Abstrom ist - sofern nicht anthropogen beeinflußt - auf die Vorfluter eingestellt, die in nördliche Richtungen entwässern. Es ergeben sich relativ hohe Fließgeschwindigkeiten mit entsprechend kurzen Transportwegen für Wasserinhaltsstoffe.

Als Antrieb für einen advektiven Grundwasserstrom in den tiefen Grundwasserleitern wird ein Einstromgebiet im Salzgitter-Höhenzug mit hohem Grundwasserstand angenommen. Der generelle Grundwasserabstrom ist dabei nach Norden gerichtet. Geländeuntersuchungen und Modellbetrachtungen des Antragstellers zeigen eine wesentliche Beeinflussung der Grundwasserbewegung durch die Salinität des Tiefengrundwassers. Bei Berücksichtigung der Dichteschichtung in Grundwasserströmungsmodellen sind im tiefen Untergrund deutlich geringere Fließgeschwindigkeiten zu erwarten.

Aufgrund der am Standort Konrad über dem Wirtsgestein liegenden Barrierschichten (hauptsächlich der Unterkreide) sind Bewegungen bzw. Austauschvorgänge zwischen oberflächennahem und tiefem Grundwasser nicht anzunehmen. Austritte von Tiefenwasser an der Erdoberfläche bzw. in den oberflächennahen Grundwasserleiter im Modellgebiet lassen sich weder nachweisen noch vollends ausschließen.

Vieljährige Beobachtungen in der Grube Konrad belegen, daß einzelne Klüfte und Störungen in der Regel rasch versiegende Zuflüsse

von mineralisiertem Tiefengrundwasser erbringen können. Im Wirtsgestein des geplanten Endlagers ist kein weitreichendes hydraulisch wirksames Netz von Hohlräumen oder Klüften vorhanden. Die geringen Zustrom- und Durchflußraten in der Grube (vgl. Grubenwasserbilanz) sind lokal begrenzt. Ein unbeherrschbarer Wassereinbruch in die Grube während der vorgesehenen Betriebszeit ist nicht zu erwarten. In Teilbereichen des Grubengebäudes, etwa in den stärker gestörten Bereichen im Nordosten, ist bei der weiteren Auffahrung - wie in der Vergangenheit - mit einer gewissen Wasserführung auf Klüften zu rechnen.

Die Ausbreitung von Radionukliden in der Nachbetriebsphase des Endlagers mit dem Tiefenwasser wird durch die Rückhalteeigenschaften des Gebirges, insbesondere der Barrieregesteine der tonig ausgebildeten Unterkreide, aufgrund der Sorption noch zusätzlich verzögert.

Zusammenfassend läßt sich als Prüfergebnis feststellen, daß eine Schadstoffausbreitung durch die Barrierschichten wirksam behindert wird.

### 3.5.2 Langzeitsicherheit (                      )

#### 3.5.2.1 Darstellung des Antragstellers

Zur Langzeitsicherheit nimmt der Antragsteller in vier Kapiteln des Planes 4/90 Stellung, und zwar 3.1.10.3 "Hydrogeologische Modelle", 3.1.10.4 "Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung", 3.1.10.6 "Geologische Langzeitprognose" und 3.9 "Langzeitsicherheit".

Das Konzept des Antragstellers für den Endlagerstandort Konrad geht davon aus, daß die in der Grube Konrad eingelagerten Schadstoffe in der Nachbetriebsphase Bestandteile des natürlichen hydrogeologischen Kreislaufes werden. Für die Beurteilung der Langzeitsicherheit ist daher das Fließverhalten des Grundwassers als Transportmedium für die Schadstoffe von entscheidender Bedeu-

tung. Basierend auf einem Modell des Standortes, das aus den Ergebnissen der geologischen und hydrogeologischen Standorterkundung entwickelt wurde, werden durch unterschiedliche Modellrechnungen potentielle Strömungspfade und Laufzeiten des Grundwassers in der Geosphäre ermittelt. Zentrale Gesichtspunkte dabei sind die Verweilzeiten des Grundwassers im tiefen Untergrund, die Aufrechterhaltung der Schutzfunktion "Barriere" über lange Zeiträume und ferner die Dichtigkeit der alten Bohrungen und der Schachtverschlüsse. Die Modellrechnungen wurden mit "Süßwasser" durchgeführt. Sie ergaben minimale Grundwasserlaufzeiten von ca.  $2,7 \cdot 10^5$  Jahren bei Annahme eines advektiven Wassertransportes.

Die Untersuchungen zeigen weiter, daß bei unterschiedlichen Parameterkombinationen die Verweilzeiten streuen; jedoch der o.a. Wert nie wesentlich unterschritten wird. Die kürzeste plausible Verweildauer von ca.  $2,7 \cdot 10^5$  Jahren beschreibt der Antragsteller im Rechenfall R 12 in der EU 210.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen betrachtet der Antragsteller als konservativ. In der EU 338 legt er weiter dar, daß die natürlichen Verweilzeiten auf Fließwegen aus dem Grubengebäude zur Biosphäre aufgrund der durch Mineralisation der tiefen Grundwässer erhöhten Wasserdichte erheblich größer sein müssen.

#### 3.5.2.2 Stellungnahme des NLFb

Aus hydrogeologischer Sicht nehmen wir nur zu den in den Kapiteln des Planes 4/90 enthaltenen hydrogeologischen Aussagen Stellung; der Komplex der Radioökologie (Plan 4/90, Kap. 3.9) wird vom [REDACTED] [1995] behandelt. Zu Fragen des Langzeitverhaltens des geologischen Systems verweisen wir auf unsere Kapitel 2.3 Geologische Langzeitprognose, 2.4.2 Langzeitsicherheit und 3.3 Hydrogeologische Langzeitprognose.

Die Grundwasserbewegung und der Nuklidtransport werden mit Hilfe von Modellrechnungen betrachtet (Kap. 3.4). Die mit konservativen Ansätzen durchgeführten Modellrechnungen der Gutachter der Geneh-

migungsbehörde ergaben wie die des Antragstellers lange Laufzeiten des tiefen Grundwassers im Untersuchungsgebiet (s. Kap. 3.4). Die Ausbreitung der im Grundwasser gelösten Inhaltsstoffe wird nach unserer Meinung durch Sorptionsprozesse noch zusätzlich verzögert (s. Kap. 3.2.5). Die Größe dieser Verzögerung wird über Modellrechnungen zur Ausbreitung radioaktiver Stoffe vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt ermittelt.

Die bisherigen Auswertungen der Analysenergebnisse von Wasserproben aus dem Grubengebäude lassen auch aus unserer Sicht die Deutung zu, daß sich die Wasserbeschaffenheit der tiefen Grundwässer über lange Zeiträume hinweg nicht wesentlich verändert hat. Dies weist auf einen sehr geringen Wasseraustausch hin. Die Isotopenverhältnisse der Edelgasuntersuchungen stützen diese Deutung (s. Kap. 3.2.4 und Kap. 3.4).

#### 4 Geowissenschaftliche Gesamtbewertung ( [REDACTED] )

##### Einführung

In dieser Gesamtbewertung werden die für die sicherheitstechnische Beurteilung wichtigsten geowissenschaftlichen Prüfergebnisse für das geplante Endlager in der Grube Konrad zusammengefaßt.

Das ca. 600 km<sup>2</sup> große Modellgebiet Konrad ist den geologisch-hydrogeologischen Gegebenheiten entsprechend festgelegt worden, wobei die im Westen und im Osten etwa nordsüdlich verlaufenden Salzstockketten, der Salzgitter-Höhenzug als Einstromgebiet im Süden und das potentielle Ausstromgebiet an der Aller bei Gifhorn/Calberlah im Norden die begrenzenden Elemente darstellen. Die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen und die uns vorliegenden zusätzlichen Daten erlauben eine fundierte Bewertung des Vorhabens. Untersuchungsergebnisse zur Stratigraphie, Sedimentpetrographie, Tektonik, Seismologie, Hydrologie, zum hydrogeologischen Bau, zur Grundwasserbeschaffenheit und -bewegung, zu den hydraulischen Kenndaten des Gebirges, zur geologischen und hydrogeologischen Langzeitprognose und zu den Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung wurden berücksichtigt. Abweichungen in den Darstellungen zwischen Antragsteller und NLFb ergeben sich z.T. bei der Stratigraphie, dem hydrogeologischen Bau und den hydraulischen Kenndaten des Gebirges. Dies ist alles in unserer Bewertung berücksichtigt worden.

##### Geologische und hydrogeologische Gegebenheiten

Der Grubenbereich und das Modellgebiet Konrad weisen einen geologisch-tektonischen Stockwerksbau auf, in dem relativ geringmächtige wasserleitende und relativ mächtige wassergeringleitende Gesteinsschichten wechsellagern.

Die sehr mächtigen tonigen Schichten des Dogger unterlagern als wirksame Barrierschichten die für die Abfalleinlagerung vorgesehenen Wirtsgesteine des Korallenoolith (Oxford) in ihrem gesamten Verbreitungsbereich innerhalb des Modellgebietes. Im Hangenden der

Wirtsgesteine stellen die sehr mächtigen tonigen Schichten der Unterkreide besonders wirksame Barrierschichten dar; teils sind sie im gesamten Modellgebiet verbreitet (Hauterive, Barrême, Apt), teils reichen sie vom Grubenbereich Konrad bis Rühme-Vordorf bei Braunschweig (Alb).

Das hydraulische Regime in der Region wird vom Stockwerksbau des Gebirges, vom Potential des Grundwassers in den Höhenzügen und von den hydraulischen Eigenschaften der Gesteine bestimmt. Der vorgesehene Einlagerungsbereich befindet sich in großer Tiefe (900 bis 1300 m u. Gel.) und ist durch ein geringes Wasserleitvermögen der Wirtsgesteine gekennzeichnet. Entsprechend dem geologisch-hydrogeologischen Bau und den Lagerungsverhältnissen im Untersuchungsgebiet Konrad und dem sich daraus ergebenden Druckpotential ist der Grundwasserabstrom in den tiefen Grundwasserleitern am Standort vom Einstromgebiet im nördlichen Salzgitter-Höhenzug generell nach Norden gerichtet. Die hydrochemischen und isotopenchemischen Daten aus der Grube Konrad lassen auf ein hohes Alter und auf sehr langsame Bewegungen des versalzten Tiefengrundwassers schließen. Für einen Austausch mit oberflächennahem Grundwasser gibt es keine Hinweise. Die in der Grube beim bergmännischen Vortrieb festgestellten, sehr geringen, in der Regel rasch versiegenden Wasserzutritte und die vorliegenden geologisch-hydrogeologischen Gegebenheiten lassen bei dem geplanten Auffahren von Einlagerungskammern keinen unbeherrschbaren Wassereinbruch erwarten.

Die tonigen Barrierschichten im Liegenden und im Hangenden der Einlagerungsschichten weisen geringe Wasserdurchlässigkeiten ( $k_f$ -Werte) und für die Radionuklide eine hohe Sorption (KD-Werte) auf, so daß deren Ausbreitung mit dem Tiefengrundwasser durch das Gebirge wirksam behindert wird.

### Seismologie

Der Standort des geplanten Endlagers liegt im Norddeutschen Tiefland, das verglichen mit anderen seismotektonischen Einheiten in der Bundesrepublik eine geringe Seismizität aufweist. Das bedeutendste Erdbeben im Umkreis von 200 km um den Standort des geplan-

ten Endlagers ereignete sich 1410 in der Prignitz bei Wittstock (ehemalige DDR) mit der Intensität 7 (MSK). Dieses Erdbeben ist bestimmend für das Bemessungserdbeben. Für das Bemessungserdbeben wird angenommen, daß sich an der dem Endlagerstandort am nächsten liegenden Sockelstörung unter der Salzstockkette Rolfsbüttel-Wendeburg-Vechelde-Broistedt, die möglicherweise mit einem jungtertiären Basaltvulkanismus im Zusammenhang steht, ein Erdbeben der Intensität 7 (MSK) ereignen würde. Die sich danach ergebenden Lastannahmen wurden vom [REDACTED] [1995] in seiner Begutachtung berücksichtigt.

### Geologische und hydrogeologische Langzeitprognose

Im Rahmen der Langzeitprognose wurden folgende zukünftig möglichen geologischen Prozesse betrachtet:

- Klimaveränderungen in der Zukunft einschließlich einer Umkehr der hydraulischen Verhältnisse durch Permafrost,
- Abtragung und epirogene Bewegungen,
- Einflüsse benachbarter Salzstrukturen (Aufstieg, Ablaugung),
- Magmatismus und dadurch bedingte petrographisch-mineralogische und geochemische Veränderungen der Gebirgsbarrieren und der Einlagerungsschichten sowie damit verbundene Erdbeben einschließlich Bewegungen an den Störungssystemen und der Bildung von Tiefenbrüchen im Modellgebiet.

Diese generellen Prozesse sind im Modellgebiet nur eingeschränkt wirksam, so daß sie dort in geologisch prognostizierbaren Zeiträumen (einige  $10^5$  Jahre) keine Veränderungen bewirken, die zu einer wesentlichen Schwächung der geologischen Barrierschichten oder zu einer nennenswerten Erhöhung der Grundwasserdynamik und damit zu einem beschleunigten Nuklidtransport in das oberflächennahe Grundwasser führen könnten. Die derzeitig vorliegenden geologisch-hydrogeologischen Gegebenheiten stellen dabei näherungsweise im Hinblick auf eine Schadstoffausbreitung aus dem Endlager im

Vergleich mit den zu erwartenden geologischen Veränderungen (z.B. der Verringerung des hydraulischen Potentials bei einer Eiszeit) einen ungünstigen Fall dar. Es ist deshalb sinnvoll und zulässig, daß die derzeitigen Gegebenheiten (Ist-Zustand) den Modellrechnungen zum Nachweis der hydrogeologischen Langzeitsicherheit zugrunde gelegt werden.

### Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit

Die hydrogeologischen Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit wurden vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt überprüft. Die dazu erforderlichen Eingangsdaten wie Durchlässigkeitsbeiwerte, effektive Porositäten und Sorptionskoeffizienten der verschiedenen hydrogeologischen Einheiten wurden im Rahmen einer geowissenschaftlichen Gesamtanalyse ermittelt. Die aus dem Modellgebiet vorliegenden Meßwerte resultieren überwiegend aus bestimmten regionalen Detailuntersuchungen, wie z.B. dem Grubengebäude, der Bohrung K 101 oder aus verschiedenen Explorationsbohrungen. Sie sind somit nicht räumlich gleichmäßig im Modellgebiet verteilt, reichen aber wegen des relativ einheitlichen Gebirgsaufbaus für die Begutachtung und Bewertung im gesamten Modellgebiet aus.

Bei Unterstellung eines advektiven Strömungsverhaltens und konstanter Wasserdichte (Süßwasser) sind bei den Modellrechnungen minimale Laufzeiten des Tiefengrundwasser von ca.  $3 \times 10^5$  Jahren aus dem Endlagerbereich bis in das oberflächennahe Grundwasser, d.h. bis in den Bereich des Ausbisses der Einlagerungsschichten unter quartären Sedimenten im Raum Calberlah, ermittelt worden. Bei Berücksichtigung der tatsächlichen salinen Verhältnisse des Tiefengrundwassers ist mit außerordentlich langen Laufzeiten zu rechnen, worauf auch die hohen Wasseralter hinweisen. Die Ausbreitung von im Tiefengrundwasser gelösten Inhaltsstoffen einschließlich Radionukliden wird durch Sorptionsprozesse zusätzlich verzögert.

Aus der Vergangenheit sind im Modellgebiet Konrad eine Anzahl von alten Tiefbohrungen vorhanden, die potentielle Ausbreitungspfade für radionuklidbelastete Tiefenwasser darstellen. Zum Nachweis der

Dichtigkeit dieser Bohrungen hat der Antragsteller Feld- und Laboruntersuchungen sowie Modellrechnungen durchgeführt. Die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen sind von den Gutachtern der Genehmigungsbehörde nach ihren verschiedenen fachlichen Aspekten wie Gebirgsmechanik (durch das [REDACTED]), Spülungs- und Verfüllungstechnik (durch [REDACTED]), Plausibilität der vorliegenden Unterlagen (durch das OBA), Geologie und Hydrogeologie (durch das NLfB) überprüft worden. Vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt, GRS und Battelle Institut e.V. wurden außerdem Grundwasserpotentiale gerechnet. Hierbei hat sich ergeben, daß die vom Antragsteller vorgelegten Nachweise plausibel und ausreichend sind. Die Gutachter der Genehmigungsbehörde kommen insgesamt zu dem Ergebnis, daß die alten Tiefbohrungen und Schächte keine bevorzugte Wegsamkeit für die Ausbreitung von Radionukliden darstellen.

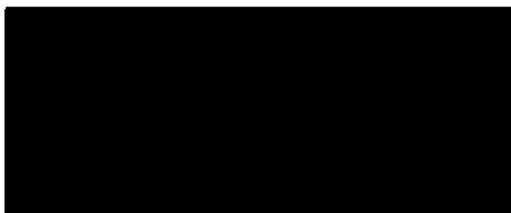
### Schlußfolgerungen

Anhand der vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen und unter Zuhilfenahme eigener stichprobenartiger Untersuchungen sowie der einschlägigen Literatur haben wir das Vorhaben im Rahmen einer geowissenschaftlichen Gesamtanalyse geprüft. Diese Prüfung ergab, daß für das geplante Endlager in der Grube Konrad eine ausreichende Isolation über geologisch lange Zeiträume gegeben ist. Bei Berücksichtigung der vom TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt, GRS und Battelle Institut e.V. überprüften Modellrechnungen zu möglichen Grundwasserlaufzeiten und zum Nuklidtransport ergibt sich, daß eine Ausbreitung von Radionukliden aus dem vorgesehenen Endlager bis in die Biosphäre durch die Gebirgsbarrieren langfristig wirksam behindert wird und nach den Berechnungen des TÜV Hannover/Sachsen-Anhalt keine unzulässige Strahlenbelastung (Strahlenschutzverordnung) im oberflächennahen Grundwasser entsteht.

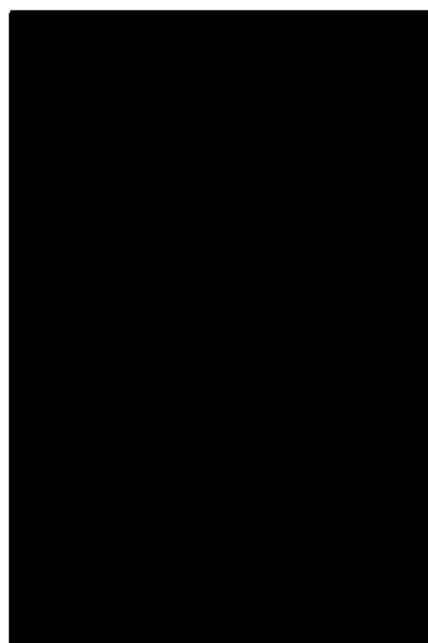
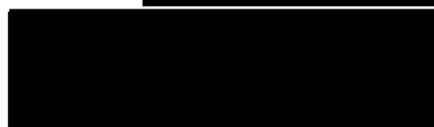
Unsere Prüfung hat ergeben, daß der Antragsteller aus geowissenschaftlicher Sicht nach Stand von Wissenschaft und Technik den Nachweis zur Eignung und Langzeitsicherheit der Schachanlage Konrad als Endlager für schwach radioaktive, gering wärmeentwickelnde Abfälle erbracht hat.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG

Im Auftrag:



Sachbearbeiter:



## 5      **SCHRIFTEN UND UNTERLAGEN**

### 5.1    **Literatur**

- ABER, J. S., & CROOT, D. G., & FENTON, M. M. (1989): Glaciotectonic landforms and structures. - 200 p., 157 fig., 2 tab., 2 maps; Dordrecht, Boston, London.
- ACHILLES, A. (1982): Die strukturelle Entwicklung im nördlichen Teil des Gifhorner Troges - dargestellt an den Erdölfeldern Lüben, Lüben-West, Wittingen, Vorhop und Vorhop-Knesebeck. - Diss. Univ. Clausthal: 135 S., 39 Abb., 20 Beil.; Clausthal-Zellerfeld.
- ADLER, R. E., & KRONBERG, P. (1976): Vergleich von Satellitenbildern mit der Bruchtektonik unter Tage. - Glückauf Forschungsh., 37, 1: 39-43, 6 Abb.; Essen.
- AHORNER, L., & MURAWSKI, H., & SCHNEIDER, G. (1970): Die Verbreitung von schadenverursachenden Erdbeben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. - Z. f. Geophys., 36, 3: 313-343, 6 Abb., 2 Tab.; Würzburg.
- ALLARD, B. (1985): Radionuclide sorption on concrete. - Technischer Bericht, Nagra NTB 85-21, 13 p., 2 fig., 2 tab.; Baden.
- ANONYMOUS (1993a): US iron ore industry in 1992. - Skillings' Mining Review, 82, 6: 4-5; Duluth.
- ANONYMOUS (1993b): UNCTAD analyzes the iron ore market in 1992. - Skillings' Mining Review, 82, 17: 9; Duluth.
- APPEL, D. (1981): Petrographie und Genese der Sandsteine des Unter- und Mittelröts im nördlichen Harzvorland (Ostniedersachsen). - Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover, 20: 133 S., 18 Abb., 6 Tab., 4 Taf.; Hannover.
- ARBEITSAUSSCHUSS BUNTSANDSTEIN DER GEOLOGISCHEN LANDESÄMTER (1974): Richtlinien zur Gliederung des westdeutschen Buntsandstein. - Geol. Jb., A 25: 123-125; Hannover.
- ASHOK, M.S. (1964): Geologische Grundlagen der Eisenerzsedimentation im Bereich des südlichen Salzgitterschen Höhenzuges. - Roemeriana, 8: 5-30, 2 Abb.; Clausthal-Zellerfeld.
- AUGATH, W., & NIEMEIER, W., & PELZER, H. (1979): On the significance of measured height differences in Northern Germany. - AVN, 86: 405-412, 4 fig., 1 tab.; Karlsruhe.
- BAER, J. (1979): Hydraulics of Groundwater. - 567 p.; New York.

- BÄUERLE, W. (1980): Jungkimmerische, subherzyne und laramische Bewegungen im südlichen Teil des Gifhorner Troges, dargestellt an den Strukturen Mölme, Hohenassel und Broistedt-Vechelde. - Diss. TU Clausthal, 150 S., 57 Abb., 9 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- BALDSCHUHN, R., & FRISCH, U., & KOCKEL, F. (1985): Inversionsstrukturen in NW-Deutschland und ihre Genese. - Z. dt. geol. Ges., 136, 1: 129-139, 4 Abb.; Hannover.
- BANKWITZ, P. (1971): Geologische Auswertung von geodätisch ermittelten rezenten Krustenbewegungen im Gebiet der DDR. - Petermanns Geogr. Mittl., 115: 130-140, 4 Fig.; Gotha/Leipzig 1971.
- BARRELL, J. (1917): Rhythms and the measurement of geologic time. - Bull. geol. soc. Amer. 28: 745-904, several fig., several tab.; New York.
- BATSCHKE, H., & STEMPEL, C. von (1988): Hydrogeological investigations in the covering rock strata of the pilot waste repository Asse (FRG). - International Symposium: "Hydrogeology and Safety of Radioactive and Industrial Hazardous Waste Disposal". - Orléans 07.-10.06.88; 1: Communications, Documents du B.R.G.M. Nr. 160: 199-210; Orléans.
- BATTERMANN, K. (1983): Fazieskorrelation des Rhät in Tiefbohrungen im östlichen Niedersachsen. - Dipl.-Arb. Univ. Hannover, Textbd.: 132 S., 15 Abb., 7 Tab., 2 Taf.; Anlagenbd.: 22 Anl.; Hannover.
- BATTERMANN, K. (1989): Das Rhät (Oberer Keuper) im östlichen Niedersachsen. - Z. dt. geol. Ges., 140: 101-116, 8 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- BERNHARD, H. (1963): Der Drucksetzungsversuch als Hilfsmittel zur Ermittlung der Mächtigkeit des pleistozänen Inlandeises in Nordwestniedersachsen. - Mitt. geol. Inst., Univ. Hannover, 1: 168 S., 11 Abb., 5 Taf., zahlr. Diagramme; Hannover.
- BERTOZZI, B., & D'ALESSANDRO, M., & GIRARDI, F., & VANOSSI, M., (1978): Safety assessment of radioactive waste disposal into geological formations; a preliminary application of fault tree analysis to salt deposits. - Commiss. Europ. Commun.; Report EUR 5901 EN. - Zitiert in: BÜRGISSER, H. M., & HERRNBERGER, V. (1981): Zur Risikoanalyse für Endlager in der Nordschweiz: Ausmaß und Wahrscheinlichkeit geologischer Prozesse und Ereignisse. - Eidgen. Inst. f. Reaktorforschung, EIR-Bericht 430: 69 S., 24 Fig.; Würenlingen.
- BERTRAM, H., & KEMPER, E. (1971): Das Alb von Hannover. - Beih. Ber. Naturhist. Ges., 7 (Eilenriede-Festschr.): 27-47, 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.

- BERTRAM-HOWERY, S.G., & MARIETTA, M.G., & RECHARD, R., P., & SWIFT, P.N., & ANDERSON, D.R. (Rip), & BAKER, B.L., & BEAN, J.E. Jr., & BEYELER, W., & BRINSTER, K.F., & GUZKOWSKI, R.V., & HELTON, J.C., & McCURLEY, R.D., & RUNDEEN, D.K., & SCHREIBER, J.D., & VAUGHN, P. (1990): Preliminary Comparison with 40 CFR Part 191, Subpart B for the Waste Isolation Pilot Plant, December 1990. - SANDIA Report SAND90 - 2347 \* UC - 721, prepared by Sandia National Laboratories Albuquerque/New Mexico and Livermore/California.
- BEST, G. (1989): Die Grenze Zechstein/Buntsandstein in Nord-west-Deutschland nach Bohrlochmessungen. - Z. dt. geol. Ges., 140: 73-85, 5 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- BETTENSTAEDT, F. (1949): Paläogeographie des nordwestdeutschen Tertiär mit besonderer Berücksichtigung der Mikropaläontologie. - In: A. BENTZ, Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland: 143-172, 6 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- BETZ, D. (1986): Tectonic styles of North-Western Germany. - Europ. Sci. Found., Proc. 3rd Worksh. Europ. Geotrav. Proj., p. 173-178, 4 fig.; Strasbourg.
- BETZ, D., & FÜHRER, F., & GREINER, G., & PLEIN, E. (1987): Evolution of the Lower Saxony Basin. - Tectonophysics, 137: 127-170, 17 fig.; Amsterdam.
- BEUTLER, G. (1982): Die Bedeutung der altkimmerischen Tektonik im Ostteil der Mitteleuropäischen Senke unter besonderer Berücksichtigung der Halokinese. - Freib. Forsch.-H., C 376: 29-41, 3 Abb.; Leipzig.
- BININDA, R. (1985): Der Cornbrash im zentralen Teil des niedersächsischen Beckens (Wesergebiet) - Stratigraphie, Sedimentologie, Paläogeographie. - Diss. Univ. Bonn, 204 S., 38 Abb., 12 Taf.; Bonn.
- BOCK, H. (1973): Sedimente und Konkretionen im Mittleren Lias Nordwestdeutschlands. - Z. dt. geol. Ges., 124, 1: 377-394, 5 Abb., 9 Tab., 8 Kt.; Hannover.
- BOCK, H. (1980): Das fundamentale Kluftsystem. - Z. dt. geol. Ges., 131, 3: 627-650, 13 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- BOIGK, H. (1952): Möglichkeiten und Wege zu einer Feingliederung im Mittleren Buntsandstein, erläutert an den Verhältnissen des nordwestlichen Vorharzes. - Z. dt. geol. Ges., 103: 102-105, 1 Abb.; Hannover
- BOIGK, H. (1959): Zur Gliederung und Fazies des Buntsandsteins zwischen Harz und Emsland. - Geol. Jb., 76: 597-636, 6 Abb.; Hannover.

- BOIGK, H. (1961): Ergebnisse und Probleme stratigraphisch-paläogeographischer Untersuchungen im Buntsandstein Nordwestdeutschlands. - Geol. Jb., 78: 123-134, 7 Abb.; Hannover.
- BOIGK, H. (1968): Gedanken zur Entwicklung des Niedersächsischen Tektogens. - Geol. Jb., 85: 861-900, 11 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- BOIGK, H. (1981): Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland. - X + 330 S., 109 Abb., 51 Tab., 2 Falttaf.; Stuttgart.
- BOMBIEN, H. (1987): Geologisch-petrographische Untersuchungen zur quartären (früh-Saale-zeitlichen) Flußgeschichte im nördlichen Harzvorland. - Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover, 26: 131 S., 32 Abb., 4 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- BORCHERT, H., & HALBACH, P., & BRAUN, E. (1970): Untersuchungen zur Wechselbeziehung zwischen Mineralbestand und Aufbereitbarkeit der Unterkreide-Erze im Raum von Salzgitter. (Tl.1). - Bergb.-Wiss., 17, 3: 77-89, 17 Abb., 6 Taf., u. 117-127, 13 Abb., 8 Taf.; Goslar.
- BOTTKE, H. (1981): Lagerstättenkunde des Eisens. - 202 S., 40 Abb., 88 Tab.; Essen.
- BRÄUTIGAM, F. (1962): Zur Stratigraphie und Paläontologie des Cenomans und Turons im nordwestlichen Harzvorland. - Diss. TH Braunschweig, 261 S., 7 Abb., 4 Tab., 21 Taf., 16 Anl.; Braunschweig.
- BRAND, E., & HOFFMANN, K. (1963): Stratigraphie und Fazies des nordwestdeutschen Jura und Bildungsbedingungen seiner Erdöllagerstätten. - Erdöl u. Kohle-Erdgas-Petrochem., 16, 6: 437-450, 14 Abb.; Hamburg.
- BRAND, E., & JORDAN, R. (1990): Zur Paläogeographie des Ober-Bathonium (Dogger) im nordwestdeutschen Becken und neue Ergebnisse für den Raum Hildesheim. - Geol. Jb., A 121: 9-20, 2 Abb.; Hannover.
- BRINCKMEIER, G. (1957): Eine Scholleneinteilung des nordwestdeutschen Raumes. - Erdöl u. Kohle, 10, 3: 133-141, 6 Abb.; Hamburg.
- BROCKAMP, B. (1944): Der Nachweis von minetteartigen Erzen im Korallenoolith von Braunschweig. - Z. prakt. Geol., 49: 1-3; Halle an der Saale.
- BROCKAMP, O. (1976): Nachweis von Vulkanismus in Sedimenten der Unter- und Oberkreide in Norddeutschland. - Geol. Rdsch., 65, 1: 162-174, 7 Abb., 3 Tab., 1 Kt.; Stuttgart.
- BROCKAMP, O. (1979): Diagenetische Veränderungen von Montmorilloniten in Alb-Sedimenten Norddeutschlands. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 27: 121-136, 3 Abb., 6 Tab.; Krefeld.

- BRÜCKNER-RÖHLING, S., & LANGBEIN, R. (1993): Lithostratigraphie des Mittleren Muschelkalks in der Bohrung Hakeborn-211 (Subherzynes Becken) und Logkorrelation zwischen Thüringer Becken, Subherzyn und Norddeutschem Becken. - In: H. HAGDORN & A. SEILACHER (Hrsg.), Muschelkalk, Schöntaler Symposium 1991, Sonderbd. Ges. Naturkd. Württ., 2: 105-110, 6 Abb.; Stuttgart.
- BRÜNING, U. (1984): Die ziegeltechnische Eignung bestimmter Schichtglieder des Unteren Buntsandsteins in Süd-Niedersachsen. - Z. dt. geol. Ges., 135: 461-471, 8 Abb.; Hannover.
- BRÜNING, U. (1986): Stratigraphie und Lithofazies des Unteren Buntsandsteins in Süd-Niedersachsen und Nordhessen. - Geol. Jb., A 90: 3-125, 18 Abb., 9 Tab., 8 Taf.; Hannover.
- BRÜNING, U., & RÖHLING, H.-G. (1987): Feinstratigraphie und Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandstein in Nordwestdeutschland. - Vortrag anlässlich der Festveranstaltung zum 80. Geburtstag von Herrn Prof. Dr. G. RICHTER-BERNBURG in der BGR, Hannover.
- BÜRGISSER, H. M., & HERRNBERGER, V. (1981): Zur Risikoanalyse für Endlager in der Nordschweiz: Ausmaß und Wahrscheinlichkeit geologischer Prozesse und Ereignisse. - Eidgen. Inst. f. Reaktorforschung, EIR-Bericht 430: 69 S., 24 Fig.; Würenlingen.
- BUNDESMINISTER DES INNERN (1983): Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. - BAnz. 35, 2: 45-46; Bonn.
- BUSCH, W. (1983): Die Hydrogeologie des Quartärs zwischen dem Eisenhüttenwerk der Peine-Salzgitter AG und Groß Gleidingen bei Salzgitter-Lebenstedt. - Dipl.-Arb. TU Clausthal, 203 S., 54 Abb., 15 Tab., 19 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- CARLÉ, W. (1938): Bau und Entstehung des Oderwaldsattels. - Z. dt. geol. Ges., 90: 425-443, 8 Abb., 1 Kt.; Berlin.
- CEPEK, P., & KEMPER, E. (1981): Der Blättertonstein des nordwestdeutschen Barrême und die Bedeutung des Nannoplanktons für die fein laminierten, anoxisch entstandenen Gesteine. - Geol. Jb., A 58: 3-13, 2 Taf.; Hannover.
- CHEN YONG, & KAM-LING TSOI, & CHEN FEIBI, & GAO ZHENHUAN, & ZOU QIJIA, & CHEN ZHANGLI (1988): The great Tangshan earthquake of 1976. An anatomy of disaster. - VIII + 153 p., 116 fig., 11 tab.; Pergamon Press, Oxford, New York, Beijing, Frankfurt, Sao Paulo, Sydney, Tokyo, Toronto.
- COTTON, F. A., & WILKINSON, G. (1985): Anorganische Chemie. - 1420 S., 385 Abb., 179 Tab.; Weinheim.

- CREUTZBURG, H. (1964): Untersuchungen über den Wärmestrom der Erde in Westdeutschland. - Kali u. Steinsalz, 4, 3: 73-108, 41 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- DAHLGRÜN, F. (1926): Die paläogeographischen Verhältnisse der Unterkreide im Bildungsraum des Erzlagers von Salzgitter. - Jb. preuß. geol. L.-Anst., 47, 1: 383-416, 3 Abb., 2 Taf.; Berlin.
- DAHLGRÜN, F. (1935): Zur Verbreitung und Ausbildung des Salzgitterer Erzlagers. - Jb. preuß. geol. L.-Anst. 55: 103-121, 8 Abb., 1 Kt.; Berlin.
- DAHLGRÜN, F. (1939a): Erläuterungen zu Blatt Salzgitter der Geologischen Karte von Preußen etc., 1 : 25 000, 2. Aufl., 92 S., 1 Taf.; Berlin.
- DAHLGRÜN, F. (1939b): Erläuterungen zu Blatt Ringelheim der Geologischen Karte von Preußen etc., 1 : 25 000, 2. Aufl., 64 S., 1 Taf.; Berlin.
- DAHMER, D.-D., & ERNST, G., & HILBRECHT, H., & KAPLAN, U. (1986): Neue Ergebnisse zur Multistratigraphie, Sedimentologie und Palökologie der Oberkreide von Niedersachsen und Westfalen unter besonderer Berücksichtigung des Cenoman bis Coniac. - Exkursionsführer Geländetag. "Ober-Kreide NW-Deutschlands" Subkomm. f. Kreide-Stratigraphie, 170 S., 85 Abb.; Berlin.
- DECHEND, W., & GRONWALD, W. (1961): Krustenbewegungen und Meeresspiegelschwankungen im Küstenbereich der südlichen Nordsee. - Geol. Jb., 79: 23-60, 3 Abb.; 1 Tab., 4 Taf.; Hannover.
- DENEKE, E. (1972): Fazies und Stratigraphie der Callovium-/Oxfordium-Schichten (Dogger/Malm) in der Grube Konrad bei Salzgitter-Bleckenstedt (SE-Niedersachsen). - Dipl.-Arb. Univ. Hannover: 1-18, 4 Abb., 8 Taf., 2 Beil.; Hannover.
- DENEKE, E. (1978): Ein Profil von den Ornaten-Schichten (Callovium-Dogger) bis zum Unteren Korallenoolith (Oxfordium-Malm) im Grubenfeld "Konrad", Salzgitter-Bleckenstedt (Ostniedersachsen). - Mitt. geol. Inst. TU Hannover, 15: 85-119, 6 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- DENGLER, H. (1954): Das Eisenerzlager im Unteren Korallenoolith der Grube Hansa. - Roemeriana, 1 (DAHLGRÜN-Festschr.): 273-288, 5 Abb.; Clausthal-Zellerfeld.
- DENGLER, H., & SIMON, P. (1969): Das Eisenerzlager des Unteren Korallenooliths der Grube Hansa. - Beih. Geol. Jb., 79: 221-232, 4 Abb.; Hannover.
- DENGLER, H. (1970): Geologie. - In: Der Landkreis Goslar, Veröff. Niedersächs. Landesverwaltungsamt., 24: 23-31, 1 Abb., 1 Tab.; Bremen-Horn.

- DEWIEL, F. (1951): Diskordanzen im Apt und Alb des Salzgitterer Gebietes. - Diss. Univ. Hamburg: 128 S., 4 Abb., 8 Taf., 1 Anl.; Hamburg.
- DICKEY, P.A. (1969): Increasing concentration of subsurface brines with depth. - Chem. Geol., 4: 361-370, 7 fig.; Amsterdam.
- DIEM, W. (1984): Petrographie, Feinstratigraphie und Petrofazies des Staßfurt-Steinsalzes (Zechstein 2) im Aufschlußbereich des Salzbergwerkes Asse II bei Braunschweig. - Diss. TU Clausthal, 206 S., 15 Abb., 17 Tab., 27 Taf.; Clausthal-Zellerfeld.
- DITTMER, E. (1960): Neue Beobachtungen und kritische Bemerkungen zur Frage der "Küstensenkung". - Die Küste, 8: 29-44, 6 Abb., 1 Tab.; Heide i. Holst.
- DÖRHÖFER, S. (1974): Mikrofazielle Untersuchungen der Kalksteine des Münder Mergels von Thüste. - Dipl.-Arb. TU Hannover, 40 S., 12 Abb., 9 Taf., 1 Anl.; Hannover.
- DORN, P. (1957): Der junge Vulkanismus im Braunschweiger Raum. - Geol. Jb., 74: 105-116, 1 Abb.; Hannover.
- DORP, F. VAN (1985): Freisetzungsszenarien zum Endlager Typ B - Resultate des Erosionsszenariums. - Nagra informiert 3/85: 19-25, 4 Abb., 7 Tab.; Baden.
- DROZDZEWSKI, G. (1988): Die Wurzel der Osning-Überschiebung und der Mechanismus herzynischer Inversionsstörungen in Mitteleuropa. - Geol. Rundsch., 77, 1: 127-141, 9 Abb.; Stuttgart.
- DULCE, J.-C., & GRONEMEIER, K. (1982): Linearanalysen auf Satelliten- und Luftbildern in verschiedenen geologischen Einheiten - Anwendbarkeit in der Hydrogeologie. - Z. dt. geol. Ges., 133: 535-549, 10 Abb.; Hannover.
- DUPHORN, K. (1972): Geologie. - In: Der Landkreis Gifhorn, Veröff. Niedersächs. Landesverwaltungsamt., 26: 22-30, 1 Abb., 1 Tab.; Bremen-Horn.
- DUPHORN, K. (1976): Gibt es Zusammenhänge zwischen extremen Nordsee-Sturmfluten und globalen Klimaänderungen? - Wasser und Boden, 10: 273-275, 3 Abb.; Stuttgart.
- DVWK (1983): Beiträge zu tiefen Grundwässern und zum Grundwasser-Wärmehaushalt. - DVWK-Schrift 61: 166 S.; Hamburg, Berlin.
- DVWK (1989): Stofftransport im Grundwasser. - DVWK-Schrift 83: 296 S.; Hamburg, Berlin.
- ECKHARDT, F.-J. (1991): Geotechnische Probleme der marinen Unterkreide Niedersachsens. - Mitt. Inst. Bodenforsch. Baugeol., Univ. Bodenkultur, Reihe Ang. Geowiss., 1: 123-158, 17 Abb., 2 Tab.; Wien.

- ECKHARDT, F.-J. (1993): Die geologische Barriere aus Sicht der Mineralogie, Sedimentologie und Geochemie. - Z. angew. Geol. 39, 2: 57-62, 8 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- EHLERS, J. (1983): The glacial history of north-west Germany. - In EHLERS, J. (Ed.): Glacial deposits in north-west Europe (409 fig., 18 tab.): 229-238, 10 fig., 3 plates; Rotterdam.
- ELLENBERG, J. (1974): Geologische Auswertung geodätisch ermittelter Meßergebnisse zu rezenten Krustenbewegungen im Bereich des Ostseeküstennivellements der DDR. - Geod. Geoph. Veröff., R III, 35: 119-136, 4 Abb., 4 Tab.; Berlin.
- ELLENBERG, J. (1992): Recent fault tectonics and their relations to the seismicity of East Germany. - Tectonophysics, 202: 117-121, 3 fig.; Amsterdam.
- ENGELHARDT, K. (1964): Petrographie, Stratonomie und Buntmetallgehalt des Unteralt im Raum Hannover-Braunschweig. (Proben aus Schacht Konrad 2 in Untersuchungen einbezogen). - Diss. Univ. Kiel: 92 S., 8 Abb., 2 Taf., 1 Kt.; Kiel.
- ERNST, G. (1968): Die Oberkreide-Aufschlüsse im Raume Braunschweig-Hannover und ihre stratigraphische Gliederung mit Echinodermen und Belemniten. 1. Teil, Die jüngere Oberkreide (Santon - Maastricht). - Beih. Ber. Naturhist. Ges., 5: (KELLER-Festschr.): 235-284, 7 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- ERNST, G., & SCHMID, F. (1979): Die Oberkreide des Raumes Braunschweig-Hannover unter besonderer Berücksichtigung des Cenoman und Turon. - Exkursionsführer Geländetag. "Kreide Niedersachsen" Subkomm. f. Kreide-Stratigraphie, 75 S., 42 Abb.; Hannover.
- ERNST, G., & SCHMID, F., & KLISCHIES, G. (1979): Multistratigraphische Untersuchungen in der Oberkreide des Raumes Braunschweig-Hannover. - Aspekte der Kreide Europas, IUGS Series A, No. 6: 11-46, 15 Abb.; Stuttgart.
- ESSAID, S. I., & KLARR, K. (1982): Zum Innenbau der Salzstruktur Asse. - Z. dt. geol. Ges., 133: 135-154, 2 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- FAHRION, H. (1949): Zur Gliederung und Paläogeographie des Tertiärs im Raum Celle-Gifhorn-Uelzen (Nienhagen, Wesendorf, Bodenteich). - Erdöl u. Kohle, 2, 9: 381-386, 5 Abb., 1 Tab.; Hamburg.
- FAHRION, H. (1953): Die Struktur Calberlah und ihre regionale Stellung. - N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 97: 57-78, 14 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1981): The concept of Neotectonics, an introduction. - Z. Geomorph., N.F., Suppl. 40: VII-XII; Berlin, Stuttgart.

- FALKE, H. (1944): Der Wealden-Steinkohlenbergbau in Niedersachsen. - Schrift. wirtschaftswiss. Ges. Stud. Nds., N.F., 23: 1-130, 43 Abb., 14 Taf.; Oldenburg.
- FAUTH, H., & HINDEL, R., & SIEWERS, U., & ZINNER, J. (1985): Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland - Verteilung von Schwermetallen in Wässern und Bachsedimenten. - 79 S., 3 Abb., 2 Tab., 2 Beil.; Hannover, Stuttgart.
- FILIPPI, CH., & FOURNIGUET, J., & GODEFROY, P., & PEAUDECERF, P. (1988): Pr evision quantitative de l'évolution   long terme des caractéristique hydrog ologiques des sites de stockage profond. - AH Colloque international, Orléans 7.-10. Juni 1988, p. 307-324, 11 fig., 2 tab.; Orléans.
- FISCHER, R., & GRAMANN, F., & JORDAN, R. (1983): Der Jura im s dostlichen Niedersachsen und in der Hils-Mulde. - Exkursionsführer J. Tag. Subkomm. f. Jura-Stratigraphie, 113 S., zahlr. Abb. u. Tab., 6 Taf.; Hannover.
- FLÜGEL, E. (1984): Fazies-Lexikon "Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Karbonatgesteinen". (Faziesanalyse und Faziesmodelle). - Inst. f. Paläont., Univ. Erlangen-Nürnberg: 136 S.; Erlangen. - [Interuniversit rer Kompaktkurs, 1984]
- FRANKE, D., & KÖLBEL, B., & SCHWAB, G. (1989): Zur Interpretation der Tornquist-Teisseyre-Zone nach plattentektonischen Aspekten. - Z. ang. Geol., 35, 7: 193-198, 3 Abb.; Berlin.
- FREEZE, A., & CHERRY, J. (1979): Groundwater. - 604 p.; Englewood Cliffs/New Jersey.
- FÜCHTBAUER, H. (1962): Fazies, Porosität und Gasinhalt der Karbonatgesteine des norddeutschen Zechsteins. - Z. dt. geol. Ges., 114, 3: 484-531, 10 Abb., 3 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- FÜCHTBAUER, H. (1988): Sedimente und Sedimentgesteine - Teil II Sediment-Petrologie. - XVI + 1141 S., 660 Abb., 113 Tab.; Stuttgart.
- FÜRST, M. (1980): Die photogeologische Linearanalyse und ihre Anwendung bei der indirekten Erkundung von Kluftwasser. - Mainzer geowiss. Mitt., 9: 53-81, 25 Abb.; Mainz.
- FULDA, E. (Schriftleitung) (1935): Zechstein. - Handbuch der vergleichenden Stratigraphie Deutschlands, hrsg. v. d. Preuß. Geol. Landesanst. - XI + 409 S., 100 Abb., 1 Kt.; Berlin.
- GAERTNER von, H.R., & KROEPLIN, H., & SCHMITZ, H.H., & FESSER, H., MÄDLER, K., & JACOB, H., & HOFFMANN, K. (1968): Ein Beitrag zur diagenetischen Entwicklung der organischen Substanz in bituminösen Schieferen am Beispiel der Posidonienschiefer. - Beih. Geol. Jb., 58: 581 S., 72 Abb., 100 Tab., 33 Taf., 2 Falttaf.; Hannover.

- GAERTNER, H., & RÖHLING, H.-G. (1993): Zur lithostratigraphischen Gliederung und Paläogeographie des Mittleren Muschelkalks im Nordwestdeutschen Becken. - In: H. HAGDORN & A. SEILACHER (Hrsg.), Muschelkalk, Schöntaler Symposium 1991, Sonderbd. Ges. Naturkd. Württ., 2: 85-103, 15 Abb.; Stuttgart.
- GAIDA, K.-H., & KEMPER, E., & ZIMMERLE, W. (1978): Das Oberapt von Sarstedt und seine Tuffe. - Geol. Jb., A 45: 43-123, 8 Abb., 11 Tab., 8 Taf.; Hannover.
- GAIDA, K.-H., & GEDENK, R., & KEMPER, E., & MICHAELIS, W., & SCHEUCH, R., & SCHMITZ, H.-H., & ZIMMERLE, W. (1981): Lithologische, mineralogische und organisch-geochemische Untersuchungen an Tonsteinen und Tonmergelsteinen der Unterkreide Nordwestdeutschlands (unter besonderer Berücksichtigung der Schwarzschiefer). - Geol. Jb., A 58: 15-47, 8 Abb., 2 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- GAST, R. E. (1988): Rifting im Rotliegenden Niedersachsens. - Geowiss., 6, 4: 115-122, 14 Abb.; Weinheim.
- GEITNER, J. (1961): Anwendungsbeispiele für statistische Methoden in der Tektonik des Salzgittergebietes mit und ohne Lagekugelprojektion. - Lagerstättenkundl. Studienarbeit, Inst. f. Lagerstättenforsch. u. Rohstoffkd. d. TU Berlin, 52 S., 12 Abb., 2 Tab., 8 Anl.; Berlin.
- GEORGI, K. H. (1976): Mikrofaunistisch-lithologische Untersuchungen der Hilssandstein-Region (Apt/Alb) im Raum Salzgitter-Goslar. - Mitt. geol. Inst. TU Hannover, 13: 5-112, 18 Abb., 7 Taf.; Hannover.
- GEORGI, K. H., & GROETZNER, H. P., & KEMPER, E., & MUTTERLOSE, J., & NEUß, P. (1979): Die Unterkreide des Raumes Braunschweig-Hannover und das Santon des Sudmer-Berges bei Goslar. - Exkursionsführer Geländetag. "Kreide Niedersachsen" Subkomm. f. Kreide-Stratigraphie, 38 S., 25 Abb.; Hannover.
- GERSEMANN, J. (1989): Bau und Entwicklung des permokarbonen Stockwerks in Ostniedersachsen - eine strukturgeologische Analyse anhand geophysikalischer Befunde. - Bswg. geol.-paläont. Diss., 9: 114 S., 39 Abb., 4 Tab., 1 Kt.; Braunschweig.
- GLASBERGEN, P. (1990): The interaction between diapirism, caprock growth, and salt solution in the Netherlands as an example of sedimentary basin. - Proceedings of Symposium on DIAPIRISM, Vol. 2: 191-210, 13 fig., 3 tab.; Teheran/Iran.
- GLASHOFF, H. (1964): Ostrakoden-Faunen und Paläogeographie im Oxford NW-Europas. - Paläont. Z., 38, 1/2: 28-65, 3 Abb., 4 Tab., 2 Taf.; Stuttgart.

- GOLESTANEH, F. (1964): Mineralparagenesen im Korallenoolith-Erz der Bleckenstedter Spezialmulde des Gifhorner Troges. - Dipl.-Arb. TH Clausthal, Textbd.: 112 S., 10 Abb., 16 Tab.; Anlagenbd.: 40 S., 19 Abb., 43 Tab., 5 Taf.; Clausthal-Zellerfeld.
- GOLESTANEH, F. (1968): Erzparagenese im südlichen Teil des Gifhorner Troges (Erzgebiet Schacht Konrad bei Salzgitter-Bleckenstedt) unter Berücksichtigung der Erztypen und der regionalen Verbreitung. - Diss. TU Clausthal, 182 S., 26 Abb., 17 Tab., 2 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- GOLESTANEH, F., & URBAN, H. (1973): Zur Mineralogie der Korallenoolith-Eisenerze im südlichen Gifhorner Trog. - N. Jb. Miner. Abh., 119, 2: 188-216, 13 Abb., 7 Tab.; Stuttgart.
- GOLESTANEH, F., & KOLBE, H., & RABSILBER, K. (1975): Das Oberjura-Eisenerz der Schachtanlage Konrad der Salzgitter Erzbergbau AG bei Salzgitter-Bleckenstedt. - Erzmetall, 28, 3: 105-115, 12 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- GRAMANN, F. (1962): Schwamm-Rhaxen und Schwamm-Gesteine (Spongiolithe, Spiculite) aus dem Oxford NW-Deutschlands. - Geol. Jb., 80: 213-220, 1 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- GRAMANN, F. (1994): Schichtenfolgen und Biostratigraphie des höheren Jura in Niedersachsen (höchster Dogger und tieferer Malm). - Nachr. Dt. Geol. Ges., 52: 89-90; Hannover.
- GROETZNER, J.-P. (1962): Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen des Oberen Muschelkalks im südöstlichen Niedersachsen zwischen Weser und Oker. - Diss. TH Braunschweig, 124 S., 5 Abb., 2 Tab., 9 Taf.; Braunschweig.
- GROETZNER, J.-P. (1968): Spurenfossilien aus dem Hilsssandstein und angrenzenden Serien (Apt/Unteralb) des Raumes Salzgitter. - Mitt. geol. Inst. TU Hannover, 8: 151-176, 7 Abb., 2 Taf.; Hannover.
- GÜNTHER, R. (1977): Großfotolineationen des mitteleuropäischen Raumes und ihre geologisch-tektonische Bedeutung. - Geotekt. Forsch., 53: 42-67, 9 Abb.; Stuttgart.
- GULLENTOPS, F. (1974): The southern North Sea during the Quaternary. - Cent. soc. geol. Belgique: 273-280, 3 fig.; Liège.
- HÄNEL, R. (1983): Geothermal investigations in the Rhenish Massif. - In: FUCHS, K. et al. (Eds.): Plateau Uplift, 228-246, 14 fig., 6 tab.; Berlin, Heidelberg.
- HANISCH, J., & KLARR, K. (1989): Die Entstehung der SchmalsättelASSE und Harli. - Nachr. Dt. Geol. Ges., 41: 44-45; Hannover.
- HARBORT, E. (1911): Zur Geologie der nordhannoverschen Salzhorste. - Z. dt. geol. Ges., 62 (1910), Monatsber., 1: 326-341, 2 Abb.; Berlin.

- HARK, H.-U. (1952): Zur Tektonik am Westrand des Subherzynen Beckens. - Diss. TH Braunschweig; Braunschweig.
- HARK, H.-U. (1954): Pleistozäne Bewegungen im Subherzynen Becken. - Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 23: 121-125, 6 Abb.; Hamburg.
- HARK, H.-U. (1955a): Neue tektonische Untersuchungen am Westrand des subherzynen Beckens. - Z. dt. geol. Ges., 105 (1953): 558-559; Hannover.
- HARK, H.-U. (1955b): Ein Beitrag zur Tektonik am Westrand des Subherzynen Beckens. - Abh. Braunsch. Wiss. Ges., 7: 46-65, 10 Abb.; Braunschweig.
- HARK, H.-U. (1956): Zur Tektogenese der Schmalsättel im Subherzynen Becken. - Abh. Braunsch. Wiss. Ges., 8: 16-22, 1 Abb.; Braunschweig.
- HECHT, F. (1959a): Migration, Tektonik und Erdöl-Lagerstätten im Gifhorner Trog (Nordwestdeutschland). - Erdöl u. Kohle, 12, 5: 303-315, 8 Abb., 2 Taf.; Hamburg.
- HECHT, F. (1959b): Tectonic and oil migration in the oil fields of the Gifhorn trough, Northwest Germany. - Proc. 5th World Petrol. Congr., Sect. I, Pap. 9: p. 155-174, 14 fig., 2 tab.; New York.
- HECHT, F., & HEDEMANN, H.-A., & KABELAC, F. (1957): Zur Tektonik und Stratigraphie der Erdölfelder am Nordwest-Rand des Gifhorner Troges. - Geol. Jb., 74: 559-600, 19 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- HEDBERG, B. (1978): Weltweite Umwertungen im Eisenerzbergbau und in der Eisenerzversorgung. - Glückauf, 114, 18: 817-822 u. 837, 7 Abb., 7 Tab.; Essen.
- HEDEMANN, H.-A. (1954): Sedimentationsverhältnisse des unteren Dogger beta, besonders seiner Sandsteinbänke, im NW-Teil des Gifhorner Troges. - Roemeriana, 1 (DAHLGRÜN-Festschr.): 335-360, 12 Abb., 1 Tab.; Clausthal-Zellerfeld.
- HEDEMANN, H.-A. (1956): Präalpbische Tektonik am Nordwestrand des Gifhorner Troges. - In: F. LOTZE, Geotekt. Symp. z. Ehren v. HANS STILLE: 213-227, 8 Abb.; Stuttgart.
- HEINRICH, R. (1977): Vergleichende tektonische Untersuchungen von Satellitenbild-Daten und Gelände-Daten im NW-Harz und im nördlichen Harzvorland. - Geotekt. Forsch., 53: 83-87, 2 Abb.; Stuttgart.
- HERRMANN, F. (1964): Stratigraphie und Tektonik zwischen Hil-desheimer Wald und Salzgitterer Höhenzug. - Diss. TH Braunschweig, 137 S., 7 Abb., 3 Tab., 8 Taf., 2 Anl.; Braunschweig.

- HERRMANN, F. (1968): Der Untere und Mittlere Keuper zwischen Hildesheimer Wald und Salzgitterer Höhenzug. - Beih. Ber. Naturh. Ges., 5 (KELLER-Festschr.): 207-218, 3 Abb.; Hannover.
- HIERSEMANN, L. (1967): Rezente vertikale Erdkrustenbewegungen in Europa. - Tectonophysics, 4, 3: 261-278, 1 Abb.; Amsterdam.
- HILTERMANN, H. (1941): Ein litorales Paläozän in Nordwestdeutschland. - Z. dt. geol. Ges., 93, 6: 259-269, 2 Taf.; Berlin.
- HINSCH, W. (1963): Gliederung und Paläogeographie des Alttertiärs und Nachweis des Latdorfs im Gifhorner Trog. - Erdöl u. Kohle, 16, 2: 87-92, 6 Abb., 1 Tab.; Hamburg.
- HINZE, C. (1967): Der Obere Buntsandstein (Röt) im südniedersächsischen Bergland. - Geol. Jb., 84: 637-716, 4 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- HÖLTING, B. (1980): Einführung in die allgemeine und angewandte Hydrogeologie. - X + 340 S., 103 Abb., 26 Tab.; Stuttgart.
- HOFFMANN, K. (1949): Zur Paläogeographie des nordwestdeutschen Lias und Dogger. - In: A. BENTZ: Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland: 113-129, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover, Celle.
- HOFFMANN, K. (1950): Die Grenze Unter-/Mittellias und die Zone des Eoderoceras miles (SIMPS.) in Nordwestdeutschland. - Geol. Jb., 64: 75-121, 10 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- HOFFMANN, K. (1968): Die Stratigraphie und Paläogeographie der bituminösen Fazies des nordwestdeutschen Oberlias (Toarcium). - Beih. Geol. Jb., 58: 443-498, 4 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- HOFFMANN, K. (1969a): Paläogeographie der nordwestdeutschen Lias-Eisenerze. - Beih. Geol. Jb., 79: 104-110, 1 Abb.; Hannover.
- HOFFMANN, K. (1969b): Zur Paläogeographie der Eisenerze des Mittleren und Oberen Dogger in Nordwestdeutschland. - Beih. Geol. Jb., 79: 204-208, 1 Abb.; Hannover.
- HOFFMANN, K., & JORDAN, R. (1982): Die Stratigraphie, Paläogeographie und Ammonitenführung des Unter-Pliensbachium (Carixium, Lias gamma) in Nordwest-Deutschland. - Geol. Jb., A 55: 3-439, 32 Abb., 3 Tab., 40 Taf.; Hannover.
- HOFMEISTER, E., & SIMON, P., & STEIN, V. (1972): Blei und Zink im Trochitenkalk (Trias, Oberer Muschelkalk 1) Nordwest-Deutschlands. - Geol. Jb., D 1: 1-103, 20 Abb., 10 Tab., 4 Taf.; Hannover.

- HUCKRIEDE, R. (1967): Molluskenfaunen mit limnischen und brackischen Elementen aus Jura, Serpilit und Wealden NW-Deutschlands und ihre paläogeographische Bedeutung. - Beih. Geol. Jb., 67: 263 S., 32 Abb., 25 Taf.; Hannover.
- HURTIG, E., & OELSNER, CHR. (1979): The Heat Flow Field on the Territory of the German Democratic Republic. - In: CERMAK, V., & RYBACH, L. (1979): Terrestrial Heat Flow in Europe: 186-191, 3 fig.; Berlin, Heidelberg, New York.
- IAEA (1985): Techniques for site investigations for underground disposal of radioactive wastes. Remote sensing techniques. - Internat. Atomic Energy Agency, Techn. Rep. Ser., 256: 3-6; Vienna.
- IMBRIE, J., & IMBRIE, J.Z. (1980): Modelling the climatic response to orbital variations. - Science, 207: 943-953; Washington, DC.
- IRRLITZ, W., & HOFMEISTER, E., & STEIN, V., & SCHNEEKLOTH, H. (1979a): Geowissenschaftliche Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen 1 : 200 000, Oberflächennahe Rohstoffe - Lagerstätten und Vorkommen, Bl. CC 3926 Braunschweig; Hannover.
- IRRLITZ, W., & HOFMEISTER, E., & STEIN, V., & SCHNEEKLOTH, H. (1979b): Geowissenschaftliche Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen 1 : 200 000, Oberflächennahe Rohstoffe - Rohstoffsicherungsgebiete, Bl. CC 3926 Braunschweig; Hannover.
- IWASAKI, T., & WAKABAYASHI, S., & TATSUOKA, F. (1977): Characteristics of underground seismic motions at four sites around Tokyo bay, Wind and seismic effects, Ed. H. S. Lew, U.S. Department of Commerce, Washington, DC.
- JÄCKLI, H. (1985): Zeitmaßstäbe der Erdgeschichte. Geologisches Geschehen in unserer Zeit. - 151 S., 68 Abb.; Basel, Stuttgart.
- JAHNKE, H., & RITZKOWSKI, S. (1980): Die Fazies-Abfolge im Mündert Mergel der Steinbrüche bei Thüste (Ober-Jura, Hilsmulde). - Ber. naturhist. Ges. Hannover, 123: 45-62, 3 Abb., 2 Taf.; Hannover.
- JANICKE, A. (1990): Sedimentologie, Mineralogie und Geochemie des Nordwestdeutschen Posidonienschiefers (Toarcium). - Diss. Univ. Hannover, 148 S.; Hannover.
- JANSSON, M. B. (1982): Land erosion by water in different climates. - UNGI Rapport, Univ. Uppsala, 57: 151 p., 69 fig., 23 tab.; Uppsala.
- JARITZ, W. (1969): Epirogenese in Nordwestdeutschland im höheren Jura und in der Unterkreide. - Geol. Rundsch., 59, 1: 114-124, 1 Taf.; Stuttgart.

- JARITZ, W. (1973): Zur Entstehung der Salzstrukturen Nordwestdeutschlands. - Geol. Jb., A 10: 77 S., 3 Abb., 1 Tab., 2 Falttaf.; Hannover.
- JARITZ, W. (1986): Zur Tektonik der Umgebung der Schachtanlage Konrad (Salzgitter) auf Grund reflexionsseismischer Untersuchungen. - Z. dt. geol. Ges., 137: 137-155, 11 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- JARITZ, W., & KOCKEL, F., & KOSMAHL, W. (1978): Geowissenschaftliche Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen 1 : 200 000, Tiefliegende Rohstoffe - Salz, Bl. CC 3926 Braunschweig; Hannover.
- JEANS, C. V. (1986): Features of mineral diagenesis in hydrocarbon reservoirs: an introduction. - Clay Minerals, 21, 4: 429-441, 4 fig.; London.
- JELGERSMA, S. (1979): Sea-level changes in the North Sea basin. - In: OELE et al. (Eds.): The Quaternary History of the North Sea, Acta Univ. Uppsala, Symp. Univ. Upsaliensis Ann. Quingentesimum Celebrantis, 2: 233-248, 7 fig.; Uppsala.
- JORDAN, H. (1968): Gliederung und Genese des Flammenmergels (Alb) in Hils- und Sackmulde (Süd-Hannover). - Z. dt. geol. Ges., 117 (1965): 391-424, 6 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- JORDAN, H. (1986): Halotektonik am Leinetalgraben nördlich Göttingen. - Geol. Jb., A 92: 3-66, 13 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- JORDAN, H., & SCHMID, F. (1968): Zur Altersstellung und Gliederung des Flammenmergels (Oberalb) im Sackwald. - Geol. Jb., 85: 55-66, 1 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- JORDAN, R. (1971): Zur Salinität des Meeres im höheren Oberen Jura Nordwest-Deutschlands. - Z. dt. geol. Ges., 122: 231-241, 2 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- JUDSON, S., & RITTER, D. F. (1964): Rates of regional denudation in The United States. - J. Geophys. Res., 69: 3395-3401, 2 fig., 5 tab.; Richmond.
- JÜNGST, H. (1928): Rät, Psilonoten- und Schlotheimienschichten im nördlichen Harzvorlande. - Geol. u. Pal. Abh., N.F., 16, 1: 1-194, 10 Abb., 8 Anl.; Jena.
- KALTWANG, J. (1992): Die pleistozäne Vereisungsgrenze im südlichen Niedersachsen und im östlichen Westfalen. - Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover, 33: 161 S., 7 Abb., 38 Tab., 49 Kt.; Hannover.
- KANAI, K., & TANAKA, T., & YOSHIZAWA, S., & MORISHITA, T., & OSADA, K., & SUZUKI, T. (1966): Comparative studies of earthquake motions on the ground and underground. II. - Bull. Earthq. Res. Inst., 44: 609-643, 45 fig., 4 tab.; Tokyo.

- KAUFMANN, H., & MEISSNER, D., & BODECHTEL, J., & BEHR, F.J.  
(1989): Design of spectral and panchromatic bands for the German MOMS-02 sensor. - Photogrammetric Eng. Remote Sens., 55, 6: 875-881, 7 fig., 2 tab.; Falls Church.
- KAUTZ, K. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen zur Diagenese in Sandsteinen der marinen Unterkreide Norddeutschlands. - Beitr. Miner. Petrogr., 9: 423-461, 29 Abb., 11 Tab.; Berlin, Göttingen, Heidelberg.
- KELCH, H.-J., & PAULUS, B. (1980): Die Tiefbohrung Velpke-Asse Devon 1. - Geol. Jb., A 57: 3-175, 20 Abb., 10 Tab., 17 Taf.; Hannover.
- KELLER, S. (1982): Die Oberkreide der Sack-Mulde bei Alfeld (Cenoman - Unter-Coniac). Lithologie, Biostratigraphie und Inoceramen. - Geol. Jb., A 64: 3-171, 61 Abb., 2 Tab., 8 Taf.; Hannover.
- KEMPER, E. (1971a): Zur Abgrenzung und Unterteilung des Valanginium ("Valendis"). - Newsl. Stratigr., 1, 4: 45-58, 2 Tab.; Leiden.
- KEMPER, E. (1971b): Zur Gliederung und Abgrenzung des norddeutschen Aptium mit Ammoniten. - Geol. Jb., 89: 359-390, 3 Tab., 8 Taf.; Hannover.
- KEMPER, E. (1973a): Das Berrias (tiefe Unterkreide) in NW-Deutschland. - Geol. Jb., A 9: 47-67, 1 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- KEMPER, E. (1973b): The Valanginian and Hauterivian stages in northwest Germany. - In: R. CASEY & P. F. RAWSON, The Boreal Lower Cretaceous; Geol. J., Spec. Iss., No. 5: 327-344, 4 fig., 2 tab.; Liverpool.
- KEMPER, E. (1973c): The Aptian and Albian stages in northwest Germany. - In: R. CASEY & P. F. RAWSON, The Boreal Lower Cretaceous; Geol. J., Spec. Iss., No. 5: 345-360, 2 fig., 2 tab.; Liverpool.
- KEMPER, E. (1979) : Die Unterkreide Nordwestdeutschlands. Ein Überblick. - In: J. WIEDMANN, Aspekte der Kreide Europas, Int. Union Geol. Sc., A 6: 1-9, 3 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- KEMPER, E. (1982): Das späte Apt und frühe Alb Nordwestdeutschlands, Versuch der umfassenden Analyse einer Schichtenfolge. - Geol. Jb., A 65: 703 S., zahlr. Abb., Tab. u. Taf.; Hannover.
- KEMPER, E. (1984): Ober-Alb und Unter-Cenoman in Nordwestdeutschland. - Geol. Jb., A 75: 465-487, 7 Abb.; Hannover.
- KEMPER, E., & ZIMMERLE, W. (1978): Der Grenz-Tuff Apt/Alb von Vöhrum. - Geol. Jb., A 45: 125-143, 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.

- KEMPER, E., & ZIMMERLE, W., & GEDENK, R. (1978): Die anoxischen Sedimente der präoberaptischen Unterkreide NW-Deutschlands und ihr paläogeographischer Rahmen. - Geol. Jb., A 45: 3-41, 2 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- KHARAKA, Y. K., & CAROTHERS, W. W. (1986): Oxygen and Hydrogen Isotope Geochemistry of Deep Basin Brines. - Aus: FRITZ, P., & FONTES, J.C., Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, Vol. 2, The Terrestrial Environment, B, 557 p., several fig. and tab.; Amsterdam.
- KIRALY, L. (1985): FEM 301 - A Three Dimensional Modell for Groundwater Flow Simulation. - 96 p., Technischer Bericht 84-49, NAGRA; Baden/Schweiz.
- KNOKE, R. (1967): Sedimentpetrographische Untersuchungen des Flammenmergels. - Contr. Miner. Petrol., 14, 2: 102-113, 1 Abb., 5 Tab.; Berlin.
- KNOX, R.W. O'B., & MORTON, A.C. (1983): Stratigraphical distribution of early Palaeogene pyroclastic deposits in the North Sea Basin. - Proc. Yorkshire Geol. Soc., 44, 3: 355-363, 2 fig.; Yorkshire.
- KNOX, R.W. O'B., & MORTON, A.C. (1988): The record of early Tertiary N Atlantic volcanism in sediments of the North Sea Basin. - In: MORTON, A.C., & PARSON, L.M. (Eds.): Early Tertiary Volcanism and the opening of the NE Atlantic. - Geol. Soc. Lond., Spec. Pub. No. 39: 407-419; London.
- KNOX, R.W. O'B. (1989): Mineralogy and Stratigraphy of Volcanic Ash Layers in Lower Palaeogene Beds of the Wursterheide Borehole, Northern Germany. - Geol. Jb. A 111: 217-231, 6 fig.; Hannover.
- KOCKEL, F. (1989a): Die Strukturen des post-saxonen Oberbaus in Nordwestdeutschland. - Nachr. Dt. Geol. Ges., 41: 53; Hannover.
- KOCKEL, F. (1989b): Die geologischen Strukturen des Braunschweiger Landes. - Nachr. Dt. Geol. Ges., 41: 102-103; Hannover.
- KOCKEL, F. (1991): Die Strukturen im Untergrund des Braunschweiger Landes. - Geol. Jb., A 127: 391-404, 2 Abb., 2 Taf.; Hannover.
- KOCKEL, F. (1994): Inversion, Grundmuster der "saxonischen Tektonik". - Nachr. Dt. Geol. Ges., 52: 104-105; Hannover.
- KOCKEL, F., & BALDSCHUHN, R., & BEST, G., & DENEKE, E., & FRISCH, U., & JÜRGENS, U., & SATTLER-KOSINOWSKI, S., & SCHMITZ, J., & STANCU-KRISTOFF, G., & ZIRNGAST, M. (1989): Geotektonischer Atlas von NW-Deutschland - Übersicht über die Strukturen des Oberbaus 1 : 300 000. - Nachr. Dt. Geol. Ges., 41: 103-104; Hannover.

- KÖLBEL, H. (1944): Die tektonische und paläogeographische Geschichte des Salzgitterer Gebietes. - Abh. Reichsanst. f. Bodenforsch., N.F., 207: 100 S., 33 Abb., 8 Taf.; Berlin.
- KOLBE, H. (1954): Geschichte des Eisenerzbergbaus und der Lagerstättenforschung im Salzgittergebiet (300-1938). - Roemeriana, 1 (DAHLGRÜN-Festschr.): 299-328, 1 Kt.; Clausthal-Zellerfeld.
- KOLBE, H. (1956): Bisherige Erkenntnisse über die Geochemie der sedimentären Kreide-Eisenerze des nördlichen Harzvorlandes. - Erzmetall, 9, 8: 409-410; Salzgitter.
- KOLBE, H. (1958): Die Erzablagerungen im Salzgittergebiet. - Geogr. Rdsch., 10, 3: 92-99, 2 Abb., 2 Tab.; Braunschweig.
- KOLBE, H. (1960): Beiträge zur Frage der Parallelisierung des Korallenooliths im südlichen Gifhorner Trog und das Profil von Schacht Konrad 1. - Ms. u. Votr. Arbeitskr. "Korallenoolith"; Salzgitter.
- KOLBE, H. (1962): Die Eisenerzkolke im Neokom-Eisenerzgebiet Salzgitter. Beispiele zur Bedeutung synsedimentärer Tektonik für die Lagerstättenbildung. - Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 31: 276-308, 16 Abb.; Hamburg.
- KOLBE, H. (1964): Charakterisierung der Jura- und Kreide-Eisenerze bei Salzgitter in chemischer und petrographischer Beziehung. - Erzmetall, 17, 9: 515; Salzgitter.
- KOLBE, H. (1966a): Korallenoolith-Eisenerze des Gifhorner Troges und Santon-Eisenerze von Peine-Ilse. - Fortschr. Miner., 43, 2: 113-116; Stuttgart.
- KOLBE, H. (1966b): Neokom-Eisenerze des Salzgitterer Sattels (Exkursion M 5). - Fortschr. Miner., 43, 2: 117-120; Stuttgart.
- KOLBE, H., & SIMON, P. (1969a): Übersicht über die Malm-Eisenerze Nordwestdeutschlands. - Beih. Geol. Jb., 79: 217-220, 1 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- KOLBE, H., & SIMON, P. (1969b): Die Eisenerze im Mittleren und Oberen Korallenoolith des Gifhorner Troges. - Beih. Geol. Jb., 79: 256-338, 36 Abb., 19 Tab., 2 Fototaf.; Hannover.
- KOLBE, H. (1970): Zur Entstehung und Charakteristik mesozoischer marin-sedimentärer Eisenerze im östlichen Niedersachsen. - Clausth. H. Lag. Geochem. miner. Rohst., 9: 161-184, 8 Abb., 14 Tab.; Berlin, Stuttgart.
- KOLBE, H. (1975): Schichtenfolge im Oberjura-Eisenerz-Aufschlussgebiet der Schachtanlage Konrad der Salzgitter Erzbergbau AG - Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 44: 161-193, 6 Abb., zahlr. Tab., 1 Taf.; Hamburg.

- KOLBE, H. (1976): Eisenerzlagerstätten um Salzgitter. - 54. DMG-Tagung, Exk. V-3 : 29-38, 2 Abb., 2 Tab.; Braunschweig.
- KOLBE, H. (1981): Wasserläufe, Teiche, Quellen und Wasserwerke in Salzgitter. 2. Teil, Nord- und Ostgebiet: Innerste-, Fuhse-, Aue- und Okertal. - Salzgitter-Jb., 1981: 49 S., Geschichtsverein Salzgitter e.V.; Salzgitter.
- KOTT, R. (1986): Fazielle Entwicklung des Cenoman-Turon-Grenzbereiches im Steinbruch Baddeckenstedt. - Zt. Documenta naturae, 35: 17-26, 5 Abb.; München.
- KRAPP, L. (1979): Gebirgsdurchlässigkeit im Linksrheinischen Schiefergebirge - Bestimmung nach verschiedenen Methoden. - Mitt. Ing.- u. Hydrogeol., 9: 313-347; Aachen.
- KRONBERG, P. (1966): Photogeologie. Eine Einführung in die geologische Luftbildauswertung. - Clausth. Tekt. H., 6: 235 S., 130 Abb.; Clausthal-Zellerfeld.
- KRONBERG, P. (1977a): Regionale und überregionale Bruchtektonik. Zusammenfassung. - Geotekt. Forsch., 53: 2-6; Stuttgart.
- KRONBERG, P. (1977b): Die regionale und überregionale Bruchtektonik Mitteleuropas. Bestandsaufnahme und Interpretationen. - Geotekt. Forsch., 53: 7-41, 21 Abb.; Stuttgart.
- KRONBERG, P. (1985): Fernerkundung der Erde. Grundlagen und Methoden des Remote Sensing in der Geologie. - IX + 394 S., 246 Abb.; Stuttgart.
- KRONBERG, P. (1988): Saxonische Strukturen und krustale Bruchmuster im Satellitenbild. Beispiele aus Südniedersachsen. - Geowiss., 6, 12: 347-355, 6 Abb.; Weinheim.
- KRUCK, W., & WOLFF, F. (1975): Ergebnisse einer Fazieskartierung im Schilfsandstein des Weserberglandes. - Mitt. Geol. - Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 44: 417-421, 1 Kt.; Hamburg.
- KTA 2201, Teil 1 (Juni 1975): Sicherheitstechnische Regel des KTA. Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen. - Kerntechnischer Ausschuß (KTA). Carl Hauptmanns Verlag KG; Köln, Berlin.
- KTA 2201.1 (1989): Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen. - Teil 1: Grundsätze (Gründruck).
- KTA 2201, Teil 1 (6/1990): Sicherheitstechnische Regel des KTA. Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen. - Kerntechnischer Ausschuß (KTA). Carl Hauptmanns Verlag KG; Köln, Berlin.
- KTA 2201, Teil 2 (Januar 1979): Entwurf sicherheitstechnische Regel des KTA, Kenndaten seismischer Erregung (Gründruck).

- KÜHNE, F. (1932): Erläuterungen zu Blatt Barum der Geologischen Karte von Preußen etc., 1 : 25 000, 53 S., 1 Abb.; Berlin.
- KUNZ, R. (1990): Phytoplankton und Palynofazies im Malm Nordwestdeutschlands (Hannoversches Bergland). - *Palaeontographica*, B 216, 1-4: 1-105, 37 Abb., 10 Taf.; Stuttgart.
- KUSTER, H., & MEYER, K.-D. (1979): Glaziäre Rinnen im mittleren und nordöstlichen Niedersachsen. - *Eiszeitalter und Gegenwart*, 29: 135-156, 5 Abb., 3 Tab., 1 Kt.; Hannover.
- LANGER, A. (1989): Lithostratigraphische, technologische und geochemische Untersuchungen im Muschelkalk des Osnabrücker Berglandes. - *Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover*, 29: 114 S., 16 Abb., 22 Tab., 5 Taf.; Hannover.
- LAVILLE, P., & LAJOINIE, J.P. (1985): Étude Geoprospective d'un Site de Stockage; Mécanisme d'Altération et d'Érosion. - *Rapport du B.R.G.M.*, 83 SGN 541 Géo, Vol. 2; Orléans.
- LEPPER, J. (1979): Zur Struktur des Solling-Gewölbes. - *Geol. Jb.*, A 51: 57-77, 3 Abb., 3 Taf.; Hannover.
- LEYDECKER, G., & STEINWACHS, M., & SEIDL, D., & KIND, R., & KLUSSMANN, J., & ZERNA, W. (1980): Das Erdbeben vom 2. Juni 1977 in der norddeutschen Tiefebene bei Soltau. - *Geol. Jb.*, E 18: 3-18, 5 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- LIPPOLT, H.J. (1983): Distribution of Volcanic Activity in Space and Time. - In: FUCHS, K. et al., *Plateau Uplift*: 112-120, 3 fig.; Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- LOOK, E.-R. (1985): Geologie, Bergbau und Urgeschichte im Braunschweiger Land. - *Geol. Jb.*, A 88: 3-452, 181 Abb., 18 Tab., 1 Kt.; Hannover.
- LOTZE, F. (1938): Steinsalz und Kalisalze, Geologie. - Die wichtigsten Lagerstätten der "Nicht-Erze" [Hrsg.: O. STUTZER], Bd. III, Teil 1. - XXVII + 936 S., 353 Abb.; Berlin.
- LÜTTIG, G. (1954): Alt- und mittelpleistozäne Eisrandlagen zwischen Harz und Weser. - *Geol. Jb.*, 70: 43-125, 16 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- LÜTTIG, G. (1969): Abnorme Quartärprofile im nordwestdeutschen Bergland. - *Geol. Jb.*, 88: 13-34, 5 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- LÜTTIG, G., & MEYER, K.-D. (1974): Geological history of the river Elbe, mainly of its lower course. - *Cent. soc. geol. Belgique*, 19 p., 1 fig., 1 tab.; Brussels.
- LUTZE, G.F. (1960): Zur Stratigraphie und Paläontologie des Callovien und Oxfordien in Nordwest-Deutschland. - *Geol. Jb.*, 77: 391-532, 20 Abb., 21 Taf.; Hannover.

- LUTZE, G.F. (1963): Unter-Oxford im Hildesheimer Jurazug. - Z. dt. geol. Ges., 114: 360-377, 8 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- LUTZE, G.F. (1967): Ein Emersions-Horizont im Bathonium von Hildesheim. - Senck. leth., 48, 6: 535-548, 23 Abb; Frankfurt am Main.
- MADSEN, F.T., & NÜESCH, R. (1990): Langzeitquellverhalten von Tongesteinen und tonigen Sulfatgesteinen. - Techn. Ber. NAGRA 90-17, 51 S., 23 Abb., 3 Tab., mult. Anl.; Baden/Schweiz.
- MATTHESIUS, G. (1974): Vertikale Dichte-, Porenanteil- und Druckdifferenzprofile an Sedimentgesteinen des Nordwestrandes des Gifhorner Troges. - Diss. TU Braunschweig, 149 S., 46 Abb., 12 Tab.; Braunschweig.
- MATTHESS, G. (1973): Die Beschaffenheit des Grundwassers, Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 2. - XI + 324 S., 89 Abb., 86 Tab.; Berlin, Stuttgart.
- MATTHESS, G., & UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie, Grundwasserhaushalt, Lehrbuch der Hydrogeologie, Band 1. - XII + 438 S., 75 Tab.; Berlin-Stuttgart.
- MCCOMBIE, CH., & ZUIDEMA (1988): Kriterien für die Standortwahl. - Nagra informiert, 3/88: 21-26, 3 Abb., 2 Tab.; Baden/Schweiz.
- MEIER, H., & ZIMMERHACKL, E., & HECKER, W., & ZEITLER, G., & MENGE, P. (1988): Measurement of diffusion of radionuclides in sediment rocks. - Radiochimica Acta, 44/45: 239-244, 6 fig., 3 tab.; München.
- MEYER, H.-J. (1978): Geowissenschaftliche Karte des Naturraum-potentials von Niedersachsen und Bremen 1 : 200 000, Tiefliegende Rohstoffe - Erdöl, Erdgas, Bl. CC 3926 Braunschweig; Hannover.
- MEYER, K.-D. (1980): Quartäre Tektonik im Unterelbe-Gebiet? In: JARITZ, W., & LEYDECKER, G., & HOFRICHTER, E., Stellungnahme zu den Thesen von E. GRIMMEL, Z. dt. geol. Ges., 131: 530-546, 2 Abb.; Hannover.
- MEYER, K.-D. (1987): Ground and end moraines in Lower Saxony - Proceedings of an Inqua Symposium on Genesis and Lithology of Glacial Deposits, Amsterdam 1986: 197-204, 10 fig., 1 tab.; Rotterdam.
- MICHAEL, E. (1974): Zur Palökologie und Faunenführung im westlichen Bereich des norddeutschen Unterkreide-Meeres. - Geol. Jb., A 19: 68 S., 9 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.

- MICHAEL, E., & PAPE, H.-G. (1971): Eine bemerkenswerte Bio- und Lithofazies an der Basis des Unter-Hauterivium Nordwestdeutschlands. - Mitt. geol. Inst. TU Hannover, 10: 43-107, 2 Abb., 4 Tab., 4 Taf.; Hannover.
- MILNES, A.G. (1985): Geology and Radwaste. - XII + 328 p., 97 fig., 4 tab.; London, Orlando, San Diego, New York, Toronto, Montreal, Sydney, Tokio.
- MILINGOS, C. (1980): Tektonisch-stratigraphische Aufnahme zur Feststellung des tektonischen Beanspruchungsplanes der Oberkreidenschichten im Großraum Salzgitter. - Dipl.-Arb. TU Clausthal, 76 S., 13 Abb., 2 Taf., 170 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- MÖCKEL, C. (1982): Dogger epsilon-Transgression im Niedersächsischen Becken. - Diss. TU Clausthal, 104 S., 20 Abb., 14 Taf., 18 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- MÜHLFELD, R. (1976): Relationship between vegetation, soil, bedrock, and other geologic features in moderate humid climate (Central Europe) as seen on ERTS-1 imagery. - Geol. Jb., A 33: 21-35, 9 fig.; Hannover.
- MÜLLER, A. (1982): Zur Frage geologisch-geophysikalischer Nachweismöglichkeiten von Horizontalverschiebungen. - Z. geol. Wiss., 10, 5: 583-593, 3 Abb., 1 Tab.; Berlin.
- MÜLLER, E.P. (1969): Zur Geochemie der Tiefenwässer und der organischen Substanz im Nordteil der DDR. - Z. ang. Geol., 15, 3: 113-123, 13 Abb., 5 Tab.; Berlin.
- MÜLLER, W. (1962): Der Ablauf der holozänen Meerestransgression an der südlichen Nordseeküste und Folgerungen in bezug auf eine geochronologische Holozängliederung. - Eiszeitalter u. Gegenwart, 13: 197-226, 6 Abb., 1 Tab.; Öhringen/Württ.
- MÜNZING, K. (1963): Zur Geologie der saale-eiszeitlichen Stauchzone südlich Vechta (Oldenburg). - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 8: 447-456, 5 Abb.; Stuttgart.
- MUTTERLOSE, J. (1984): Die Unterkreide-Aufschlüsse (Valangin - Alb) im Raum Hannover-Braunschweig. - Mitt. geol. Inst. Univ. Hannover, 24: 61 S., 25 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- NAUWALD, K. H., & HUNSCHKE, U. (1975): Geomagnetische Messungen am Basaltvorkommen des Salzstockes von Rolfsbüttel. - GAMMA, 27: 18 S., 36 Abb., 1 Tab.; Braunschweig.
- NIEDERSÄCHSISCHER MINISTER FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1983): Hydrographische Karte Niedersachsen, Maßstab 1 : 50 000; Hannover.
- NIEDERSÄCHSISCHER MINISTER FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1985): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen. - Gewässergütebericht 1985, 22 S., 3 Kt.; Hannover.

- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1992a): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Weser- und Emsgebiet, Abflußjahr 1988. - 320 S., 1 Kt.; Hildesheim.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (1992b): Daten zur Wassergüte der oberirdischen Binnengewässer des Landes Niedersachsen. - Jahresbericht 1991; Hildesheim.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1985, 1986, 1987, 1988): Daten zur Wassergüte der oberirdischen Binnengewässer des Landes Niedersachsen. - Jahresberichte 1984 bis 1987; Hildesheim.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1989, 1990, 1991a): Daten zur Wassergüte der oberirdischen Binnengewässer des Landes Niedersachsen. - Jahresberichte 1988 bis 1990; Hildesheim.
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL (1991b): Gewässerüberwachungssystem Niedersachsen. - Gewässergüterbericht 1990, 45 S., 7 Tab., 10 Kt.; Hannover.
- NILSSON, T. (1983): The Pleistocene. Geology and Life in the Quaternary Ice Age. - 651 p., 292 fig., 23 tab.; Stuttgart.
- OWEN, G.N., & SCHOLL, R.E. (1981): Earthquake engineering of large underground structures, Report No. JAB-000-128, URS/J. A. Blume Associates, 279 p., 72 fig.; San Francisco.
- PAPE, H. (1970): Die Malmschichtfolge vom Langenberg bei Oker. - Mitt. geol. Inst. TU Hannover, 9: 41-134, 15 Abb., 1 Tab., 14 Taf.; Hannover.
- PAUL, J. (1982): Der Untere Buntsandstein des germanischen Beckens. - Geol. Rundsch., 71: 795-811, 13 Abb.; Stuttgart.
- PAVONI, N. (1969): Zonen lateraler horizontaler Verschiebung in der Erdkruste und daraus ableitbare Aussagen zur globalen Tektonik. - Geol. Rundsch., 59, 1: 56-77, 10 Abb.; Stuttgart.
- PEDERSEN, A.K., & ENGELL, J., & RONSBO, J.G. (1975): Early Tertiary volcanism in the Skagerrak: New chemical evidence from ash layers in the mo-clay of northern Denmark. - Lithos, 8: 255-268, 7 fig., 4 tab.; Oslo.
- PHILIPP, W. (1960): Zechstein und Buntsandstein in Tiefbohrungen zwischen Harz und Lüneburger Heide. - Geol. Jb., 77: 711-740, 7 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- PHILIPP, W., & DRONG, H.J., & FÜCHTBAUER, H., & HADDENHORST, H.G., & JANKOWSKY, W. (1963): Zur Geschichte der Migration im Gifhorner Trog. - Erdöl u. Kohle, 16: 456-468, 15 Abb., 2 Tab.; Hamburg.

- PLOTE, H. (1958): Stratigraphisch-fazielle Untersuchungen im Korallenoolith zwischen Wesergebirge und Gifhorner Trog. - Diss. TH Braunschweig, 76 S., 3 Abb., 7 Taf.; Braunschweig.
- POHL, W. (1992): W. & W.E. PETRASCHECK'S Lagerstättenlehre. Eine Einführung in die Wissenschaft von den mineralischen Bodenschätzen. - 4. Aufl., VIII + 504 S., 246 Abb.; Stuttgart.
- PRAUSS, M. (1989): Dinozysten-Stratigraphie und Palynofazies im Oberen Lias und Dogger von NW-Deutschland. - Palaeontographica, B 214, 1-4: 1-124, 49 Abb., 4 Tab., 15 Taf.; Stuttgart.
- PREUL, F. (1965): Geologie im Hauptteil des Kreises Braunschweig. - In: Der Landkreis Braunschweig, Veröff. Niedersächs. Landesverwaltungsamt., 22: 17-24, 2 Abb., 1 Tab.; Bremen-Horn.
- PREUL, F. (1968): Die Subrosion am Salzstock von Salzgitter-Lebenstedt. - Geol. Jb., 85: 809-816, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- PREUL, F. (1985): Über periglaziale Verformungen in Grabungsaufschlüssen am Rande des Fuhsetales bei Salzgitter-Lebenstedt. - Geol. Jb., A 87: 34 S., 32 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- PRINZ, H. (1991): Abriß der Ingenieurgeologie. - 466 S., 352 Abb., 74 Abb.; Stuttgart.
- RADKE, U. (1990): Entstehung, Gliederung und Alter pleistozäner Meeresspiegelschwankungen und Küstenterrassen. - In: LIEDKE, H. (Hrsg.), Eiszeitforschung: 285-298, 3 Abb.; Darmstadt.
- RAUHFUSS, W. (1985): Aspekte der Erdöllagerstätte Broistedt. - Erdöl, Erdgas, 101: 21-26; Wien, Hamburg.
- RHODE, H. (1977): Sturmfluthöhen und säkularer Wasserstandsanstieg an der deutschen Nordseeküste. - Die Küste, 30: 52-143, 17 Abb., 5 Tab.; Heide i. Holst.
- RICHTER, G. (1934): Das Rheinische Element im Bilde Westeuropas. - Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., N. F., Fachgr. IV, Nachr. Geol. Miner., 1 (1934-40): 23-38, 6 Abb.; Göttingen.
- RICHTER, W., & LILLICH, W. (1975): Abriß der Hydrogeologie. - VIII + 281 S., 96 Abb.; Stuttgart.
- RICHTER-BERNBURG, G. (1955): Stratigraphische Gliederung des deutschen Zechsteins. - Z. dt. geol. Ges., 105 (1953): 843-854, 1 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- RICHTER-BERNBURG, G. (1974): Stratigraphische Synopsis des deutschen Buntsandsteins. - Geol. Jb., A 25: 127-132, 1 Abb., 1 Taf.; Hannover.

- RIEDEL, L. (1941): Zur Stratigraphie der tiefen Unterkreide in Nordwestdeutschland, besonders in den Erdölgebieten. - Jb. Reichsstelle Bodenforsch. f. 1939, 60: 431-483, 8 Abb., 1 Taf.; Berlin.
- RIEGER, S. (1983): The Genesis and Classification of Cold Soils. - 230 p., 35 fig., 1 tab.; New York, London, Paris, San Diego, San Francisco, Sao Paulo, Sydney, Tokyo, Toronto.
- RÖDIGER, K. (1933): Stratigraphie u. Paläogeographie der unteren Kreide im Gebiet der Eisenerzlager des Salzgitterer Höhenzuges. - Jb. Halleschen Verb., N.F., 12: 267-324; Halle an der Saale.
- RÖHLING, H.-G. (1989a): Lithostratigraphie und Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im Nordwestdeutschen Becken. - Nachr. Dt. Geol. Ges., 41: 68-69; Hannover.
- RÖHLING, H.-G. (1989b): Subsidenz im Nordwestdeutschen Becken während der tieferen Trias (Unterer und Mittlerer Buntsandstein). - Nachr. Dt. Geol. Ges., 41: 111-112; Hannover.
- RÖHLING, H.-G. (1991a): A lithostratigraphic subdivision of the Lower Triassic in the Northwest German Lowlands and the German sector of the North Sea, based on gamma ray and sonic logs. - Geol. Jb., A 119: 24 p., 1 fig., 12 plates; Hannover.
- RÖHLING, H.-G. (1991b): Lithostratigraphie und Paläogeographie des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im Nordwestdeutschen Becken. - Eine Analyse der Schichtenfolge mit Hilfe geophysikalischer Bohrlochmessungen (Gamma Ray und Sonic Log). - Diss. Univ. Heidelberg, 336 S., 106 Abb., 13 Tab., 38 Anl.; Heidelberg.
- RÖHLING, H.-G. (1994): Inversion in der Trias Norddeutschlands. - Nachr. Dt. Geol. Ges., 52: 127-128; Hannover.
- ROLL, A. (1956): Der Broistedt-Hamburger-Unterdogger-Trog. - Symp. sobre yacimientos de petróleo y gas, XX. Congreso geol. int. Mexico, 5: 39-42; Mexico.
- ROYER, J.-F. (1988): Le climat du XXI<sup>e</sup> siècle. - LA RECHERCHE METEO, Supplement au No. 201 de la recherche: 42-50, 6 fig.; Paris.
- SCHAD, A. (1947): Neue stratigraphische Ergebnisse im nordwestdeutschen Tertiär. - Jber. Naturhist. Ges., 94-98: 42-68, 4 Anl.; Hannover.
- SCHAD, A. (1948): Das nordwestdeutsche Tertiär. - Fiat-Reviews, Geol. u. Paläont., 48: 179-188; Wiesbaden.

- SCHELKES, K., & VOGEL, P., & KLINGE, H., & KNOOP, R.-M. (1991): Modelling of Variable-Density Groundwater Flow with Respect to Planned Radioactive Waste Disposal Sites in West Germany - Validation Activity and First Results. - GEOVAL-1990, Symp. on Validation of Geosphere Flows and Transport Models, p. 328-335, 3 fig.; Stockholm.
- SCHILDKNECHT, F., & SCHNEIDER, W. (1987): Über die Gültigkeit des Darcy-Gesetzes in bindigen Sedimenten bei kleinen hydraulischen Gradienten - Stand der wissenschaftlichen Diskussion. - Geol. Jb., C 48: 21 S., 1 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- SCHLOENBACH, R. (1981): Untersuchung der salinaren Sekundärmineralbildungen im Korallenoolith-Eisenerzlager der Eisenerzgrube Konrad bei Salzgitter. - Dipl.-Arb. TU Clausthal, 145 S., 9 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- SCHLOENBACH, R. (1985): Zu den tektonischen Grundlagen der südlichen Bleckenstedter Mulde im Aufschlußbereich des oolithischen Eisenerzlagers (Mittlerer Korallenoolith) der Grube Konrad bei Salzgitter/Niedersachsen. - Clausthaler Geowiss. Diss., 16: 224 S., 72 Abb., 7 Taf.; Clausthal-Zellerfeld.
- SCHMID, F. (1965): Actinocamax plenus (BLAINVILLE), ein seltener Belemniten-Fund im Rotpläner (Oberkreide, Niedersachsen). - Geol. Jb., 83: 517-532, 1 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- SCHÖNFELD, M. (1979): Stratigraphische, fazielle, paläogeographische und tektonische Untersuchungen im Oberen Malm des Deisters, Osterwaldes und Süntels (NW-Deutschland). - Clausthaler Geol. Abh., 35: 270 S., 15 Abb., 6 Tab., 7 Taf.; Clausthal-Zellerfeld.
- SCHOTT, W. (1937): Paläogeographische Untersuchungen über den Unteren Weißen Jura Nordwestdeutschlands. - Abh. preuß. geol. L.-Anst., N.F., 133: 51 S., 13 Abb., 6 Taf.; Berlin.
- SCHOTT, W. (1938): Stratigraphische und paläogeographische Untersuchungen über den Unteren Weißen Jura in der weiteren Umgebung von Braunschweig. - Jb. preuß. geol. L.-Anst., 58: 697-727, 5 Abb., Taf. 58; Berlin.
- SCHOTT, W. (1942): Die Gliederung im nordwestdeutschen Rätbecken. - Ber. Reichsamt Bodenforsch., 1942: 61-77, 2 Abb.; Wien.
- SCHOTT, W. (1949): Zur Paläogeographie des nordwestdeutschen Malms. - In: A. BENTZ, Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland, S. 129-135, 6 Abb.; Hannover.
- SCHOTT, W. (1968): Nordwestdeutsches Wealdenbecken und Ostseebecken (Gedanken zur Paläogeographie des Wealden). - Geol. Jb., 85: 919-940, 1 Abb., 2 Kt.; Hannover.

- SCHOTT, W. u. Mitarbeiter (1969): Paläogeographischer Atlas der Unterkreide von Nordwestdeutschland mit einer Übersichtsdarstellung des nördlichen Mitteleuropa. Erläuterungen. - 315 S., 18 Abb.; Hannover.
- SCHUDACK, M.E. (1993): Die Charophyten in Oberjura und Unterkreide Westeuropas. Mit einer phylogenetischen Analyse der Gesamtgruppe. - Berliner Geowiss. Abh., E 8: 209 S., 70 Abb., 20 Taf.; Berlin.
- SCHULZ, M.-G. (1972): Feinstratigraphie und Zyklengliederung des Unteren Muschelkalks in N-Hessen. - Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 41: 133-170, 2 Abb., 6 Tab., 4 Taf.; Hamburg.
- SCHULZ, M.-G., & ERNST, G., & ERNST, H., & SCHMID, F. (1984): Coniacian to Maastrichtian stage boundaries in the standard section for the Upper Cretaceous white chalk of NW Germany (Lägerdorf-Kronsmoor-Hemmoor): Definitions and proposals. - Bull. geol. Soc. Denmark, 33: 203-215, 4 fig.; Copenhagen.
- SCHWAHN, H.-J., & GAHRMANN, N. (1976): Der Mittlere Muschelkalk im östlichen Subherzyn. - Hercynia, N. F., 13: 332-339, 3 Abb.; Leipzig.
- SCHWARZKOPF, T. (1987): Herkunft und Migration des Erdöls in ausgewählten Dogger-beta-Lagerstätten des Gifhorner Troges: Wechselwirkungen zwischen Kohlenwasserstoffgenese und Sandsteindiagenese. - Diss. TH Aachen, IX + 257 S., 68 Abb., 12 Tab., 3 Taf.; Aachen.
- SEALE, S.H., & ARCHULETA, R.J. (1989): Site amplification and attenuation of strong ground motion. - Bull. Seism. Soc. Am., 79, 6: 1673-1696, 18 fig.; El Cerrito/California.
- SECK, H. A. (1983): Eocene to Recent Volcanism within the Rhenish Massif and the Northern Hessian Depression - Summary. - In: FUCHS, K. et al. (1983), Plateau Uplift, 153-162, 1 fig., 5 tab.; Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- SEIDEL, G. (1974): Muschelkalk. - In: HOPPE, W., & SEIDEL, G., Geologie von Thüringen, 609-633, 9 Abb., 6 Tab.; Leipzig.
- SEITZ, O. (1949): Zur Paläogeographie des Wealden und der Pompeckj'schen Schwelle. - In: A. BENTZ, Erdöl u. Tektonik in Nordwestdeutschland, 135-143, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- SEITZ, O. (1950): Das Eisenerz im Korallenoolith der Gifhorner Mulde bei Braunschweig und Bemerkungen über den Oberen Dogger und die Heersumer Schichten. - Geol. Jb., 64: 1-73, 40 Abb., 4 Taf.; Hannover.
- SIEBEL, C.N.A., & WENS, H.G. (1992): Aspekte der Eisenerzversorgung in den neunziger Jahren. - Stahl u. Eisen, 112, 11: I 31; Düsseldorf.

- SIMON, P. (1965): Das Eisenerz des oberen und mittleren Korallenooliths im nördlichen Teil des Gifhorner Troges. - Festschr. Max Richter z. 65. Geb.: 231-255, 9 Abb.; Clausthal-Zellerfeld.
- SIMON, P. (1969): Paläogeographie der nordwestdeutschen Malm-Eisenerze. - Beih. Geol. Jb., 79: 339-345, 2 Abb.; Hannover.
- SIMON, P., & HALTENHOF, M. (1970): Feinstratigraphie, Fazies und Bromgehalt des Staßfurt-Steinsalzes (Zechstein 2) im Kali- und Steinsalz-Bergwerk "Asse" (Schacht II) bei Braunschweig. - Geol. Jb., 88: 159-202, 3 Abb., 8 Tab., 5 Taf.; Hannover.
- SIMON, P., & NOWAK, H. (1978): Geowissenschaftliche Karte des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen 1 : 200 000, Tiefliegende Rohstoffe - Erze, Steinkohle, Industrieminerale, Bl. CC 3926 Braunschweig; Hannover.
- SKI-STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION (1991): SKI PROJECT-90. - SKI Technical Report (Vol. I-II), 91: 23; Stockholm.
- SMITH, T. H. (1974): Data for frequency of new volcanoes. - In: SCHNEIDER, K. J.: Advanced waste management studies progress report, Battelle Northwest Laboratory Report, BNWL-B-223-10. - Zitiert in: BÜRGISSER, H. M., & HERRNBERGER, V. (1981): Zur Risikoanalyse für Endlager in der Nordschweiz, Ausmaß und Wahrscheinlichkeit geologischer Prozesse und Ereignisse. - EIR-Bericht, Eidg. Inst. f. Reaktorforschung Würenlingen, 430: 69 S., 24 Fig.; Würenlingen.
- SONNTAG, C. (1991): Environmental isotopes and noble gases in brines from the Konrad iron mine, Salzgitter. - Proc. Symp. Vienna, IAEA: 447-462, 8 fig.; Vienna.
- SPIEGLER, D. (1986): Gliederung des nordwestdeutschen Tertiärs (Paläogen und Neogen) aufgrund von planktonischen Foraminiferen. - In: H. TOBIEN, Nordwestdeutschland im Tertiär, 213-299, 6 Tab., 10 Taf.; Berlin, Stuttgart.
- STEIN, V. (1968): Stratigraphische Untersuchungen im Unteren Muschelkalk Südniedersachsens. - Z. dt. geol. Ges., 117 (1965): 819-828, 1 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- STEWART, I.S., & HANCOCK, P.L. (1991): Neotectonic range-front fault scarps in the Aegean region. - In: J. COSGROVE & M. JONES, Neotectonics and Resources, 93-107, 5 fig.; London, New York.
- STINDER, T. (1989): Stratigraphie und Lithologie des Rhät (Oberkeuper) im mittleren Niedersachsen (Norddeutschland). - Z. dt. geol. Ges., 140: 87-99, 2 Abb., 1 Tab., 1 Taf.; Hannover.

- SUBKOMMISSION PERM-TRIAS der Stratigraphischen Kommission der DUGW (1993): Beschlüsse zur Festlegung der lithostratigraphischen Grenzen Zechstein/Buntsandstein/Muschelkalk und zu Neubenenungen im Unteren Buntsandstein in der Bundesrepublik Deutschland. - Z. angew. Geol., 39, 1: 20-22; Stuttgart.
- THOMS, R. L., & GEHLE, R. M. (1983): Precise Leveling, Vacherie Salt Dome, Webster and Bienville Parishes. - Topical Reports on Louisiana Salt Domes, ONWI-417: 87-110, 10 fig.; Columbus/Ohio.
- THURRY, M. & ZUIDEMA (1988): Die Bedeutung der Geologie für die Endlagerung. - Nagra informiert 3/88: 13-20, 4 Abb.; Baden/Schweiz.
- TRUSHEIM, F. (1957): Über Halokinese und ihre Bedeutung für die strukturelle Entwicklung Norddeutschlands. - Z. dt. geol. Ges., 109: 111-151, 14 Abb.; Hannover.
- TRUSHEIM, F. (1971): Zur Bildung der Salzlager im Rotliegenden und Mesozoikum Mitteleuropas. - Beih. Geol. Jb., 112: 51 S., 10 Abb., 2 Tab., 6 Taf.; Hannover.
- TRUSHEIM, G. (1963): Zur Gliederung des Buntsandsteins. - Erdöl-Z., 79, 7: 277-292; Wien.
- US BUREAU OF MINES (1993): Mineral commodity summaries 1993. - US Department of the Interior, Bureau of Mines, 202 p., 4 fig., several tab., 4 plates; Washington, DC.
- VALETON, I. (1960): Vulkanische Tuffiteinlagerungen in der nordwestdeutschen Oberkreide. - Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 29: 26-41; Hamburg.
- VIETE, G. (1957): Kritische Bemerkungen zur Bestimmung der pleistozänen Inlandeismächtigkeit mit Hilfe von Drucksetzungsmessungen. - Eiszeitalter und Gegenwart, 8: 97-110, 1 Abb., 2 Tab.; Öhringen/Württemberg.
- VINKEN, R. (1971): Geol. Karte Niedersachsen 1 : 25 000, Erl. Bl. Dingelbe Nr. 3826, 225 S., 31 Abb., 23 Tab., 1 Taf., 2 Kt. + Ergänzungsheft, 189 S.; Hannover.
- VINKEN, R., & GRAMANN, F., & JORDAN, R. (1974): Der obere Jura (Malm) des Hildesheimer Jurazuges. - Geol. Jb., A 23: 3-56, 2 Abb., 4 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- VINKEN, R., u. Mitarbeiter (1988): The Northwest European Tertiary Basin. - Geol. Jb., A 100: 7-508, 267 fig., 3 tab., 7 maps; Hannover.
- VOIGT, E. (1963): Über Randtröge vor Schollenrändern und ihre Bedeutung im Gebiet der Mitteleuropäischen Senke und angrenzender Gebiete. - Z. dt. geol. Ges., 114 (1962), 2: 378-418, 15 Abb.; Hannover.

- WACHENDORF, H., & ERNST, G. (1968): Feinstratigraphisch-fazielle Analyse der "Schaumkalkserie" des Unteren Muschelkalkes im Elm. - Gerhard-Keller-Festschrift 1968: 165-205, 7 Abb., 2 Tab., 6 Taf.; Hannover.
- WEISE, S., & WOLF, M., & RAUERT, W., & FABER, P. (1991): Datierung sehr alter Grundwässer mit Edelgas-Isotopenmethoden. - GSF-Jahresbericht 1991, GSF-HY 1/92: 225-232, 3 Abb.; Neuherberg.
- WERNER, J. (1990): Zur Frage der Gebirgsdurchlässigkeit toniger Gesteinsserien aufgrund von Beobachtungen an oberflächennahen und tiefen Grundwässern. - Z. dt. geol. Ges., 141: 301-305, 2 Abb.; Hannover.
- WESTERMANN, G. (1957): Schichtlücken und Diskordanzen im Dogger. - Z. dt. geol. Ges., 109: 271-273; Hannover.
- WILKE, H., & EHLERS, J. (1983): The thrust moraine of Hamburg-Blankenese. - In: EHLERS, J. (1983): Glacial Deposits in North-West Europe, 331-333, 3 fig.; Rotterdam.
- WILL, H.-J. (1969): Untersuchungen zur Stratigraphie und Genese des Oberkeupers in Nordwestdeutschland. - Beih. Geol. Jb., 54: 240 S., 50 Abb., 4 Taf.; Hannover.
- WOICK, R. (1986): Sedimentologie und Diagenese des Lias alpha am Westrand des Gifhorner Troges. - Diss. TU Clausthal, X + 303 S., 66 Abb., 19 Tab., 4 Taf., 5 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- WOLDSTEDT, P. (1932a): Erläuterungen zu Blatt Vechelde der Geologischen Karte von Preußen etc., 1 : 25 000, 39 S., 1 Abb.; Berlin.
- WOLDSTEDT, P. (1932b): Erläuterungen zu Blatt Wendeburg der Geologischen Karte von Preußen etc., 1 : 25 000, 38 S., 1 Abb.; Berlin.
- WOLDSTEDT, P. (1933): Erläuterungen zu Blatt Lesse der Geologischen Karte von Preußen etc., 1 : 25 000, 48 S., 1 Abb.; Berlin.
- WOLDSTEDT, P. (1954): Das Eiszeitalter. Grundlinien einer Geologie des Quartärs. - Band I, 328 S., 136 Abb., 4 Tab.; Stuttgart.
- WOLDSTEDT, P., & DUPHORN, K. (1974): Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. - 3. Aufl., XII + 500 S., 91 Abb., 26 Tab.; Stuttgart.
- WOLFF, W. (1940): Magnetische Untersuchungen über ein Basaltvorkommen am Salzstock von Rolfsbüttel. - Beitr. z. angew. Geophys., 8: 78-84, 2 Abb.; Leipzig.

- WREDE, V. (1988): Der nördliche Harzrand - flache Abscherbahn oder wrench-fault-system. - Geol. Rundsch., 77, 1: 101-114, 11 Abb.; Stuttgart.
- WUNDERLICH, H. G. (1973a): Grundzüge der alpidischen Geodynamik West-Europas. - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1973: 99-112, 4 Abb.; Stuttgart.
- WUNDERLICH, H. G. (1973b): Das Bewegungsbild der Erdkruste. - N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1973: 113-128, 5 Abb.; Stuttgart.
- WUNDERLICH, H. G. (1973c): Plattentektonik in kritischer Sicht. - Z. dt. geol. Ges., 124, 1: 309-328, 6 Abb.; Hannover.
- WURSTER, P. (1964): Geologie des Schilfsandsteins.- Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 33: 140 S., 57 Abb., 4 Taf.; Hamburg.
- YOUNG, A. (1969): Present rate of land erosion. - Nature, 224: 851-852, 2 fig.; Basingstoke.
- ZEINO-MAHMALAT, M.-H. (1970): Die Geologie der Mittelrät-Schichten von Velpke. - Mitt. geol. Inst. TU Hannover, 9: 3-40, 6 Abb., 2 Taf.; Hannover.
- ZIEGLER, P. A. (1982): Geological Atlas of Western and Central Europe. - Shell Int. Petroleum Maatschappij BV, 130 p., 39 fig., 40 plates; Amsterdam.
- ZIEGLER, P. A. (1987): Late Cretaceous and Cenozoic intra-plate compressional deformations in the Alpine foreland - a geodynamic model. - Tectonophysics, 137: 389-420, 11 fig.; Amsterdam.
- ZIEGLER, P. A. (1989): Geological evolution of northern Germany - a plate tectonic review. - Nachr. Dt. Geol. Ges., 41: 81-82; Hannover.
- ZUNCKE, G. (1957): Zur Stratigraphie und Tektonik der Dorm-Rieseberg-Achse. - Diss. TH Braunschweig, 101 S., zahlr. Abb., 1 Taf.; Braunschweig.

## 5.2 Berichte [Unveröff.]

[1975]: Hydrogeologischer Bericht über die Arbeiten zur Grundwasserschließung südöstlich Gifhorn. - NLfB-Bericht, Archiv-Nr. 69 858, 9 S., 15 Anl.; Hannover.

[1985]: NAMMU User Guide, Harwell Rep., AERE-R. 11364, Her Majesty's, Stationary Off.; London.

[1988]: Konrad 101 - Petrographisch-geochemische Aspekte. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 770, 13 S., 42 Abb., 1 Tab.; Hannover.

[1985a]: Hydrogeologisches Modell. Zusammenstellung geologischer, hydrogeologischer und tektonischer Grundlagen. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2242.06, AP-Nr. 1, 115 S., 43 Abb., 20 Tab., Anhang A und B; Braunschweig.

[1985b]: Hydrogeologisches Modell. Räumliche Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse für Modellrechnungen und für die Bewertung der Langzeitbarrierewirkung des Gebirges. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2242.06, AP-Nr. 2, 59 S., 40 Abb., 4 Tab.; Braunschweig.

[1988]: Permafrost in Nordeuropa und Genese glazialer Rinnen während Glazialstadien. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 486, 19 S., 10 Abb.; Hannover.

[1990]: Durchlässigkeitsänderungen im Deckgebirge der Schachanlage Konrad. - Deutsche Montantechnologie für Rohstoffe, Energie, Umwelt (DMT), 2 S.; Essen.

[1992a]: Gutachterliche Stellungnahme zum Nachweis der Dichtigkeit der alten Bohrungen. Entwurf. - Braunschweig, 21 S.; Braunschweig.

[1992b]: Gutachterliche Stellungnahme zum Nachweis der Machbarkeit der Schachtverfüllung. Entwurf. - Braunschweig, 41 S., 2 Tab., 5 Anl.; Braunschweig.

[1989]: Hydrogeologische Vorgaben für Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit (Modellgebiet Grube Konrad), Stand 28.02.89. - NLfB-Bericht, Archiv-Nr. 104 798, 3 S., 2 Abb., 2 Tab., 5 Anl.; Hannover.

[1990a]: Hydrogeologische Vorgaben für Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit (Modellgebiet Grube Konrad), Stand: 05.10.1990. - NLfB-Bericht, Archiv-Nr. 107 447, 39 S., 2 Abb., 2 Tab., 5 Anl.; Hannover.

[1990b]:  
Transportdaten für Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit  
(Modellgebiet Grube Konrad) Stand: 05.10.1990. - NLfB-  
Bericht, Archiv-Nr. 107 478, 36 S., 33 Anl.; Hannover.

[1986]: Geowissenschaftliche Vorsorgeuntersuchungen zur  
Standortfindung für die Ablagerung von Sonderabfällen. -  
NLfB-Bericht, Archiv-Nr. 92 117, 144 S., 36 Abb., 18 Tab.,  
1 Anl.-Gruppe; Hannover.

[1990]: Stellungnahme zum PTB-Bericht von  
vom 10.9.1989 - Herkunft der Tiefenwässer in der  
Schachtanlage Konrad/Salzgitter aufgrund hydrochemischer und  
isotopenhydrologischer Untersuchungen. - NLfB-Bericht,  
Archiv-Nr. 113 074, 3 S.; Hannover.

[1989]: Nachweis der Langzeitsicherheit des vorgesehe-  
nen Endlagerbergwerks Konrad - Anmerkungen zum gegenwärtigen  
Stand der Untersuchungen. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 106 258,  
6 S.; Hannover.

[1971]: Gutachtliche hydrogeologische Stellung-  
nahme zur Bemessung eines Trinkwasserschutzgebietes für das  
Wasserwerk Lamme. - NLfB-Bericht, Archiv-Nr. 14 499;  
Hannover.

[1990]: Langzeitsicherheitsanalysen für das Endlager Konrad -  
Grundwassermodellrechnungen mit dem Programm NAMMU auf der  
Basis der Daten des hydrogeologischen Gutachters NLfB. -  
Zwischenbericht, Textband 3/90 (GRS-A-1729): 31 S.; Köln.

[1990]: Langzeitsicherheitsanalysen für das Endlager Konrad -  
Grundwassermodellrechnungen mit dem Programm NAMMU auf der  
Basis der Daten des hydrogeologischen Gutachters NLfB. -  
Zwischenbericht, Tabellen u. Bilderband 3/90 (GRS-A-1729 I):  
145 Abb., 9 Tab.; Köln.

[1982]: Untersuchungen an Versatz- und Verschlußstoffen für  
ein untertägliches Endlager. - GSF-Bericht, T-154: 68 S.,  
10 Abb., 45 Tab.; Neuherberg.

[1982]: Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die  
Endlagerung radioaktiver Abfälle. - Abschlußbericht GSF,  
T-136, Bd. 1+2 ; Neuherberg.

[1986]: Untersuchungen zur Einlagerung von radioaktiven Ab-  
fällen in Festgesteinen. - Jahresbericht 1986 der GSF, 82-88;  
Neuherberg.

[1982]: Forschungsvorhaben: Vertikalbewegungen und ihre  
Ursachen am Beispiel des Rheinischen Schildes. Teilprojekt  
Geothermik. - BGR-Schlußbericht, Archiv-Nr. 93 273, 50 S.,  
32 Abb., 9 Tab.; Hannover.

[1993]: Zur Palynologie des Oberen Jura in Nordwestdeutschland. - NLFb-Bericht, Archiv-Nr. 111 028, 37 S., 6 Abb., 1 Tab., 8 Taf., 20 Anl.; Hannover.

[1982]: SWIFT: The INTERA Simulator for Waste Injection, Flow and Transport: User's Manual for SWIFT, Version TUB/PTC, Release 3.82, 634D-01G-02, Revised for 634D-01C-02A on February 1986. [REDACTED], Houston/Texas.

[1985]: Geologische Auswertung reflexionsseismischer Messungen in der Umgebung der Schachanlage Konrad, Salzgitter. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 98 159, 26 S., 22 Anl.; Hannover.

[1981]: Grundlagen zur Geologie der Asse. - GSF-Bericht T 117, 92 S., 5 Tab.; Neuherberg.

[1991]: Erfassung und Archivierung des Grundwassermeßstellennetzes Konrad einschließlich Betriebs- handbuch zum MDS. Text- und Anlagenband. - BfS-Bericht, 103 S., 5 Abb., 2 Tab., 39 Anl.; Salzgitter.

[1989]: Stellungnahme zum Sachstandsbericht 1/89 "Hydrogeologie Konrad" des NLFb, S. 14: Aufsteigendes Tiefenwasser südöstlich von Gifhorn. - BGR-Bericht, Tgb.-Nr. 10 674/89, 3 S.; Hannover.

[1990]: Stellungnahme zur Auswirkung des Salinars im Mittleren Muschelkalk auf die Tiefenwasserhydraulik im Gebiet der Schachanlage Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 106 340, 35 S., 2 Tab.; Hannover.

[1984]: Hydrogeologie Konrad, erweiterter Bereich. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 96 603, 57 S., 1 Abb., 6 Tab., 25 Anl.; Hannover.

[1980]: Bestimmung des Inkohlungsgrades und der Illitkristallinität an Proben aus dem Schachtprofil der Eisenerzgrube KONRAD. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 86 721, 3 S., 2 Abb., 2 Tab.; Hannover.

[1993]: Langzeitsicherheitsanalysen für das Endlager Konrad. Grundwassermodellrechnungen mit dem Programm NAMMU. Text- und Anlagenbände. - GRS-Berichte, GRS-2050, 2051, 2052, 17 S., 93 Abb., 7 Tab.; Köln.

[1992]: Gutachterliche Stellungnahme zu den Antragsunterlagen für die Bereiche Bohr- und Spülungstechnik in Planfeststellungsverfahren Konrad. Nachweis der Langzeitstabilität. - TU Clausthal, Inst. für Tiefbohrtechnik, 12 S., 1 Tab.; Clausthal-Zellerfeld.

[1990]:  
Abschlußbericht über das Vorhaben Radionuklidmigration im Deckgebirge des Endlagerortes Gorleben. - Bericht Staatliches Forschungsinstitut für Geochemie, 323 S., 111 Abb., 326 Tab.; Bamberg.

[1992]: Planfeststellungsverfahren Grube Konrad: Langzeitsicherheit; Alte Bohrungen/Schachtverschluß; Gastransport; Datensatz: Probabilistische Modellrechnungen. - Schreiben vom 09.06.1992, Az. N3-2048/92.

[1993]: Planfeststellungsverfahren Grube Konrad: Langzeitsicherheit; Datensatz zur Modellierung der Schachtverschlüsse. - Schreiben vom 12.01.1993, Az. N3-4191/92.

[1961]: Gutachten über die Möglichkeiten der Grundwassererschließung im Planungsgebiet Harz/Heide. - NLfB-Bericht, Archiv-Nr. 16 850, 68 S.; Hannover.

[1985]: Tiefbohrung Konrad 101 - Laborbericht. - BGR-Bericht, 29 S., 22 Anl.; Hannover.

[1992]: Planfeststellungsverfahren KONRAD - probabilistische Rechnung zur Langzeitsicherheit. - BfS-Bericht, 2 S.; Salzgitter.

[1994]: Stellungnahme zu unbeabsichtigten menschlichen Einwirkungen auf das Endlager Konrad in der Nachbetriebsphase. - Bericht, 40 S., 5 Tab.; Hannover.

[1995]: Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad, Salzgitter. - Gutachten Teil 2 - Langzeitsicherheit (GK-LSG): 307 S.; Hannover. - [Entwurf]

[1990]: Grundwasserkonvektion an Salzstockflanken - Dokumentation von Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung mit variabler Dichte. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 107 372, 35 S., 19 Abb.; Hannover.

[1991]: Eine Parametervariation zu Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung mit variabler Dichte auf Modellschnitten in Norddeutschland - Dokumentation der Ergebnisse. Fachbericht zum Forschungsvorhaben KWA 58020 des BMFT. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 107 997, 23 S., 7 Abb.; Hannover.

[1987a]: Abschlußaufnahme des Oberkeuper-Lias-Grenzbereiches auf Schachtanlage Haverlahwiese des Salzgitter-Erzbergbaues. - NLfB-Bericht, Archiv-Nr. 103 415, 18 S., 4 Anl.; Hannover.

[1987b]: Querschlagsprofil der -75-m-Sohle von Schachtanlage Haverlahwiese 1 des Salzgitter-Erzbergbaues. - NLfB-Bericht, Archiv-Nr. 103 416, 12 S., 1 Anl.; Hannover.

### 5.3 Erläuternde Unterlagen [Unveröff.]

EU 0.05

HÜLSMANN, K.-H., & SCHÖNE-WARNEFELD, G. (1984): Schächte 1 und 2 der Eisenerzgrube Konrad in Salzgitter. - Gutachten der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, 132 S., 7 Abb., 1 Tab., 9 Anl.; Bochum.

EU 0.11

HÜLSMANN, K.-H., & SCHÖNE-WARNEFELD, G. (1986): Geowissenschaftliche Erkundung der Cornbrashzone im Bereich des Schachtes Konrad 2. - Stellungnahme der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, 7 S., 1 Abb.; Bochum.

EU 0.14

KULL, H. (1986b): Darstellung der Qualität der petro-physikalischen Laboruntersuchungen. - GSF-Bericht, 2 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.

EU 0.18

MÜLLER, K. (1985): Ermittlung von Gesteinsparametern im Rahmen des WBK-Gutachtens über Schacht Konrad I und II. - Bericht der TU Clausthal, 202 S., 65 Abb., 53 Taf., 2 Diagramme, 3 Tab., 1 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.

EU 8.2

GSF (1985): Hydrochemische Untersuchungen und Altersbestimmungen des oberflächennahen Grundwassers. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.06, AP 4, I. Bauabschnitt, 35 S., 7 Abb., 23 Tab.; Braunschweig.

EU 8.3

BUSCH, W. (1984): Quartärstratigraphie. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.14, AP 1, I. Bauabschnitt 1983/84, 69 S., 1 Abb., 3 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 15.1

BRASSER, T., & BUSCH, W. (1985): Langfristige Grundwasserbeobachtungen. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 4, 26 S., 2 Abb., 6 Tab., 11 Anl.; Braunschweig.

EU 15.2

BRASSER, T., & BUSCH, W. (1985): Kurzfristige Grundwasserbeobachtungen. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 5, 19 S., 1 Abb., 6 Tab., 8 Anl.; Braunschweig.

EU 15.3

BRASSER, T., & FABER, P., & BUSCH, W. (1985): Temperatur- und elektrische Leitfähigkeitsmessungen im oberflächennahen Grundwasser in halbjährigen Abständen. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.06, AP 2, 11 S., 1 Tab., 29 Anl.; Braunschweig.

EU 18.1

BRASSER, T., & BUSCH, W. (1985): Abflußverhältnisse der Vorfluter. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.01, AP 1, 54 S., 5 Abb., 19 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 18.2

BRASSER, T., & BUSCH, W., & FABER, P. (1985): Fließrichtung des Grundwassers im quartären Grundwasserleiter. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 7, 19 S., 10 Anl.; Braunschweig.

EU 18.3

BRASSER, T., & BUSCH, W. (1985): Grundwasser-Höhengleichenpläne. Dokumentation der Ergebnisse. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 8, 16 S.; Braunschweig.

EU 19

BRASSER, T., & BUSCH, W. (1985): Dokumentation, Abflüsse, oberirdische Einzugsgebiete. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.01, AP 5, 39 S., 3 Abb., 13 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 22

FLACH, D., & GOMMLICH, G. (1985): Seismische Daten: Auswertung der Seismogramme der als nicht künstlich erkennbaren Ereignisse und Bestimmung der seismischen Daten, Datensammlung 1984. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2218.02, AP 3, 25 S., 12 Abb., 3 Tab.; Braunschweig.

EU 23

BUSCH, W., & FABER, P., & RAUERT, W., & STICHLER, W., & WOLF, M. (1985): Hydrochemische Untersuchungen und Altersbestimmungen des oberflächennahen Grundwassers. - GSF-Bericht, LV-Nr. 22/9.06, AP 4, I. Bauabschnitt, 44 S., 7 Abb., 23 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 25.1

BUSCH, W. (1985): Wasserbilanz des Zweigkanals Salzgitter. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.01, AP 3, 62 S., 6 Abb., 13 Tab., 8 Anl.; Braunschweig.

EU 25.4

BUSCH, W. (1984): Wassergewinnung und Wasserabgabemengen. Pumpmenge Wasserwerk Hütte. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.03, AP 1, 75 S., 9 Abb., 4 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 27

KLINGE, H., & NEUMANN-REDLIN, C. (1985): Hydraulische Testarbeiten in der Bohrung Konrad 101. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 98 403, 61 S., 11 Abb., 3 Tab., 16 Anl.; Hannover.

EU 28.3

BUSCH, W. (1985): Erstellung von 7 Pegelbohrungen (Spülbohrungen) einschließlich Ausrüstung mit automatischen Pegelschreibern. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 1, II. Bauabschnitt, 51 S., 15 Abb., 6 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.

EU 29

BRASSER, T., & BUSCH, W. (1986): Wasserabgabemengen in die Vorfluter. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.01, AP 2, 59 S., 14 Abb., 20 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 30.1

BUSCH, W. (1984): Erstellen von 10 Pegelbohrungen (Spülbohrungen) einschließlich Ausrüstung mit automatischen Pegelschreibern. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 1, I. Bauabschnitt, 28 S., 22 Abb., 7 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.

EU 31.2

BUSCH, W. (1984): Erstellen einer Pegelbohrung (Trockenbohrung) einschließlich Ausrüstung mit automatischem Pegelschreiber. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 2, 34 S., 3 Abb., 3 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.

EU 32.1

MÜLLER, K., & KREUTZ, H., & ZIEGENMEYER, H., & MEIER, G.A. (1986): Ermittlung von Gesteinsparametern an Bohrkernen der Bohrung K 101. - TU Clausthal-Zellerfeld, Institut für Geologie und Paläontologie, Abschlußbericht zu TA-Nr. 2219.26, 2 Bände, 179 S., 98 Abb., 1 Tab.; Clausthal-Zellerfeld.

EU 32.2

MÜLLER, K., & KREUTZ, H., & ZIEGENMEYER, H., & MEIER, G.A. (1986): Radionuklidmigration II (Probenuntersuchung). Ermittlung von Gesteinsparametern an Bohrkernen der Bohrung K 101. - TU Clausthal-Zellerfeld, Institut für Geologie und Paläontologie, TA-Nr. 2242.16, 48 S., 1 Abb.; Clausthal-Zellerfeld.

EU 36.14

GOMMLICH, G. (1985): Lastannahme Erdbeben: Abschätzung seismischer Einwirkungen bei angenommenen Erdbeben im Nahbereich des Standortes Konrad. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2218.04, AP 3, 50 S., 18 Abb., 3 Tab.; Braunschweig.

EU 39.1

HÄNSEL, H. (1985): Felsmechanische Gesteinsparameter - Auswertung der felsmechanischen Laboruntersuchungen. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.12, AP 3, 140 S., 59 Abb., 18 Tab., 31 Anl.; Braunschweig.

EU 39.2

KULL, H., & HÄNSEL, H. (1985): Felsmechanische Gesteinsparameter - Probenahme für felsmechanische Laboruntersuchungen. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.12, AP 1, 24 S., 1 Tab., 31 Anl., Braunschweig.

EU 42.1

BUSCH, W. (1985): Lage des Grundwasserspiegels im Untersuchungsgebiet nach Aufgabe der Wasserhaltung durch die Stahlwerke Peine-Salzgitter AG. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 6, 15 S., 2 Abb., 2 Anl.; Braunschweig.

EU 42.2

BUSCH, W. (1985): Quartärstratigraphie. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.14, AP 1, II. Bauabschnitt, 64 S., 2 Abb., 3 Tab., 5 Anl.; Braunschweig.

EU 44

KULL, H. (1986): Felsmechanische Bohrungen - Durchführung begleitender petrophysikalischer Laboruntersuchungen. - GSF-Bericht, 25 S., 5 Tab., 7 Anl.; Braunschweig.

EU 50

BUSCH, W., & MÜLLER-LYDA, I. (1986): Radionuklidbestimmung an Wasserproben. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.06, AP 5, 17 S., 1 Abb., 2 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 52.1

LIEDTKE, L., & BRÄUER, V., & SPRADO, K. H., & MÜLLER, D. (1986): Durchströmungsversuche auf der Schachtanlage Konrad, Schacht 2, Schachtteufe 585 m, 595 m und 610 m. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 421, 15 S., 21 Anl.; Hannover.

EU 52.2

LIEDTKE, L. (1985): Durchströmungsversuche auf der Schachtanlage Konrad, Versuchsbericht. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 98 172, 4 S., 7 Abb.; Hannover.

EU 52.5

DELISLE, G., & GIESEL, W., & SCHILDKNECHT, F. (1986): Abschätzung der Durchlässigkeit des Oxford im Bereich der Grube Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 426, 11 S., 3 Abb.; Hannover.

EU 52.6

SCHELKES, K. (1986): Parameterstudien zur Grundwasserbewegung auf einem Modellschnitt vom Salzgitterhöhenzug zum Salzstock Calberlah, (Hydraulische Höhen, Fließwege, Fließzeiten). - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 98 994, 40 S., 8 Anl.-Gruppen; Hannover.

EU 53.1

BUSCH, W. (1985): Durchlässigkeitsbeiwerte. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.03, AP 2, I. Bauabschnitt 1983/84, 31 S., 29 Abb., 6 Tab., 35 Anl.; Braunschweig.

EU 53.2

BUSCH, W. (1985): Durchlässigkeitsbeiwerte. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.03, AP 2, II. Bauabschnitt 1985, 41 S., 9 Abb., 5 Tab., 12 Anl.; Braunschweig.

EU 53.3

BUSCH, W., & DROST, W. (1985): Fließrichtungs- und Fließgeschwindigkeitsbestimmungen im oberflächennahen Grundwasser. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.04, AP 1, 35 S., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 55

HÜSER, M., & NEUMANN-REDLIN, C. (1986): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad. Grundlagen der Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 131, 32 S., 1 Abb., 4 Tab., 27 Anl.; Hannover.

EU 62.1

KULL, H. (1986): Durchführung von petrophysikalischen Laboruntersuchungen - GSF-Bericht, LV-Nr. 2222.02, AP 2, 34 S., 6 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.

EU 63.1

SCHNIER, H. (1986): Ergebnisse der festigkeitsmechanischen Laboruntersuchungen im Schacht Konrad 2. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 467/II, 7 S., 3 Abb., 1 Anl.; Hannover.

EU 63.2

NEUMANN-REDLIN, C., & KLINGE, H. (1986): Untersuchungen an einer wasserführenden Kluft im Ort 300 der Grube Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 416, 26 S., 11 Abb., 3 Tab., 1 Anl.; Hannover.

EU 63.3

GERARDI, J. (1986): Bohrung Konrad 101, Teil I (Geologischer Bericht) und Teil II (Schichtenverzeichnis). - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 566, Teil I: 27 S., 12 Abb., 3 Taf., 10 Anl., Teil II: 47 S., 22 Tab.; Hannover.

EU 63.3

ECKARDT, F. J., & RÖSCH, H., & BESANG, C. (1989): Mineralogische und geochemische Untersuchungen an Gesteinsproben der Bhg. Konrad 101. - BGR-Laborbericht, 19 S., 7 Anl.; Hannover.

EU 73.2

FABER, P. (1986): Hydrochemische Untersuchungen und Altersbestimmungen des oberflächennahen Grundwassers. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.06, AP 4, II. Bauabschnitt, 50 S., 38 Tab.; Braunschweig.

EU 76.1

STORCK, R., & BÜTOW, E., & HEREDIA, L., & HOSSEIN, S., & KÜHLE, T., & LÜTKEMEIER-HOSSEINIPOUR, S., & NIES, A., & PRÖHL, G., & STRUCK, S. (1986): Langzeitsicherheitsanalyse des Endlagers Konrad: Nuklid Ausbreitung in der Nachbetriebsphase. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2242.03, 290 S., 50 Abb., 58 Tab., 1 Anhang; Braunschweig.

EU 81.1

SCHNIER, H. (1986a): Ergebnisse der festigkeitsmechanischen Laboruntersuchungen an Gesteinsproben aus dem Hangend- und Liegend-Bereich der Grube Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 467/I, 18 S., 17 Abb., 14 Tab., 8 Anl.; Hannover.

EU 81.3

ALHEID, H.-J. (1986): Wechselwirkung zwischen seismischen Wellen und untertägigen Hohlräumen (Kenntnisstand). - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100 029, 35 S., 15 Abb., 1 Tab.; Hannover.

EU 81.4

ALHEID, H.-J. (1986): Seismische Lastannahme für unter Tage, Ableitung der Bewegungsgrößen unter Tage. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 586, Rev. 1, 59 S., 28 Abb., 6 Tab.; Hannover.

EU 82

FABER, P. (1986): Schichtenverzeichnisse und Ausbaudaten von Bohrungen im oberflächennahen (quartären) Grundwasserleiter. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2272.02, AP 1, 305 S., 114 Anl.; Braunschweig.

EU 85.1

FLACH, D., & GOMMLICH, G. (1986): Seismische Daten: Auswertung der Seismogramme der als nicht künstlich erkennbaren Ereignisse und Bestimmung der seismischen Daten, Datensammlung 1983. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2218.02, AP 3, 16 S., 12 Abb., 4 Tab.; Braunschweig.

EU 90.1

FABER, P. (1985): Hydrochemische Untersuchungen und Altersdatierungen an tiefen Grundwässern aus Pumpensämpfen und Tropfstellen im Grubengebäude. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.05, AP 3, 12 S., 1 Abb., 7 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 90.2

FABER, P. (1985): Radionuklidbestimmung und Altersdatierung an tiefen Grundwässern aus den Träufelrinnen aus der Tiefbohrung Konrad 101. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.05, AP 5, 10 S., 1 Abb., 2 Tab.; Braunschweig.

EU 93.5

KOPIETZ, J., & JUNG, R. (1986): Temperaturmessung in der Bohrung Konrad 101. - Bericht zum BMFT-Forschungsvorhaben KWA 53090, BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 127, 13 S., 1 Tab., 9 Abb.; Hannover.

EU 95.1

FABER, P. (1986): Hydrochemische Untersuchungen und Altersdatierungen an tiefen Grundwässern aus den Träufelrinnen des Schachtes Konrad 2. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.05, AP 1, 26 S., 1 Abb., 12 Tab., 38 Anl.; Braunschweig.

EU 95.2

FABER, P. (1985): Analysenergebnisse von Gruben- und Schachtwässern der Schachanlage Konrad vor Aufnahme des PTB-Untersuchungsprogramms. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.05, AP 6, 111 S., 74 Tab., 38 Anl.; Braunschweig.

EU 97

HÄNSEL, H., & KULL, H. (1986): Felsmechanische Gesteinsparameter in Erkundungsstrecken - Teilaufgabe 2222.02 - Arbeitspaket Nr. 3 - Probenahme und Durchführung felsmechanischer Laboruntersuchungen. - GSF-Bericht, 13 S., 2 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.

EU 99.1

MÜLLER, K. (1986): Bestimmung felsmechanischer Gesteinsparameter. - Bericht der TU Clausthal, 15 S., 3 Abb., 6 Tab.; Clausthal-Zellerfeld.

EU 99.2

SCHNIER, H. (1986): Ergebnisse von festigkeitsmechanischen Laboruntersuchungen an Gesteinsproben aus dem Oxford und Kimmeridge des Nahbereichs der Grube Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 467/III, 21 S., 24 Abb., 16 Tab., 8 Anl.; Hannover.

EU 100

STORK, G.-H., & GERARDI, J. (1987): Geophysikalische Messungen und Bohrungen am Salzstock Rolfsbüttel-Wendeburg. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 936, 16 S., 5 Abb., 4 Anl.; Hannover.

EU 102

ALHEID, H.-J. (1986): Parameterstudien zum Einfluß von Anregungsart, Hohlraumgeometrie, Auflockerungszone und Ankerung auf die Wechselwirkungen zwischen seismischen Wellen und untertägigen Hohlräumen. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100 437, 67 S., 35 Abb., Anhang; Hannover.

EU 104

FABER, P. (1987): Grundwasserstandsdaten von Beobachtungs- und Referenzmeßstellen während der Kurzzeitpumpversuche in den Meßstellen des I. und II. Bauabschnittes, 2. Bericht. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2272.02, AP 1, 194 S., 3 Tab., 11 Anl.-Gruppen; Braunschweig.

EU 105

FLACH, D., & GOMMLICH, G. (1986): Seismische Daten: Auswertung der Seismogramme der als nicht künstlich erkennbaren Ereignisse und Bestimmung der seismischen Daten, Datensammlung 1979-1982. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2218.02, AP 3, 24 S., 42 Abb., 2 Tab.; Braunschweig.

EU 111

LIEDTKE, L., & BRÄUER, V., & SPRADO, K. H., & MÜLLER, D. (1987): Durchströmungsversuche auf der Schachtanlage Konrad, Ort 300 - Schacht 1. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100 295, 11 S., 2 Tab., 49 Anl.; Hannover.

EU 112.1

FABER, P. (1986): Hydrochemische Untersuchungen und Altersdatierungen an tiefen Grundwässern aus Klüften. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.05, AP 4, 95 S., 82 Tab., 1 Anl.; Braunschweig.

EU 112.2

GERARDI, J. (1987): Bohrungen am Heidberg bei Adersheim. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 99 935, 54 S., 3 Abb., 19 Anl.; Hannover.

EU 113.4

TITTEL, G., & HOLLMANN, A., & STIER-FRIEDLAND, G., & WARNECKE, E. (1986): Ableitung von Sorptionsdaten aus experimentellen Untersuchungen - Schachtanlage Konrad. - PTB-Bericht, 52 S., 15 Tab.; Braunschweig.

EU 114

FABER, P., & RAUERT, W., & STICHLER, W., & WOLF, M. (1986): Auswertung und Interpretation der Meß- und Analysenergebnisse quartären Grundwassers. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.06, AP 6, 54 S., 4 Abb., 4 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.

EU 116

BUSCH, W., & FABER P. (1986): Hydrochemische Untersuchungen und Altersdatierungen an tiefen Grundwässern aus Bohrungen zur Erkundung des Schachtausbaues. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.05, AP 2, 31 S., 24 Tab., 6 Anl.; Braunschweig.

EU 120

MÜLLER, A. (1987): Probenuntersuchungen an Lager-Begrenzungsbohrungen der Schachanlage Konrad. - Bericht der TU Clausthal, 194 S., 101 Abb., 11 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.

EU 123

FABER, P., & RAUERT, W., & STICHLER, W., & WOLF, W. (1986): Chemismus tiefer Grundwässer. Hydrochemische Untersuchungen und Altersdatierungen an tiefen Grundwässern aus dem Nahbereich der Schachanlage Konrad. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.05, AP 7, 52 S., 9 Anl.; Braunschweig.

EU 124.1

KIM, J., & DIENSTBACH, F., & HÄMMERLE, M. (1986): Redoxpotential und pH-Bestimmungen an Auslauglösungen zementierter Abfallprodukte im geologischen Milieu Konrad. - TU München, Institut für Radiochemie, 25 S., 9 Abb., 11 Tab.; München.

EU 124.2

BRUNNER, H., & GANSER, B., & LEICHT, R. (1985): Aktivitätsfreisetzung aus Abfallgebinden als Funktion der Zeit. - NUKEM, PTB-TA-Nr. 2231.01, 30 S., 3 Anh.; Hanau.

EU 125.7

KLOTZ, D., & LANG, M., & MOSER, H. (1985): Experimentelle Untersuchungen zur Radionuklidmigration in der Umgebung des geplanten Endlagers für radioaktive Abfälle in der Schachanlage Konrad. Untersuchungsprogramm I. - GSF-Bericht, lfd. Nr. 34/85, 96 S., 30 Abb., 27 Tab.; München.

EU 125.8

KLOTZ, D., & LANG, H., & MOSER, H. (1987): Experimentelle Untersuchungen zur Radionuklidmigration in der Umgebung des geplanten Endlagers für radioaktive Abfälle in der Schachanlage Konrad. Untersuchungsprogramm II. - GSF-Bericht, lfd. Nr. 35/86, 72 S., 25 Abb., 19 Tab.; München.

EU 135.1

BUSCH, W. (1984): Analysen quartären Grundwassers, Arbeitspaket Nummer 1, I. und II. Bauabschnitt 1983/84, Sanierung von 13 Grundwassermeßstellen. - GSF-Bericht, 23 S., 28 Abb., 20 Tab., 3 Anl.; Braunschweig.

EU 135.2

BUSCH, W. (1984): Grundwasserhöhengleichenpläne - I. und II. Bauabschnitt, Sanierung von 4 Grundwassermeßstellen. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 3, 48 S., 6 Abb., 8 Tab., 3 Anl., ; Braunschweig.

EU 135.3

P+S (1987): Auflistung der beobachteten Wasserzutrittstellen in den untertägigen Vortrieben der Schachanlage Konrad ab Oktober 1983. - P+S, 30 S., 1 Anl.; Salzgitter.

EU 137.1

KIM, J., & DIENSTBACH F., & HÄMMERLE, M. (1987): Eh/pH-Messungen und Sorptionsuntersuchungen von Np, Pu und Tc an zementhaltigen geologischen Proben im Grubengebäude Konrad. - TU München, Institut für Radiochemie, 20 S., 16 Abb., 14 Tab.; München.

EU 137.2

PTB (1987): Vergleichende Bewertung der mit Sedimenten aus Deckgebirge und Nebengestein der Schachanlage Konrad durchgeführten Sorptionsexperimente. - PTB-Bericht, 9 S.; Braunschweig.

EU 137.3

BGR (1987): Stellungnahme zur Auswahl der Sedimentproben für Sorptionsexperimente. - BGR-Bericht, 5 S., 1 Abb., 1 Tab.; Hannover.

EU 138

KIM, J., & DIENSTBACH, F., & BIREBENT, G., & CISNEROS, R., & HÄMMERLE, M., & SCHILLER, J. (1985): Nuklidmigration (Np, Pu, Am, Tc) im Deckgebirge des Endlagerortes Konrad. - TU München, RCM 03585, 164 S., 42 Abb., 126 Tab.; München.

EU 139.1

MEIER, H., & ZIMMERHACKEL, E., & ZEITLER, G., & MENGE, P., & HECKER, W. (1984): Bestimmung des Sorptions-/Desorptionsverhaltens ausgewählter Radionuklide (U, Th, Ra u.a.) an repräsentativen Gesteinen für den Standort Schachanlage Konrad. - Staatliches Forschungsinstitut für Geochemie, 139 S., 70 Abb., 40 Tab.; Bamberg.

EU 139.2

MEIER, H., & ZIMMERHACKEL, E., & ZEITLER, G., & MENGE, P., & HECKER, W. (1985): Bestimmung des Sorptions-/Desorptionsverhaltens ausgewählter Radionuklide (U, Th, Ra u.a.) an repräsentativen Gesteinen für den Standort Schachanlage Konrad. - Staatliches Institut für Geochemie, 150 S., 37 Abb., 76 Tab.; Bamberg.

EU 139.3

SFG (1987): Anlage zu den Konrad-Berichten vom Dezember 1984 und 1985 mit dem Thema "Bestimmung des Sorptions-/Desorptionsverhaltens ausgewählter Radionuklide (U, Th, Ra u.a.) an repräsentativen Gesteinen für den Standort Schachanlage Konrad". - Staatliches Forschungsinstitut für Geochemie, 5 S.; Bamberg.

EU 140

BRÜHL, H., & KLUSMANN, H., & LANGE, D., & TRAPP, C. (1985): Probenahme von repräsentativen Gesteinen und Wässern für den Standort Schachanlage Konrad. Experimentelle Untersuchungen zum Sorptions-/Desorptionsverhalten der Gesteine für die Radionuklide Selen, Zirkon/Niob und Technetium. - TU Berlin, Institut für Angewandte Geologie, 194 S., 103 Abb., 99 Tab.; Berlin.

EU 146

VIERHUFF, H., & KLINGE, H., & HÜSER, M. (1987): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad, Erläuternde Stellungnahmen zu Nachforderungen des NLfB (Schreiben des NLfB vom 09.04.87). - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 101 314, 19 S., 6 Anl.-Gruppen; Hannover.

EU 147

GRÜNEBERG, G. (1987): Tiefbohrungen im modellierten Gebiet der Ausbreitungsrechnungen KONRAD. - PTB-Bericht, 9 S., 8 Abb., 1 Tab., 127 Anl.; Braunschweig.

EU 151

BUSCH, W., & DROST, W. (1986): Fließrichtungs- und Fließgeschwindigkeitsbestimmung im oberflächennahen Grundwasser. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.04, AP 1, II. Bauabschnitt, 47 S., 5 Abb., 7 Tab., 2 Anl.; Braunschweig.

EU 155

BRASSER, T. (1987): Aktualisierung der Grundwasser-Höhengleichenpläne. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2219.02, AP 11, 18 S., 1 Abb., 3 Tab., 2 Anl.; Braunschweig.

EU 156

LEYDECKER, G. (1987): Messungen der seismischen Bodenunruhe im Umfeld der Grube Konrad zum Auffinden eines geeigneten Seismometerstandortes. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100 386, 8 S., 4 Abb., 2 Tab.; Hannover.

EU 164

BGR (1987): Stellungnahme zur Auswahl der Grundwässer für Sorptionsexperimente. - BGR-Bericht, 10 S., 2 Abb., 3 Tab.; Hannover.

EU 169

FABER, P. (1987): Überwachung der Grubenwassermengen und Erstellung einer verfeinerten Wasserbilanz des Jahres 1984 für die Schachtanlage Konrad unter Einbeziehung der GSF-Klimameßstation. - Zwischenbericht, GSF-Bericht, LV-Nr. 2242.07, AP 1, 26 S., 5 Abb., 1 Tab.; Braunschweig.

EU 178

GERARDI, J. (1988): Schachtanlage Konrad. Bericht über die untertägige Erkundung, Teil I - Geologischer Bericht; Teil II - Anlagenband. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100 586, 52 S., 9 Abb., 6 Tab., 10 Taf., 30 Anl.; Hannover.

EU 181

MÜLLER, K., & WIECHA, A., & MEIER, G.-A. (1988): Ermittlung von Gesteinsparametern an der "Cornbrash" - Bohrung. (Bericht zum PTB - Auftrag 9K, PSP-Nr. 34522.32). - TU Clausthal-Zellerfeld, Abteilung für Erdölgeologie, 48 S., 26 Abb., 1 Tab.; Clausthal-Zellerfeld.

EU 182

FLACH, D., & GOMMLICH, G. (1987): Seismische Daten: Auswertung der Seismogramme der als nicht künstlich erkennbaren Ereignisse und Bestimmungen der seismischen Daten, Datensammlung 1985. - GSF-Bericht, LV-Nr. 2218.02, AP 3, 10 S., 24 Abb., 2 Tab.; Braunschweig.

EU 189

LIEDTKE, L., & MÜLLER, D., & SPRADO, K.-H. (1988): Versuchsbericht Durchströmungsversuch auf der Schachtanlage Konrad, Schacht 2, 3. Sohle, Bohrung 3/149. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 395, 9 S., 28 Anl.; Hannover.

EU 193

ARENS, G., & HOSSAIN, S., & KÜHLE, T., & LÜTKEMEIER-HOSSEINIPOUR, S., & STORCK, R. (1988): Modellrechnung zur Grundwasserbewegung mit dem Programm SWIFT für ein alternatives hydrogeologisches Modell für das Endlager Konrad. - GSF-Bericht, LV-Nr. 9K/352126.38, 22 S., 13 Abb., 16 Tab.; Braunschweig.

EU 197

KLINGE, H. (1988): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad. Grundlagen der Modellrechnungen für ein alternatives hydrogeologisches Modell zur Langzeitsicherheit. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 265, 15 S. + 61 S. Anhang, 2 Tab., 18 Anl.; Hannover.

EU 199

WAGNER, W. (1988): Hydraulische Kennwerte im Gebiet der Grube Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 690, 20 S., 7 Tab.; Hannover.

EU 200

SONNTAG, C. (1988): Isotopenuntersuchungen an tiefen Grundwässern aus der Schachtanlage Konrad/Salzgitter. - erstellt im Auftrag der PTB, TA-Nr. 9K/5321.32, 29 S., 7 Abb., 4 Tab.; Eppelheim.

EU 201

VOGEL, P. (1988): Gültigkeitsbereiche des Darcy-Gesetzes für poröse und klüftige Gesteine im Hinblick auf Durchsatz von Wasser und Inhaltsstoffen. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 560, 16 S., 5 Abb.; Hannover.

EU 201.2

VOGEL, P. (1988): Modellbetrachtungen zur Gültigkeit des Darcy-Gesetzes in den Kluftwasserleitern der Grube Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 967, 9 S., 3 Abb.; Hannover.

EU 201.3

STORK, G.-H. (1988): Abschätzung der mittleren Abstände von Trennflächen für Kluftwasserleiter im Gebiet der Schachtanlage Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 968, 11 S., 1 Anl.; Hannover.

EU 202

BORNHORST, A. kleine (1988): Schachtanlage Konrad, Gefügestatische Untersuchungen. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 458, 105 S., 93 Abb., 44 Tab.; Hannover.

EU 206

ARENS, G., & STORCK, R. (1988): Grundwasserrechnung mit veränderter Geologie für das Gebiet Konrad. - PTB-Bericht, 14 S., 4 Abb., 9 Tab., LV-Nr. 352127.30; Braunschweig.

EU 210

GILBY, D., & HAGENBUCHER, T., & HÜRLIMANN, W., & JOB, D., & KLEMENZ, W., & RESELE, G., & SCHINDLER, M. (1988): Schachtanlage Konrad, Salzgitter. Modellrechnungen mit dem Programm FEM 301 für ein alternatives geologisches/hydrogeologisches Modell. - Motor Columbus Ingenieurunternehmung AG, 73 S., 17 Abb., 34 Tab., 3 Anh.; Baden/Schweiz.

EU 212

REUTTER, E., & KRUGGEL, A. (1988): Gutachten zur Grundwasserbilanz für den Salzgitter Höhenzug. - Institut für angewandte Hydrogeologie, 32 S., 2 Abb., 6 Anl.; Garbsen.

EU 213

GIESEL, W., & SCHELKES, K. (1988): Zum Einfluß hochsaliner Porenwässer auf die Grundwasserströmung. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 758, 12 S., 4 Abb.; Hannover.

EU 214

TITTEL, G. (1988): Stellungnahme zum NlFB-Bericht "Stellungnahme zur Ableitung von Sorptionsdaten für Radionuklide aus experimentellen Untersuchungen im Bereich (Modellgebiet) der Schachtanlage Konrad". - PTB-Stellungnahme zum NlFB-Bericht (Archiv-Nr.: 103 692), 22 S., 1 Tab.; Braunschweig.

EU 216.1

WAGNER, W. (1988): Ableitung hydraulischer Kennwerte für das hydraulische Modellgebiet Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 103 975, 31 S., 1 Tab.; Hannover.

EU 216.2

REUTTER, E., & SOBANSKI, R. (1988): Repräsentative hydraulische Parameter für den Bereich der Grube Konrad. - Institut für angewandte Hydrogeologie, 71 S., 21 Abb., 4 Tab., 3 Anl.; Garbsen.

EU 227

BGR (1988): Stellungnahme zu NlFB - Nachforderung "Repräsentativität der Proben und Übertragbarkeit der Laborexperimente". - BGR-Bericht, 8 S.; Hannover.

EU 232

GERARDI, J. (1988): Geologischer Bericht Revision von Tiefbohrungen. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100 547, 41 S., 1 Abb., 5 Tab., 27 Anl.; dazu 6 Bände mit Schichtenverzeichnissen; Hannover.

EU 232

GERARDI, J. (1989): Nachträge zum Bericht Revision von Tiefbohrungen (Ergänzungen und Korrekturen). - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 100 547/8, 57 S., 2 Abb., 3 Tab., 13 Anl.; Hannover.

EU 243

FABER, P. (1989): Überwachung der Grubenwassermengen und Erstellung einer verfeinerten Wasserbilanz des Jahres 1985 - April 1987 für die Schachanlage Konrad unter Einbeziehung der GSF-Klimameßstation. - GSF-Abschlußbericht, LV-Nr. 2242.07, AP 2, Wasserbilanz, 54 S., 160 Abb., 62 Tab., 5 Anl.; Braunschweig.

EU 247

KLINGE, H., & MANDL, J., & SCHELKES, K. (1988): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad. Erläuternde Stellungnahmen zu den Nachforderungen des NLfB (HY 33, 40, 46.2). - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 104 423, 34 S., 7 Abb., 4 Tab., 4 Anl.; Hannover.

EU 248

KLINGE, H. (1988): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad. Hydrochemie der Tiefenwässer aus der Grube Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 104 422, 68 S., 27 Abb., 1 Tab., 2 Anh.; Hannover.

EU 252

BGR (1989): ELAN-Auswertungen der Bohrungen Rühme 68-71 und Konrad 101 (überarbeitete Fassung vom 14.03.1989). - BGR-Bericht, 13 S., 5 Anl.; Hannover.

EU 257

STORK, G.-H. (1989): Fernerkundung im Bereich der Schachanlage Konrad (Gebiet des hydrogeologischen Modells). - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 104 521, 24 S., 9 S. Anhang, 3 Anl.; Hannover.

EU 273

MÜLLER, W. (1990): Systemanalyse Konrad, Teil 3: Gasbildung im Endlager Konrad während der Betriebsphase, Revision 2. - GRS-Bericht, A-1528, 33 S.; Köln.

EU 275

GERARDI, J. (1989): Stellungnahme zu GEO 16 (= HY 46.1) "Mächtigkeit und Verbreitung des Dogger beta - Sandstein im Modellgebiet". - BGR-Bericht, Tgb.-Nr. 10 933/89, 15 S., 1 Tab., 2 Anl.; Hannover.

EU 295

WAGNER, W. (1989): Hydrogeologische Bewertung von Logauswertungen aus Bohrungen Konrad 101 und Rühme 68, 69, 70 und 71. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 105 449, 18 S., 2 Abb., 2 Tab.; Hannover.

EU 301

SONNTAG, C. (1989): Herkunft der Tiefengrundwässer in der Schachanlage Konrad/Salzgitter aufgrund hydrochemischer und isotopenhydrologischer Untersuchungen. - PTB-Bericht, lfd. Nr. 301, 42 S., 15 Abb., 1 Tab.; Braunschweig.

EU 307

BRÄUER, V., & DIEKMANN, N., & GERARDI, J., & HEUSERMANN, S., & LIEDTKE, L., & MEISTER, D., & SCHNIER, H. (1989): Geologische und geotechnische Untersuchungen im Versuchsfeld 5/1 der Schachanlage Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 105 842, 66 S., 103 Anl.; Hannover.

EU 309

GILBY, D., & HÜRLIMANN, W., & KLEMENZ, W., & PARTL, Q., & RESELE, G., & SCHINDLER, M. (1989): Modellrechnungen mit dem Programm FEM-301 für ein alternatives geologisches/hydrogeologisches Modell. Auswirkungen der bestehenden Tiefbohrungen. - COLENCO, 2 Bände, 35 S., 27 Abb., 19 Tab.; Baden/Schweiz.

EU 309

HÜRLIMANN, W., & JAQUET, O., & KLEMENZ, W., & PARTL, Q., & RESELE, G., & SCHINDLER, M. (1989): Modellrechnungen mit dem Programm FEM-301 für ein alternatives geologisches/hydrogeologisches Modell. Rechnungen zum Schachtverschluß. - COLENCO, 40 S., 46 Abb., 7 Tab.; Baden/Schweiz.

EU 311

WITTKE, W. (1989): Erläuterung der zur Dichtigkeit der alten Bohrungen und des Schachtverschlusses geplanten Untersuchungen und Versuche - Ablaufplan des Untersuchungsprogrammes. - 18 S., 24 Anl.; Aachen.

EU 312

KLINGE, H. (1989): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad. Zur Genese der Tiefenwässer aus der Grube Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 105 793, 50 S., 9 Abb., 2 Tab., 1 Anh.; Hannover.

EU 312, Revision 01

KLINGE, H. (1990): Zur Genese der Tiefenwässer aus der Schachanlage Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 107 759, Band 1 + Band 2: Anlagen, 44 S., 10 Abb., 2 Tab., 3 Anl. mit 165 Tab.; Hannover.

EU 319

WITTKE, W. (1989): Schachanlage Konrad - Alte Bohrungen - Darstellung der Nachweisführung zur Dichtigkeit der alten Bohrungen. - Zwischenbericht 12/89. - 28 S., 18 Anl.; Aachen.

EU 320

WITTKE, W. (1989): Schachanlage Konrad - Schachtverschlüsse - Darstellung der Nachweisführung zur Dichtigkeit der Schachtverfüllung im Bereich der Unterkreide. - Zwischenbericht 12/89, 46 S., 48 Anl.; Aachen.

EU 321

COLENCO (1989): Schachanlage Konrad, Salzgitter; Modellberechnungen zur Gasausbreitung im Gebirge. - COLENCO, 43 S., 21 Abb., 3 Tab.; Zürich.

EU 326

ARENS, G., & STORCK, R. (1990): Verdünnungsfaktor für die 1-dimensionale Modellierung des Ausbreitungsweges über das Oxford im Schichtenmodell. - GSF-Bericht, 11 S., 7 Abb.; München.

EU 332

ILLI, H. (1988): Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung mit dem Programm SWIFT für eine Modellvariante. - PTB-Bericht, 8 S., 4 Abb., 3 Tab.; Braunschweig.

EU 338

KLINGE, H., & JARITZ, W. (1990): Stellungnahme zur Auswirkung des Salinars im Mittleren Muschelkalk auf die Tiefenwasserhydraulik im Gebiet der Schachanlage Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 106 340, 35 S., 2 Tab.; Hannover.

EU 339 (TEILWEISE UNGÜLTIG - ersetzt durch EU 455)

GILBY, D., & HÜRLIMANN, W., & LAVANCHY, Y., & RESELE, G. (1990): Einfluß der bestehenden Tiefbohrungen und des Schachtverschlusses - Modellierung der Radionuklidenausbreitung, 2 Bände. - COLENCO, 77 S., 24 Abb., 37 Tab.; Baden/Schweiz.

EU 340

HADERMANN, J., & ROESEL, F. (1985): Radionuclide chain transport in inhomogeneous crystalline rocks: limited matrix diffusion and effective surface sorption. - Nagra Technical Report 85-40, 81 p., 16 fig., 2 tab.; Würenlingen/Schweiz.

EU 349

KRIEGEL, J. (1990): Stellungnahme zum Sachstandsbericht 4/89 des NLFb, Teil Hydrogeologie, Stand: 25.09.1989, Archiv-Nr. 105 825, hier: Kapitel 2.4 "Hydrogeologische Langzeitprognose", Seite 7, letzter Absatz. - BfS-Bericht, 3 S.; Salzgitter.

EU 365

VOGEL, P., & SCHELKES, K. (1990): Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung mit variabler Dichte auf Modellschnitten in Norddeutschland - Dokumentation bisheriger Ergebnisse. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 105 942, 57 S., 29 Abb., 1 Tab., 2 Anh.; Hannover.

EU 367

GERARDI, J. (1990): Schachanlage Konrad, Feld 5/1, Geologischer Bericht. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 106 335. - 17 S., 2 Abb., 3 Tab., 23 Anl.; Hannover.

EU 368

BGR (1990): Stellungnahme zu den Fragen von TÜV und GRS sowie des NLFb zum BGR-Bericht "Stellungnahme zur Auswirkung des Salinars im Mittleren Muschelkalk auf die Tiefenwasserhydraulik im Gebiet der Schachanlage Konrad". - BGR-Bericht, 16 S.; Hannover.

EU 370

ECKHARDT, F.J., & GERARDI, J. (1990): Zusammenfassende Betrachtung mineralogischer und petrographischer Untersuchungen zur Charakterisierung der Dogger-, Malm- und Kreideschichten der Schachanlage Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 106 809, 25 S., 1 Tab., 5 Abb.; Hannover.

EU 370, Revision 01

ECKARDT, F.-J., & GERARDI, J. (1991): Zusammenfassende Bewertung und Interpretation mineralogischer und petrographischer Untersuchungen der Dogger-, Malm- und Kreideschichten der Schachtanlage Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 106 809 (revidierte Fassung), 25 S., 1 Tab., 4 Abb.; Hannover.

EU 373

ILLI, H., & FISCHER, S. (1990): Radionuklidfreisetzung aus dem Grubengebäude für eine Durchströmungsrate von 735 cbm/a. - BfS-Bericht, 77 S., 2 Tab., 1 Anh.; Salzgitter.

EU 378

KÜHLE, T. (1990): Radionuklidkonzentration im Oxford, Schichtenmodell Konrad, Plan Konrad 3/89, 4/90. - GSF-Bericht, LV-Nr. 9K 352127.32, 7 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Braunschweig.

EU 396, Revision 01

ARENS, G., & FISCHER, S. (1991): Radionuklidausbreitung im Deckgebirge für das Schichtenmodell Konrad, - BfS-Bericht, 67 S., 4 Abb., 46 Tab.; Salzgitter.

EU 397

BfS (1991): Stellungnahme des BfS zu den Fragen der Gutachter zum Themenbereich "Alte Bohrungen". - BfS-Bericht, 3 S., 1 Tab.; Braunschweig.

EU 417

KLINGE, H. (1991): Zur Salinität der Tiefenwässer Norddeutschlands. Band 1: Text; Band 2: Anlagen. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 108 262, 52 S., 23 Abb., 5 Tab., 2 Anl.; Hannover.

EU 418

BRÄUER, V., & DIEKMANN, N., & GERARDI, J., & HEUSERMANN, S., & LIEDTKE, L., & MEISTER, D., & SCHNIER, H. (1991): Geologische und geotechnische Untersuchungen im Versuchsfeld 5/1 der Schachtanlage Konrad. Abschlußbericht. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 108 181, 95 S., 42 Abb., 3 Tab., 20 Anl.; Hannover.

EU 424

WITTKER, W. (1991): Endlager Konrad, Schachtverfüllung/Alte Bohrungen, Teil I, Ergebnisse des Untersuchungsprogramms im Bereich der Unterkreide (343-m-Sohle). Bericht A I. - Textbd.: XIII + 173 S., 1 Abb. + 2 Abbildungsbd.: 141 Abb.; Aachen.

EU 430

ILLI (1991): Fachsitzung zur Langzeitsicherheit des Endlagers Konrad am 29.1.1991. - Modellrechnungen zur Gasausbreitung im Gebirge (EU 321). - BfS-Vermerk, 1 S.; Braunschweig.

EU 432

JOCKWER, N. (1990): Bestimmung petrophysikalischer Gesteinsparameter. - GSF-Bericht, 56 S., 2 Abb., 10 Tab.; Braunschweig.

EU 434

GERARDI, J. (1991): Darstellung der Verfüllungszustände von ausgewählten Tiefbohrungen im Nahbereich des hydrogeologischen Modellgebietes Konrad. - BGR-Bericht, Archiv-Nr. 108 445, 8 S., 1 Tab., 25 Anl., 5 Anh.; Hannover.

EU 436

ARENS, G. (1991): Stellungnahme des BfS zur Radionuklidausbreitung durch die alten Bohrungen. - BfS-Bericht, 1 S.; Salzgitter.

EU 437

WITTKE, W. (1991): Endlager Konrad. Schachtverfüllung / Alte Bohrungen. Bericht Teil E: Nachweis der Dichtigkeit alter Bohrungen. - 77 S., 81 Abb., 84 Tab.; Aachen.

EU 438

WITTKE, W. (1991): Endlager Konrad. Schachtverfüllung / Alte Bohrungen, Bericht Teil D, Nachweis der Machbarkeit der Schachtverfüllung (Mineralische Abdichtung und Stützsäule), Stand: 09.08.1991. - 90 S., 69 Abb.; Aachen.

EU 441

ARENS, G. (1991): Stellungnahme des BfS zum Sachstandsbericht 2/91 des NLFb, Teil Hydrogeologie, Stand: 02.08.1991, Archiv-Nr. 108 730, Kap. 2.4 Hydrogeologische Langzeitprognose. - BfS-Bericht, 2 S.; Braunschweig.

EU 449

BUß, J., & SCHMIDT, J. (1991): Schachtanlage Konrad - Sedimentationsverhalten und Durchlässigkeit von Bohrspülungen, Stand: 31.01.1991, BfS. - Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig, 13 S., 2 Abb., 2 Tab., 16 Anl.; Braunschweig.

EU 450

ECKHARDT, F.-J., & MATTIAT, B., & BERNHARDT, J. (1991): Mineralogisch-petrographische Untersuchungen der Horizontalbohrungen Konrad B10 (Mittelbarrême) und B11 (Mittelalb) im Schacht Konrad 2. - BGR-Laborbericht, 25 S., 6 Abb., 2 Tab., 5 Anl.; Hannover.

EU 451

ECKHARDT, F.-J., & MATTIAT, B., & BERNHARDT, J. (1991): Mineralogisch-petrographische Untersuchungen an Gesteinsproben aus dem Bereich der Untersuchungsstrecke 343-m-Sohle (Alb) der Schachtanlage Konrad Schacht 2. - BGR-Laborbericht, 14 S., 2 Tab., 3 Anl., 23 Abb.; Hannover.

EU 452

MATTIAT, B., & KREIMEYER, R. (1991): Mineralogisch-petrographische Untersuchungen an Gesteinsproben aus dem Bereich der Untersuchungsstrecke 541-m-Sohle (Barrême) der Schachtanlage Konrad Schacht 2. - BGR-Laborbericht, 17 S., 1 Tab., 4 Anl., 27 Abb.; Hannover.

EU 454

WITTKÉ, W. (1991): Endlager Konrad, Schachtverfüllung/Alte Bohrungen, Bericht Teil A II, Ergebnisse des Untersuchungsprogrammes im Bereich der Unterkreide (541-m-Sohle). - 128 S., 117 Abb.; Aachen.

EU 455

KLEMENZ, R., & RESELE, G., & GILBY, D., & HÜRLIMANN, W., & LAVANCHY, Y., & SCHINDLER, M., & SCHRÖDER, V. (1991): Einfluß der alten Tiefbohrungen, Rechenfall R 47. - COLENCO, 68 S., 37 Abb., 27 Tab.; Baden/Schweiz.

EU 456

KLARR, K., & FABER, P. (1991): Erstellung und Auswertung von Grundwasserganglinien; Text- und Anlagenband. - GSF-Bericht, 136 S., 5 Abb., 52 Tab., 158 Anl.; Braunschweig.

EU 460

WITTKÉ, W. (1992): Bericht Teil AI (Ergänzung) Fortschreibung der Ergebnisse des Untersuchungsprogrammes im Bereich der Unterkreide (343-m-Sohle). - 12 S., 12 Abb.; Aachen.

EU 461

BfS (1992): Stellungnahme zum Arbeitsbericht Nr. 1 von Prof. Natau über Modellversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeit einer durch Nachsedimentation verschlossenen Bohrung. - BfS-Bericht, 9 S.; Braunschweig.

EU 462

WOLLRATH (1992): Stellungnahme des BfS zur Langzeitsicherheit Konrad - Gasausbreitung im Gebirge. - BfS-Bericht, 4 S.; Braunschweig.

EU 463

KLEMENZ, W., & RESELE, G., & GILBY, D., & LAVANCHY, Y., & SCHINDLER, M., & SCHRÖDER, U. (1992): Einfluß des Schachtverschlusses, Rechenfall R 49. - COLENCO, 33 S., 9 Abb., 13 Tab.; Baden/Schweiz.

EU 464

GRÜNEBERG (1992): Stellungnahme zum Sachstandsbericht des NLfB 3/91. - BfS-Bericht, 5 S.; Braunschweig.

EU 472

EHRlich (1993): Meteorologische Daten der Wetterstation Konrad 1 für den Zeitraum 1985-1990. - BfS-Bericht, 11 S.; Salzgitter.

EU 476

WITTKÉ, W. (1993): Stellungnahme zu EU 438, Rev. 00: "Nachweis der Machbarkeit der Schachtverfüllung". - 9 S., 13 Abb.; Aachen.

EU 495

HEIMER & HERBSTREIT (1994): Schacht Konrad 1 Außenanlagen - Landschaftsplanerischer Fachbeitrag - . - Bericht Heimer + Herbstreit Umweltplanung, 112 S., 4 Abb., 9 Tab., 5 Fotos, 1 Anh., 7 Anl.; Hildesheim.

EU 496

HEIMER & HERBSTREIT (1994): Schacht Konrad 2 Außenanlagen - Landschaftsplanerischer Fachbeitrag - . - Bericht Heimer + Herbstreit Umweltplanung, 121 S., 2 Abb., 11 Tab., 7 Fotos, 1 Anh., 7 Anl.; Hildesheim.

EU 497

HEIMER & HERBSTREIT (1994): Abwasserentsorgung Schacht Konrad 2 - Landschaftsplanerischer Fachbeitrag - . - Bericht Heimer + Herbstreit Umweltplanung, 105 S., 5 Abb., 6 Tab., 8 Fotos, 8 Anl.; Hildesheim.

## ANLAGENVERZEICHNIS

- 2.1.1/1 Koordinatenangaben für wichtige Bezugspunkte im Modellgebiet Konrad
- 2.1.2/1 Zusammenstellung der im Kapitel 2.1.2 beschriebenen stratigraphischen Einheiten und ihrer wichtigsten lithologischen Merkmale
- 2.1.3/1 Mineralogische Zusammensetzung von Gesteinsproben der Tiefbohrung Konrad 101 - Quarz- und Calcitgehalt (in M.-%) -
- 2.1.3/2 Mineralogische Zusammensetzung von Gesteinsproben der Tiefbohrung Konrad 101 - Smektit-, Kaolinit- und Illitgehalt (in M.-%) -
- 2.1.3/3 Vergleichstabelle der Mittelwerte und Standardabweichungen ausgewählter geochemischer Parameter
- 2.1.3/4 Vergleichstabelle der Mittelwerte und Standardabweichungen ausgewählter mineralogischer Parameter
- 2.1.3/5 Zusammenstellung von Vitritreflexions-Messungen am Standort Konrad
- 2.1.3/6 Korrelation von geophysikalischen Bohrlochmessungen (SP, Widerstand) und Litholog
- 2.1.4/1 Lage ausgewählter geologischer bzw. hydrogeologischer Profile im Modellgebiet Konrad
- 2.1.4/2 Legende zu den geologischen Profilen (Anlagen 2.1.4/3 - 2.1.4/13)
- 2.1.4/3 Profil 1
- 2.1.4/4 Profil 3
- 2.1.4/5 Profil 6
- 2.1.4/6 Profil 10
- 2.1.4/7 Profil 12
- 2.1.4/8 Profil 15
- 2.1.4/9 Profil 16
- 2.1.4/10 Profil 20
- 2.1.4/11 Profil 25

- 2.1.4/12 Profil 29
- 2.1.4/13 Profil A
- 2.1.4/14 Strukturskizze des Modellgebietes Konrad
  
- 2.2.2/1 Liste der Erdbeben im Umkreis von ca. 200 km um den Standort Konrad
- 2.2.2/2 Lage des Standortes Konrad auf der Karte der Erdbebenzonen nach KTA 2201/1 (1975)
- 2.2.3/1 Frequenzantwortspektren für den Standort Konrad
- 2.2.3/2 Registrierungen der horizontalen Bodenbeschleunigung an der Erdoberfläche und im Bohrloch in 35 m und 165 m Tiefe während des Round-Valley-Erdbebens mit  $M_L = 5.8$  (oben) und während des Chalfant-Valley-Erdbebens mit  $M_L = 6.4$  (unten) nach SEALE & ARCHULETA (1989)
  
- 3.1.1/1 Gewässernetz im Modellgebiet Konrad
  
- 3.2.2/1 Standardprofil Hydrogeologie
- 3.2.2/2 Legende zu den hydrogeologischen Profilen
- 3.2.2/3 Hydrogeologisches Profil 1
- 3.2.2/4 Hydrogeologisches Profil 5
- 3.2.2/5 Hydrogeologisches Profil 9
- 3.2.2/6 Hydrogeologisches Profil 10
- 3.2.2/7 Hydrogeologisches Profil 15
- 3.2.2/8 Hydrogeologisches Profil 20
- 3.2.2/9 Hydrogeologisches Profil 25
- 3.2.2/10 Hydrogeologisches Profil 29
- 3.2.2/11 Hydrogeologisches Profil B
- 3.2.2/12 Hydrogeologisches Übersichtsprofil C
- 3.2.2/13 Legende zu den Tiefenlinienplänen
- 3.2.2/14 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Quartär (Nr. 1)
- 3.2.2/15 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Tertiär (Nr. 2)
- 3.2.2/16 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Emscher-Mergel (Nr. 3)
- 3.2.2/17 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Plänerkalke bis Flammenmergel (Nr. 4)

- 3.2.2/18 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Alb (tonig) (Nr. 5)
- 3.2.2/19 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Hilssandstein (Nr. 6)
- 3.2.2/20 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Apt bis Basis Unterkreide (tonig) (Nr. 7)
- 3.2.2/21 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Valangin (sandig) + Wealden (Nr. 9)
- 3.2.2/22 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Tithon + Kimmeridge (Nr. 10)
- 3.2.2/23 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Oxford (Nr. 11)
- 3.2.2/24 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Cornbrash-Sandstein (Nr. 13)
- 3.2.2/25 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Dogger-beta-Sandstein (Nr. 15)
- 3.2.2/26 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Hettangium + Oberer Keuper (Nr. 17)
- 3.2.2/27 Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Oberer Muschelkalk (Nr. 19)
- 3.2.2/28 Tiefenlinienpläne des NLfB und des Antragstellers
- 3.2.3/1 Gebirgsdurchlässigkeit (Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  in m/s)
- 3.2.3/2 Effektive Gebirgsporosität  $P^*$  (%)
- 3.2.5/1 KD-Werte (ml/g) verschiedener Nuklide \* (NLfB)
- 3.2.6/1 Grundwasserhöhengleichenplan für das Modellgebiet Konrad

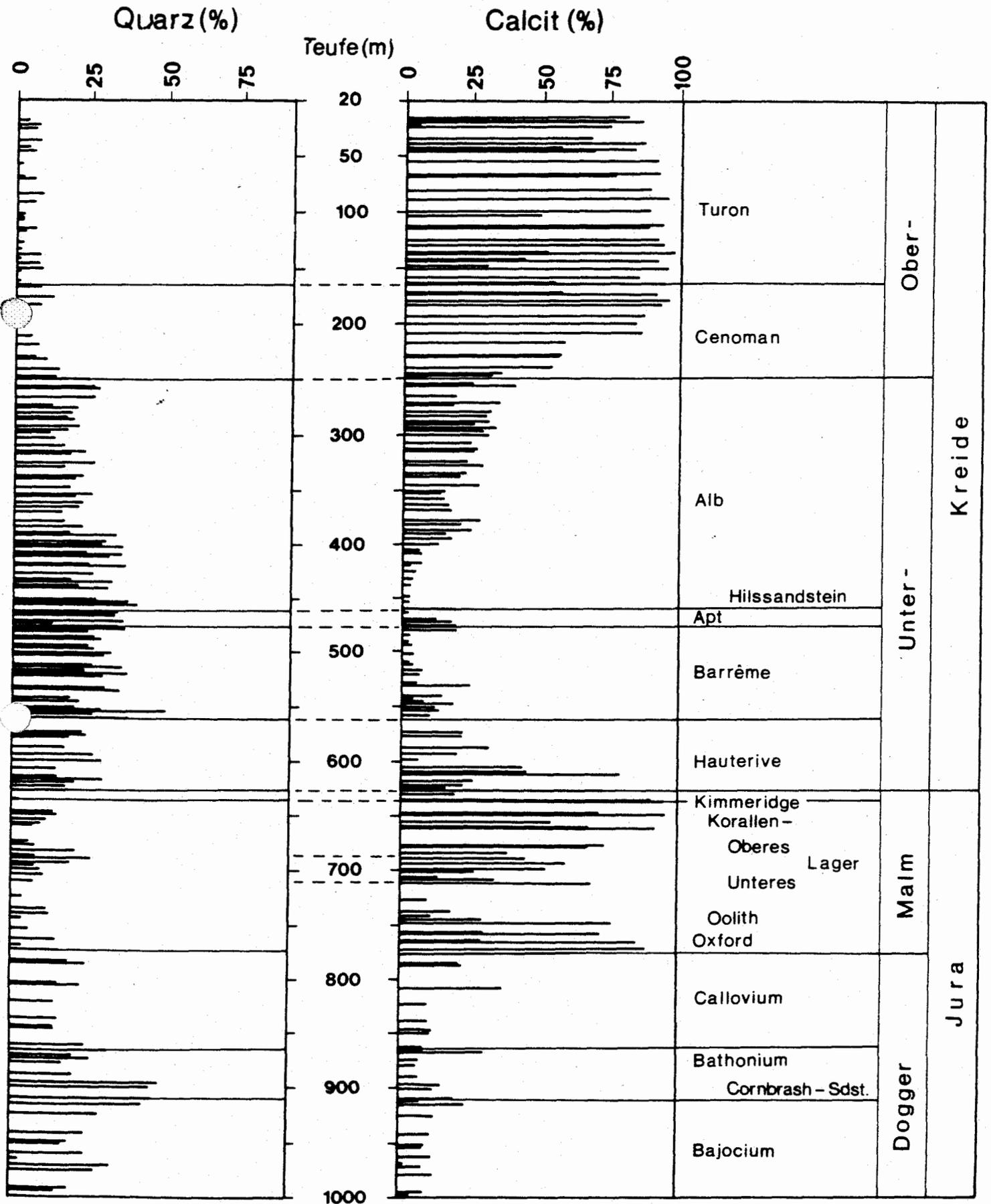
Zusammenstellung der im Kapitel 2.1.2  
beschriebenen stratigraphischen Einheiten  
und ihrer wichtigsten lithologischen Merkmale

Anlage 2.1.2/1  
NLfB  
Archiv-Nr.: 111 134

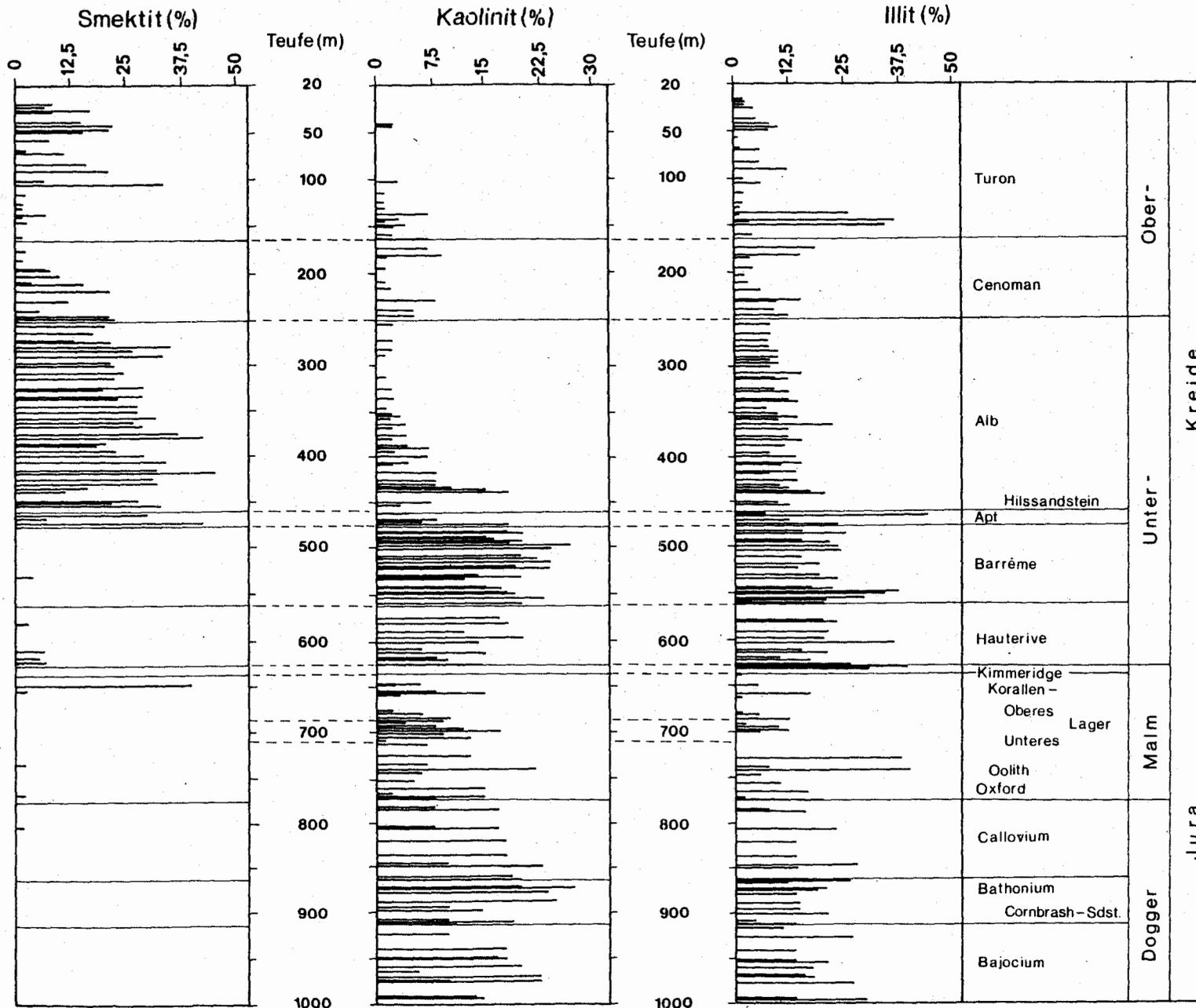
Q U A R T Ä R	Holozän			Auelehm, Sand, Torf		
	Pleistozän	Weichsel-Kaltzeit		Kies, Sand, Schluff, Ton, Mergel, Torf		
		Eem-Warmzeit				
		Saale-Kaltzeit	Warthe-Stadial			
		Drenthe-Stadial				
	R	Holstein-Warmzeit		im "Modellgebiet Konrad" nicht nachgewiesen		
Elster-Kaltzeit		Kies, Sand, Schluff, Ton, Mergel				
Präglaziale Komplexe						
T E R T I Ä R	Jung-Tertiär (Neogen)	Pliozän		im "Modellgebiet Konrad" nicht nachgewiesen		
	Alt-Tertiär (Paläogen)	Miozän		Basalt von Rolfsbüttel (Vorkommen fraglich) Mergel, Ton, Schluff, Sand, Kies (Einstufung fraglich)		
		Oligozän		Kies, Sand, Schluff, Ton, Mergel, Kalkstein, Braunkohle		
		Eozän				
K R E I D E	"Emscher" krEM	Maastricht krms	Obermaastricht	Mergelstein		
		Untermaastricht		im "Modellgebiet Konrad" nicht nachgewiesen		
		Campan krca	Obercampan	Mergelstein, toniger Kalkstein		
			Untercampan	Mergelstein, z.T. Feinsand und Glaukonit führend		
		Santon krsa	Obersanton			
			Mittelsanton			
	Coniac krcc	Untersanton	Mergelstein			
		Oberconiac				
			Mittelconiac	Mergel-, Kalkstein		
			Unterconiac	Mergel-, Kalkstein		
	O B E R K R E I D E	Oberkreide kro	Oberturon		Weißplaner	Mergel-, Kalkstein, dünne Tuffitlagen
			Turon krt	Mittelturon	Weißpläner/ Lanarcki-Pläner	Kalk-, Mergelstein
Unterturon				Labiatus-Pläner/ Rotpläner Plenus-Bank	Mergel-, Kalkstein	
Cenoman krc			Obercenoman	Rhotomagense- Pläner Weißpläner	Kalk-, Kalkmergelstein	
			Mittelcenoman		Mergel-, Kalkstein	
			Untercenoman	Ultimus -Ton	Ton-, Mergelstein	
U N T E R K R E I D E		Alb krl	Oberalb	Flammenmergel krFM	Ton-, Tonmergelstein, z.T. verkiesselt	
			Mittelalb	Minimuston	Ton-, Tonmergelstein	
			Unteralb	Hilssandstein krHI	Sandstein, Ton-/Siltstein	
		Apt krp	Oberapt		Ton-, Tonmergelstein, dünne Feinsandstein- und Tuffitlagen	
			Mittelapt		Ton-, Tonmergelstein	
			Unterapt		Ton-, Tonmergelstein, Schwarzschiefer (Fischschiefer)	
U N T E R K R E I D E	Barrême krb	Oberbarrême		Ton-, Tonmergelstein, Kalk- mergelsteinlagen		
		Mittelbarrême		Ton-, Tonmergelstein, lagen- weise Schwarzschiefer (Blät- terton, Fischschiefer)		
		Unterbarrême		Ton-, Tonmergelstein		
	Hauterive krh	Oberhauterive		Ton-, Tonmergelstein		
		Unterauterive		Ton-, Tonmergelstein, Kalkmer- gelsteinbänke, Kalksteinlagen, z.T. feinsandig		
	Valangin krv	Obervalangin		Ton-, Tonmergelstein, Sandstein		
Berrias krbe	Untervalangin im "Modellgebiet Konrad"		nicht nachgewiesen			
M A L M	Tithon joti	Ob. Malm 6	Serpulit	Kalk-, Mergelstein, Dolomitstein		
		Ob. Malm 5	Oberer Münder Mergel	Ton-, Mergelstein mit dünnen Kalksteinlagen		
		Ob. Malm 4	Mittlerer Münder Mergel (= engl. Portland)	Mergelstein, Kalkstein Dolomitstein, Tonstein		
		Ob. Malm 3	Unterer Münder-Mergel	Mergel-, Kalkstein, z.T. sandig		
		Ob. Malm 2	Eimbeckhäuser Plattenkalk	Kalkmergel-, Kalkstein, Tonmergelstein		
		Ob. Malm 1	Gigas-Schichten			
	Kimmeridge	Oberkimmeridge		Ton-, Tonmergelstein mit Kalkflasern, z.T. dolomi- tisch und feinsandig		

Malm jo	Ob. Malm 3	Unterer Münden-Mergel		Mergel-, Kalkstein, z.T. sandig	
		Ob. Malm 2	Eimbeckhäuser Plattenkalk		Kalkmergel-, Kalkstein, Tonmergelstein
		Ob. Malm 1	Gigas-Schichten		
	Kimmeridge joki	Oberkimmeridge			Ton-, Tonmergelstein mit Kalkflasern, z.T. dolomitisch und feinsandig
		Mittelkimmeridge			Mergelstein, Kalkstein mit dünnen Gips-/Anhydritlagen
		Unterkimmeridge			
	Oxford joox	Ober-Oxford	Oberer Korallenoolith		Kalkstein, Mergelstein
			Mittlerer Korallenoolith	Oberes Lager Zwischenmittel Unteres Lager	Kalkoolith, erzführend Tonmergelstein Eisenoolith
		Mittel-Oxford	Unterer Korallenoolith		Kalkoolith, erzführend, sandig Tonmergelstein
			Heersumer Schichten		Kalkstein/ Ton-, Tonmergelstein, sandig
Trümmerkalk/ Heersumer Schichten					
Dogger jm	Calloviuum jacl	ε	Ornat-Schichten	Ton-, Tonmergelstein, z.T. sandig	
			Macrocephalen-Schichten		
	Bathonium jmbt	c	Aspidoides-Schichten Cornbrash-Sandstein Parkinsonien-Schichten	Kalksandstein, Ton-, Mergelstein Ton-, Tonmergelstein, sandig	
		δ	Garantianen-Schichten Subfurcasten-Schichten Coronaten-Schichten	Ton-, Tonmergelstein	
	Aalenium jaal	γ			
		β	Dogger-β-Sandstein	Sandstein, Ton-, Mergelstein	
Lias ju	Toarcium jutc	ε	Dörntener Schiefer		
		z	Posidonienschiefer		
	(Domerium) Pliensbachium (Carixium) jupl	δ		Ton-, Tonmergelstein, vereinzelte dünne Kalksteinbänke	
		γ			
	Sinemurium jusi	β			
		a3			
Hettangium juhe	a2	Angulatensandstein	Ton-, Tonmergelstein mit Sandsteinlagen		
	a1	Grenzsandstein Psilonoten-Sandstein			
Keuper k	Oberer Keuper (Rhät) ko	Oberer Oberrhät-Schiefer Oberrhät-Sandstein Unterer Oberrhät-Schiefer Oberer Mittelrhät-Schiefer Flasersandstein Mittlerer Mittelrhät-Schiefer Mittelrhät-Hauptsandstein Unterer Mittelrhät-Schiefer Unterrhät-Sandstein Unterrhät-Tonstein		Ton-/Siltstein, Sandstein	
		Steinmergelkeuper Rote Wand Schilfsandsteinregion Gipskeuper		Mergelstein, Ton-/Siltstein lokal Feinsandstein, untergeordnet Dolomitstein, im Gipskeuper Sulfatgestein und lokal Steinsalz	
		Grenzdolomit/Obere Bunte Mergel Hauptlettenkohlsandstein Untere Bunte Mergel Hauptdolomit Unterer Lettenkohlsandstein Basisschichten		Ton-/Siltstein, Mergelstein, Sandstein, untergeordnet Dolomit-/Kalkstein	
Muschelkalk m	Oberer Muschelkalk mo	Ceratiten-Schichten Encrinus-Schichten		Kalkstein, Ton-/Mergelstein	
		Obere Dolomit-Folge Sulfat-Folge Untere Dolomit-Folge		Dolomitmergelstein, Sulfatgestein und Steinsalz	
		Bereich der Schaumkalkbänke Wellenkalk 3 Horizont der Terebratelbänke Wellenkalk 2 Horizont der Oolithbänke Wellenkalk 1 Bereich der Basis-Konglomeratbänke		Kalkmergelstein, Kalkstein	
Buntsandstein s	Oberer Buntsandstein (Röt) so	Grauviolette Folge Rotbraune Folge Bunte Folge Grüngraue Folge		Ton-/Siltstein, Steinsalz (in der Grüngraue und lokal in der Bunten Folge), untergeordnet Sulfateinschlüssen und dünne Feinsandsteinlagen	
		Solling-Folge Hardegsen-Folge Detfurth-Folge Volpriehausen-Folge		Ton-/Siltstein, Sandstein	
		Obere Folge Untere Folge		Ton-/Siltstein, Feinsandstein, untergeordnet Karbonatgesteine ("Rogenstein", Stromatolithe)	
Zechstein z		Mölin-Folge	z7	Salzgestein, untergeordnet Sulfatgestein, Karbonatgestein und Tonstein	
		Friesland-Folge	z6		
		Ohra-Folge	z5		
		Aller-Folge	z4		
		Leine-Folge	z3		
		Stäfurt-Folge	z2		
		Werra-Folge	z1		

Mineralogische Zusammensetzung von  
 Gesteinsproben der Tiefbohrung Konrad 101  
 - Quarz- und Calcitgehalt (in M.-%) -  
 (umgezeichnet aus EU 63.3)



Mineralogische Zusammensetzung von  
Gesteinsproben der Tiefbohrung Konrad 101  
- Smektit-, Kaolinit- und Illitgehalt (in M.-%) -  
(umgezeichnet aus EU 63.3)



Vergleichstabelle der Mittelwerte und Standardabweichungen ausgewählter geochemischer Parameter (RFA-Analysen (außer Corg-Werte), Angaben in M.-%)

Stratigraphische Einheit	SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		MgO		CaO		Na <sub>2</sub> O		K <sub>2</sub> O		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Corg	
	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S
Turon	13.9	10.3	4.3	3.9	0.4	0.4	42.6	10.3	0.2	0.1	0.7	0.8	1.2	1.0	0.1	0.1
Cenoman	18.9	12.5	6.3	3.9	0.6	0.4	37.2	11.6	0.6	0.4	0.9	0.8	1.9	1.1	0.2	0.1
Alb	54.7	6.9	11.5	3.3	1.3	0.3	9.1	5.9	1.5	0.2	2.0	0.5	3.8	0.9	0.4	0.2
Hilssandstein	89.5	0.2	1.9	0.1	0.5	0.1	0.5	0.2	0.8	0.04	1.0	0.03	2.1	0.1	0.06	0.01
(Apt)	57.5	5.7	13.5	2.7	1.5	0.2	4.8	3.4	1.2	0.2	2.3	0.5	4.8	1.8	1.1	0.9
(Barrême)	49.6	7.1	17.2	2.5	1.3	0.3	4.0	3.5	1.0	0.1	2.6	0.4	5.8	3.2	2.2	1.3
(Hauterive)	42.5	11.3	13.9	3.5	1.5	0.4	12.6	10.4	1.0	0.3	2.3	0.8	6.0	4.1	0.7	0.2
Apt, Barrême, Hauterive	48.6	9.8	15.5	3.3	1.4	0.3	7.0	7.6	1.0	0.2	2.4	0.6	5.7	3.4	1.6	1.2
Tithon + Kimmeridge	24.3	15.7	8.0	5.4	1.5	1.1	27.5	15.9	0.6	0.4	1.2	1.1	3.7	2.2	0.3	0.3
Korallenoolith + Heersumer Schichten	23.3	14.8	7.7	5.8	1.0	0.6	26.2	15.2	0.5	0.4	1.0	1.0	10.7	11.3	0.5	0.3
Bajocium bis Callovium	46.6	10.1	16.0	4.2	1.8	0.8	6.9	6.1	0.9	0.2	2.6	0.7	7.3	6.6	0.8	0.4
Cornbrash	66.1	2.1	7.0	1.2	0.5	0.1	8.0	2.2	0.9	0.7	1.1	0.2	3.7	1.1	.	.

Erläuterung der Abkürzungen : Corg = Gehalt an organischem Kohlenstoff  
RFA = Röntgenfluoreszenzanalyse  
S = Standardabweichung  
xm = arithmetischer Mittelwert

(Datenbasis : Zusammengefaßte Analysenergebnisse von BGR, GSF, TUC, NLfB)

Anlage 2.1.3/3  
NLfB  
Archiv-Nr.: 111 134

Vergleichstabelle der Mittelwerte und Standardabweichungen ausgewählter mineralogischer Parameter (Angaben in M.-%, KAK in meq/100g)

Stratigraphische Einheit	KS		QZ		SM/ML		IG		KCHL		FSP		SO		KGI		KAK	
	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S	xm	S
Turon	76.2	18.2	4.3	2.6	7.3	8.5	6.4	8.9	2.4	3.4	0.4	1.0	3.2	3.7	.	.	(11.3	1.9)
Cenoman	66.5	20.1	9.0	7.6	6.4	7.3	9.8	8.3	4.5	4.6	1.0	1.3	2.7	3.8	(54.0	6.5)	(20.7	7.0)
Alb	16.8	10.7	24.5	10.2	20.6	8.0	17.5	11.6	5.3	5.4	2.1	1.7	12.9	8.9	44.5	9.2	26.1	5.2
Hilssandstein	1.3	0.6	68.0	8.9	0.0	0.0	11.3	2.3	0.0	0.0	6.0	1.7	13.3	9.9	7.8	0.4	6.9	1.0
(Apt)	9.5	6.9	31.8	9.0	10.9	14.0	21.9	13.5	11.9	6.6	2.6	3.4	11.6	9.6	44.9	4.1	22.8	4.8
(Barrême)	6.5	6.0	27.3	9.1	1.3	3.0	24.5	10.5	20.0	6.8	1.6	2.0	18.1	12.7	49.8	7.2	15.5	3.0
(Hauterive)	23.4	18.5	22.6	12.1	2.1	4.7	24.0	10.6	14.2	6.6	1.1	1.4	12.6	8.9	56.4	5.0	17.7	4.4
Apt, Barrême, Hauterive	12.3	13.7	26.5	10.5	3.0	8.4	23.9	10.9	16.9	7.5	1.6	2.2	15.3	11.4	51.1	7.3	17.6	4.6
Tithon + Kimmeridge	52.2	27.9	12.8	9.7	0.6	1.7	16.2	16.4	7.1	8.5	0.0	0.0	11.5	14.8	56.2	15.8	17.8	4.1
Korallenoolith + Heersumer Schichten	47.9	27.6	13.4	10.6	1.3	6.8	9.4	13.6	10.6	8.9	0.2	1.2	16.8	16.1	46.8	14.7	16.0	5.5
Bajocium bis Callovium	13.0	11.2	21.3	9.5	1.1	1.9	18.3	7.9	20.8	7.8	1.9	2.3	23.7	14.3	47.0	8.0	19.3	2.6
Cornbrash	14.7	4.0	47.3	1.5	2.0	1.7	13.7	8.1	13.7	2.9	4.0	1.0	4.7	5.0	.	.	.	.

Erläuterungen der Abkürzungen : FSP = Feldspatgehalt S = Standardabweichung  
 KAK = Kationen-Austauschkapazität SM/ML = Smektit-Mixed-Layer-Gehalt  
 KCHL = Kaolinit-Chlorit-Gehalt SO = Gehalt an sonstigen Mineralen  
 KGI = Korngrößenanteil < 6.3  $\mu$  QZ = Quarzgehalt  
 KS = Kalkgehalt xm = arithmetischer Mittelwert  
 IG = Illit-Glimmergehalt

(Datenbasis : Zusammengefaßte Analyseergebnisse von BGR, GSF, TUC, NLfB)

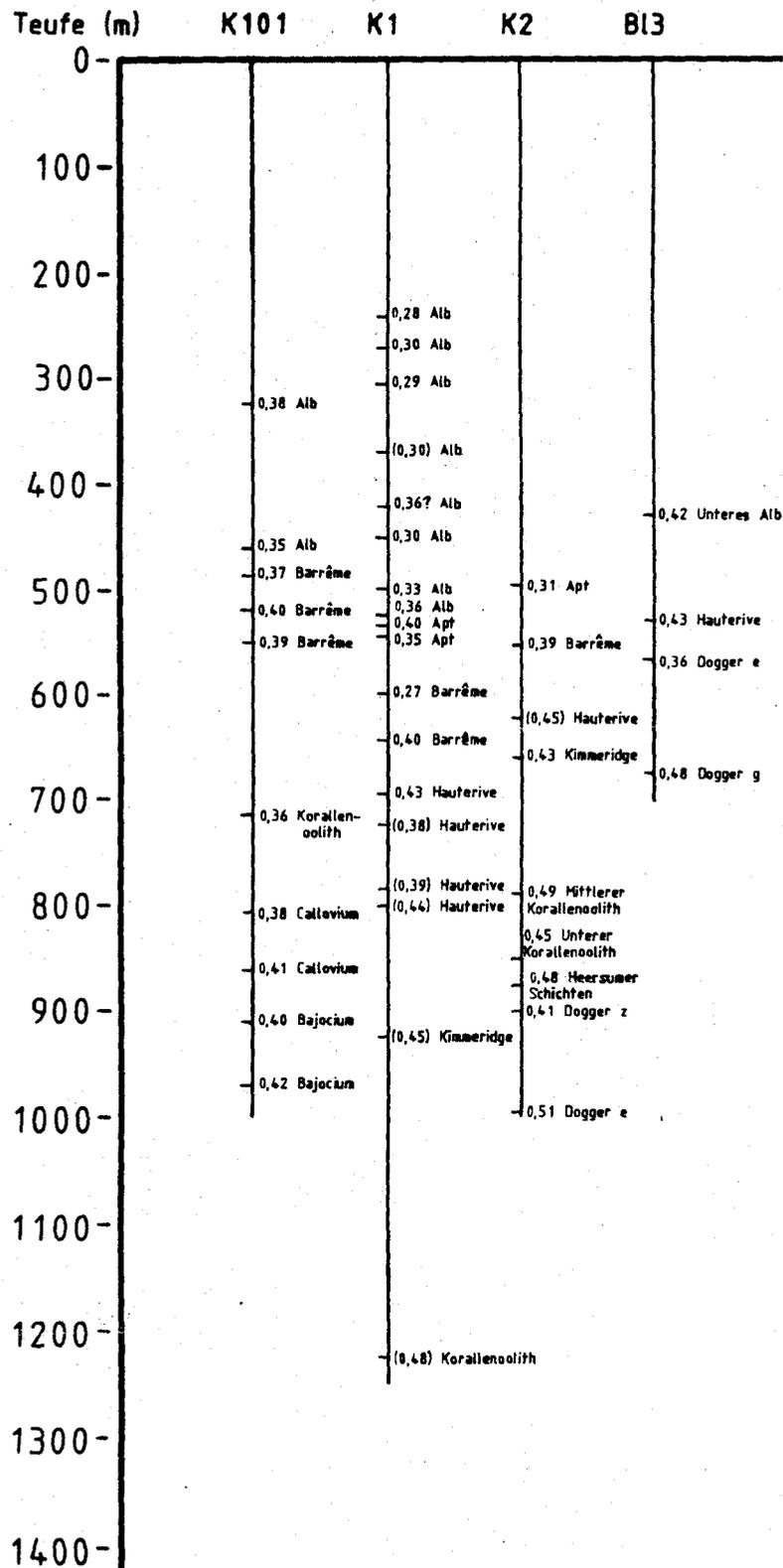
Archiv-Nr.: 111 134

NLFB

Anlage 2.1.3/4

## Zusammenstellung von Vitritreflexions-Messungen am Standort Konrad

(nach Unterlagen von BGR - B 4.31)

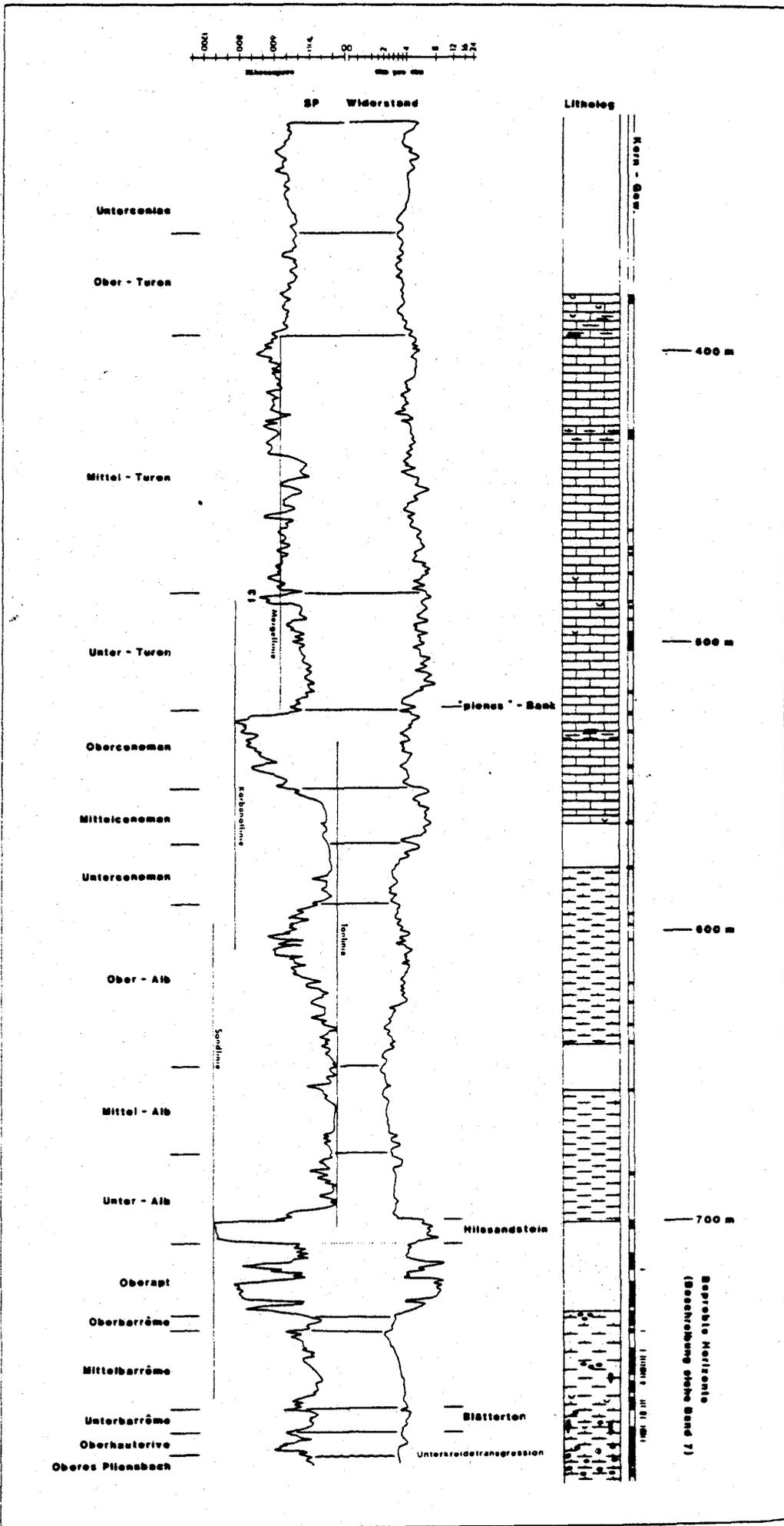


## Erläuterungen :

- K101 - Tiefbohrung Konrad 101  
 K1 - Schacht Konrad 1  
 K2 - Schacht Konrad 2  
 Bl3 - Tiefbohrung Bleckenstedt 3

Korrelation von geophysikalischen Bohrlochmessungen  
 (SP, Widerstand) und Lithologie  
 (übernommen aus EU 63.3)

Anlage 2.1.3/6  
 NLIS  
 Archiv-Nr.: 111 134



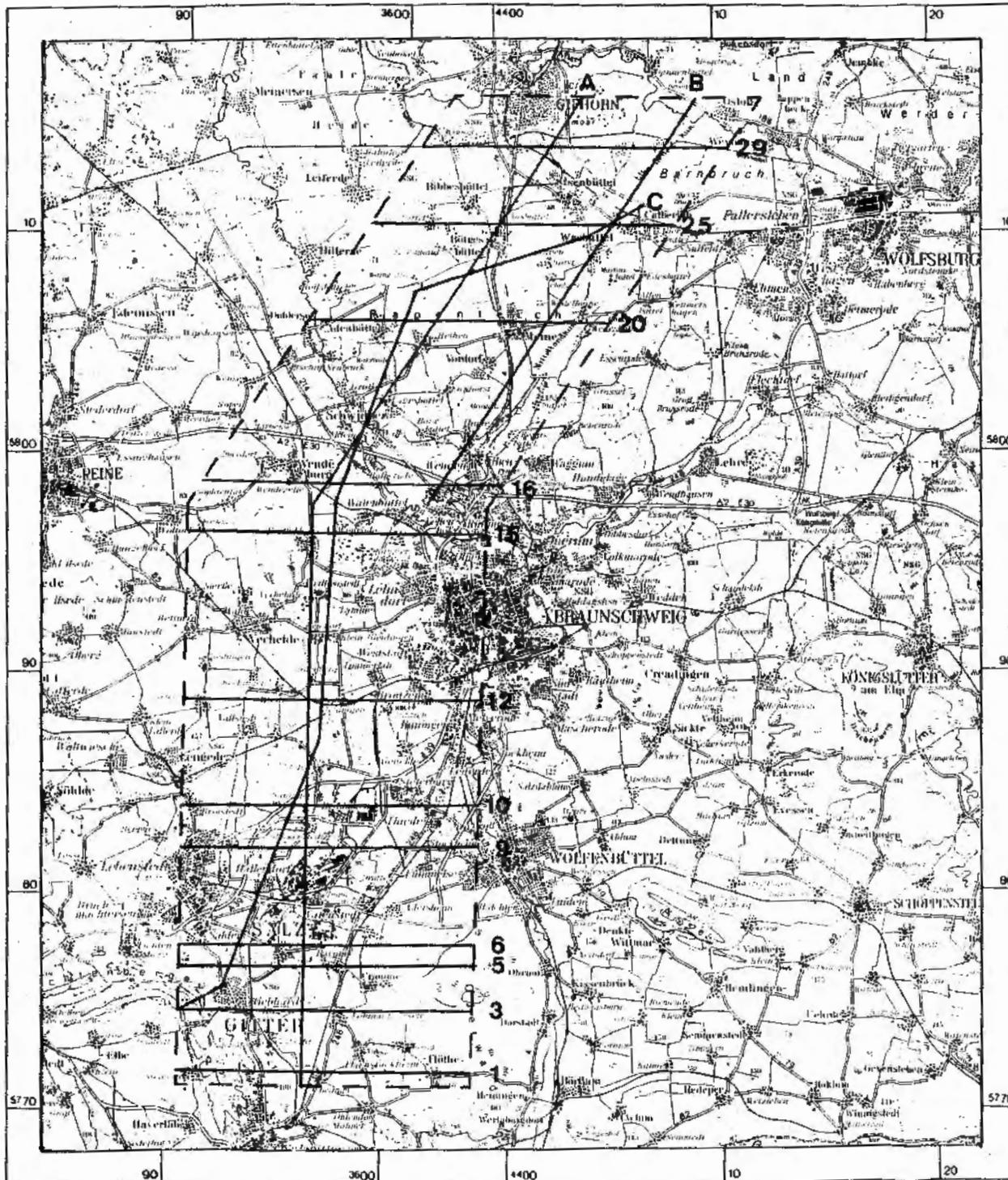
## Legende

- - - Grenze des Modellgebietes

— 3 Lage der Profile

Kartengrundlage: Topographische Übersichtskarte 1 : 200 000, CC 3926 (1980)  
Herausgegeben vom Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a.M.  
Vervielfältigt mit Erlaubnis des Niedersächsischen Landesverwaltungsamtes  
- Landesvermessung - B 4 - 262 / 85

0 5 10 15 20 km



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB)

Geowissenschaftliches Gutachten  
zum Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachtanlage Konrad

Lage ausgewählter  
geologischer bzw. hydrogeologischer Profile  
im Modellgebiet Konrad

Datum: 31.08.93

Maßstab: 1 : 200 000

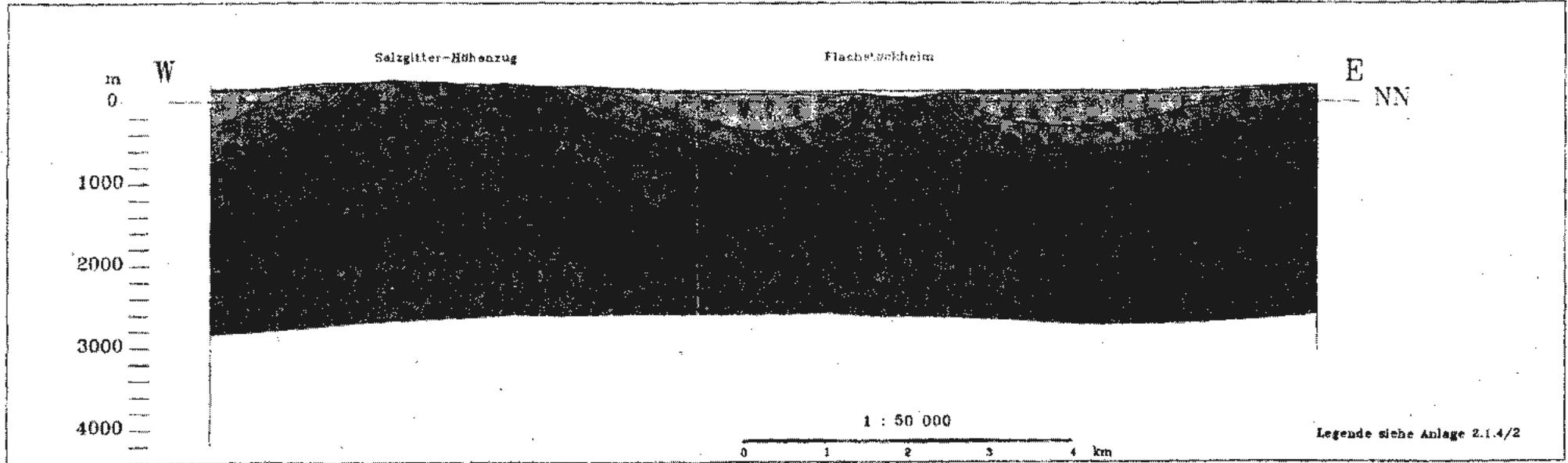
Bearbeiter: [REDACTED]

Archiv-Nr.: 111 134

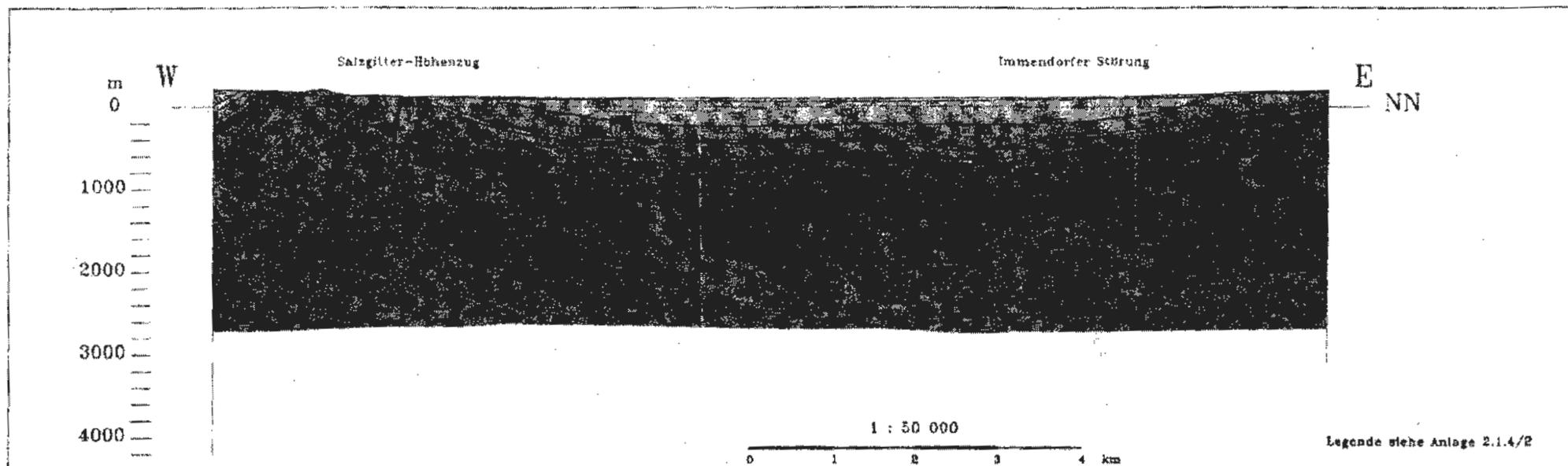
Anlage : 2.1.4/1

## Legende zu den geologischen Profilen (Anlagen 2.1.4/3 - 2.1.4/13)

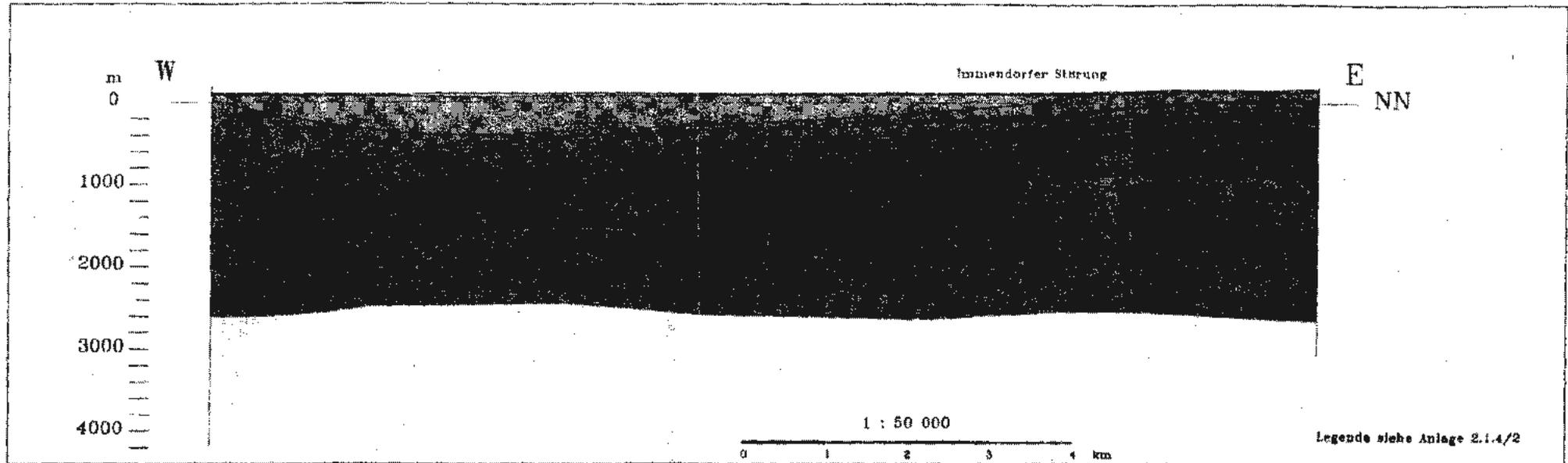
	Quartär
	Tertiär
	"Emscher" (Coniac, Santon, Campan)
	"Oberkreide" (Cenoman, Turon)
	Flammenmergel
	Alb
	Hilssandstein
	"Unterkreide" (Valangin, Hauterive, Barrême, Apt)
	Wealden (Berrias)
	Tithon
	Kimmeridge
	Oxford
	Dogger
	Lias
	Keuper
	Oberer Buntsandstein (Röt) und Muschelkalk
	Unterer und Mittlerer Buntsandstein
	Zechstein (Die Zechstein-Basis ist nicht dargestellt)
	Schichtgrenzen
	Störungen



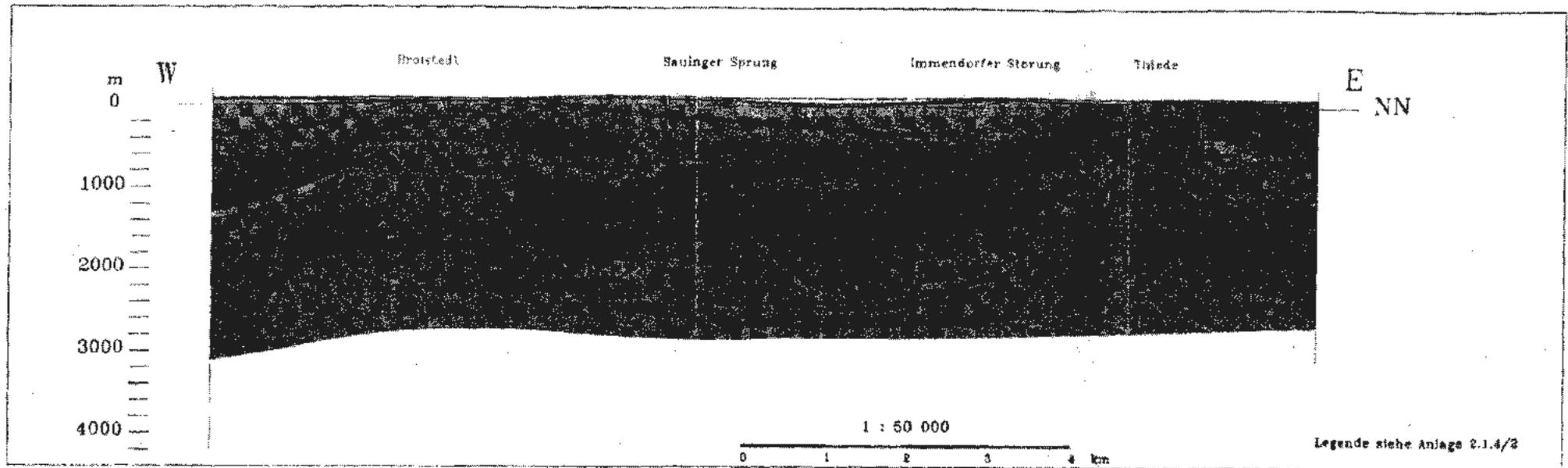
Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
<b>PROFIL 1</b>	
Datum: 31.06.1995	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter: <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 2.1.4/3



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLF/B)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
<b>PROFIL 3</b>	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Searbeiter: <span style="background-color: black; color: black;">████████</span>	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 2.1.4/4



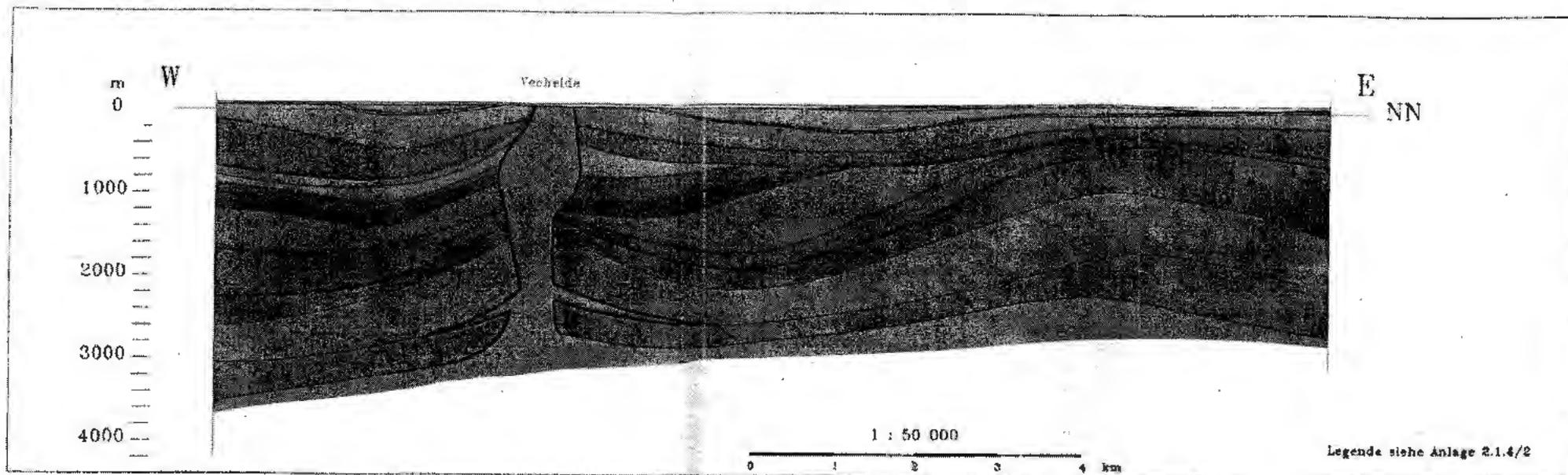
Niederrheinisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schichtanlage Konrad	
<b>PROFIL 6</b>	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter: <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span>	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 2.1.4/5



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
PROFIL 10	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 2.1.4/0

Anlage 2.1.4/7

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachtanlage Konrad

## PROFIL 12

Datum: 31.08.1993

Maßstab: 1 : 50 000

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

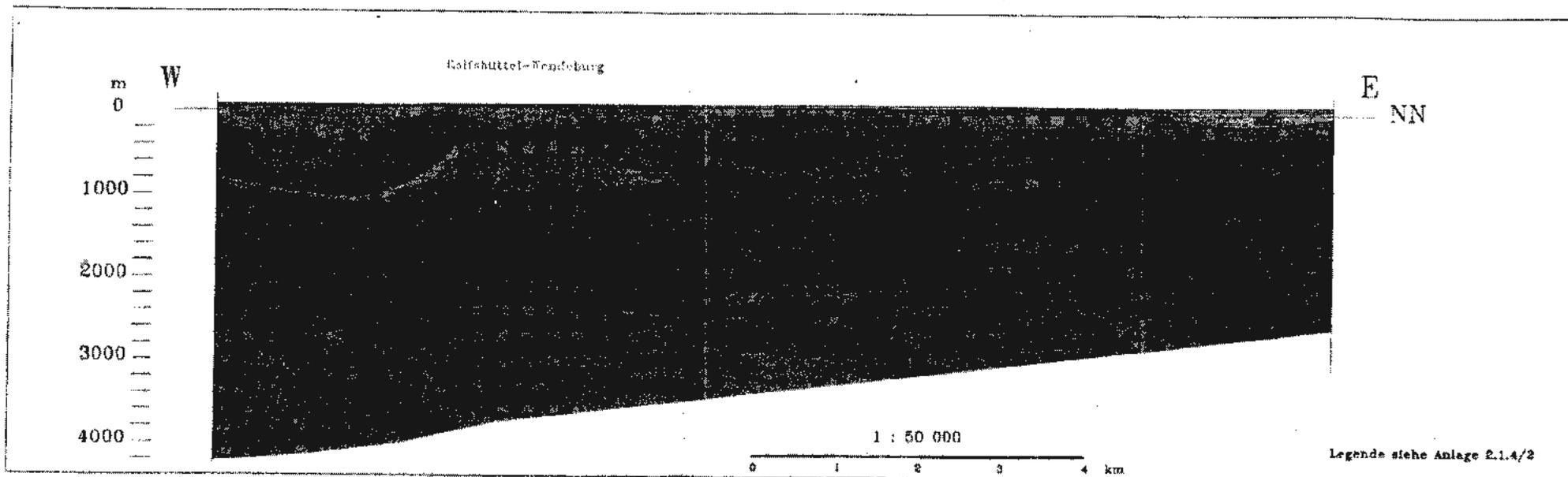
Archiv-Nr.: 111 134

Anlage: 2.1.4/7

Anlage 2.1.4/8

NLFB

Archiv-Nr.: 111 134



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachanlage Konrad

## PROFIL 15

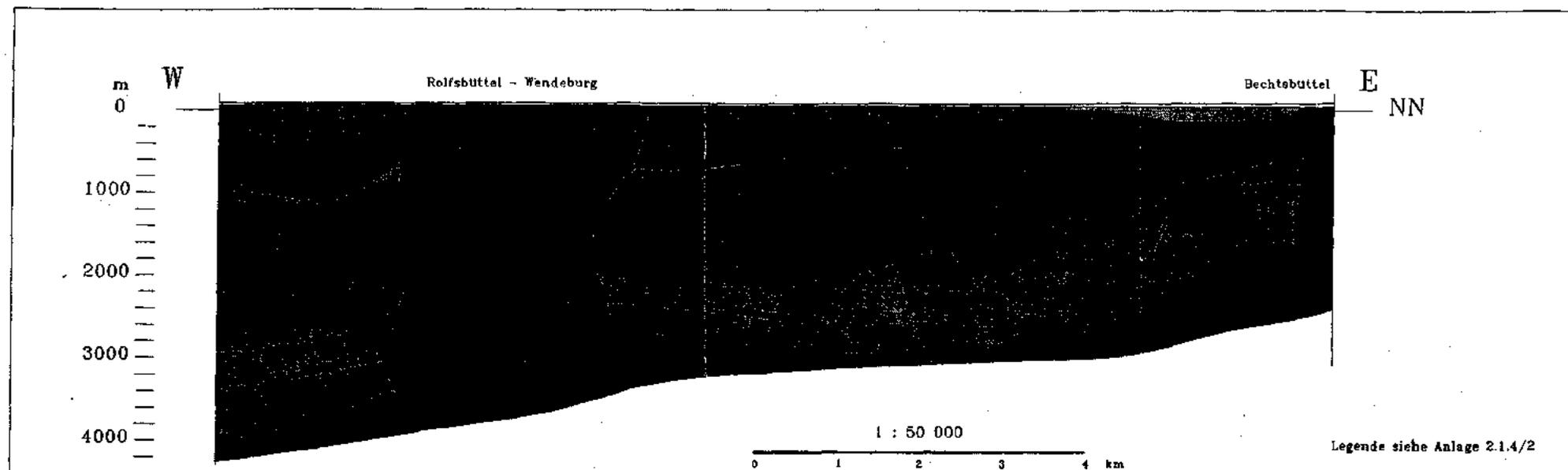
Datum: 31.08.1993

Maßstab: 1 : 50 000

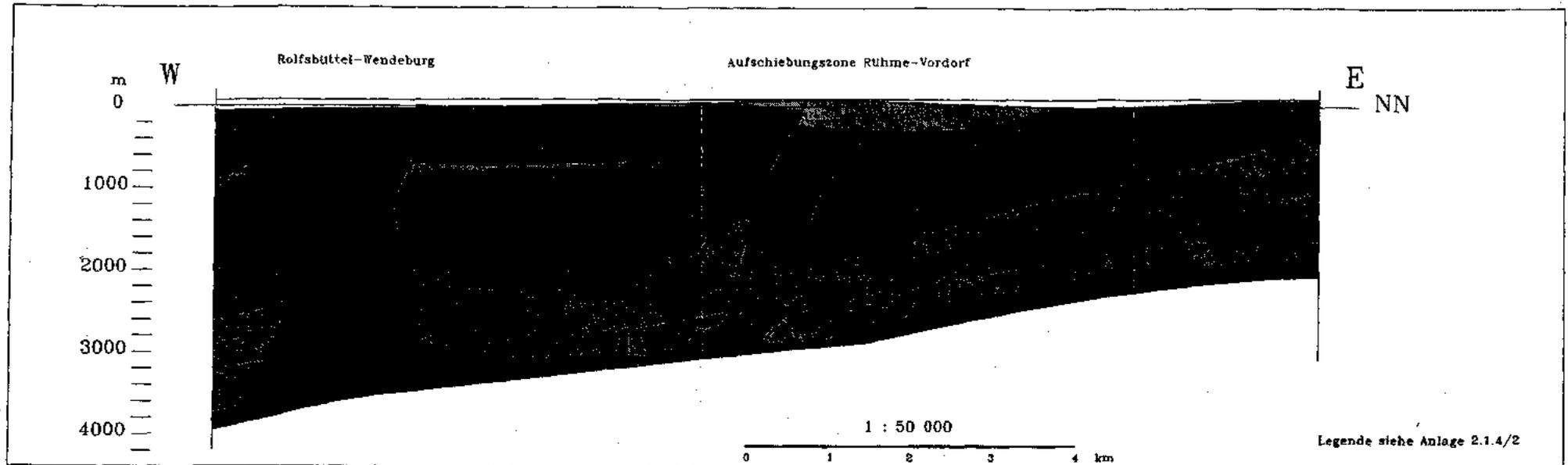
Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Archiv-Nr.: 111 134

Anlage: 2.1.4/8



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Kourad	
<b>PROFIL 16</b>	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter: <span style="background-color: black; color: black;">████████</span>	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 2.1.4/9



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachanlage Konrad

## PROFIL 20

Datum: 31.08.1983

Maßstab: 1 : 50 000

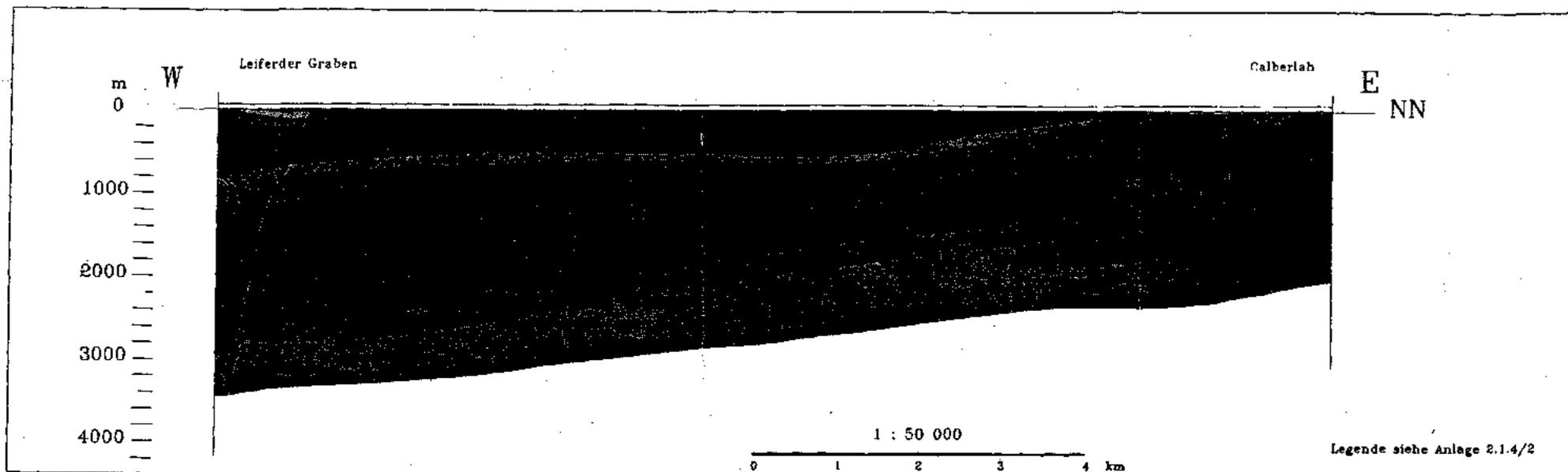
Bearbeiter: ██████████

Archiv-Nr.: 111 134

Anlage: 2.1.4/10

Anlage 2.1.4/11

NLB  
Archiv-Nr.: 111 134



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLB)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachtanlage Konrad

## PROFIL 25

Datum: 31.08.1993

Maßstab: 1 : 50 000

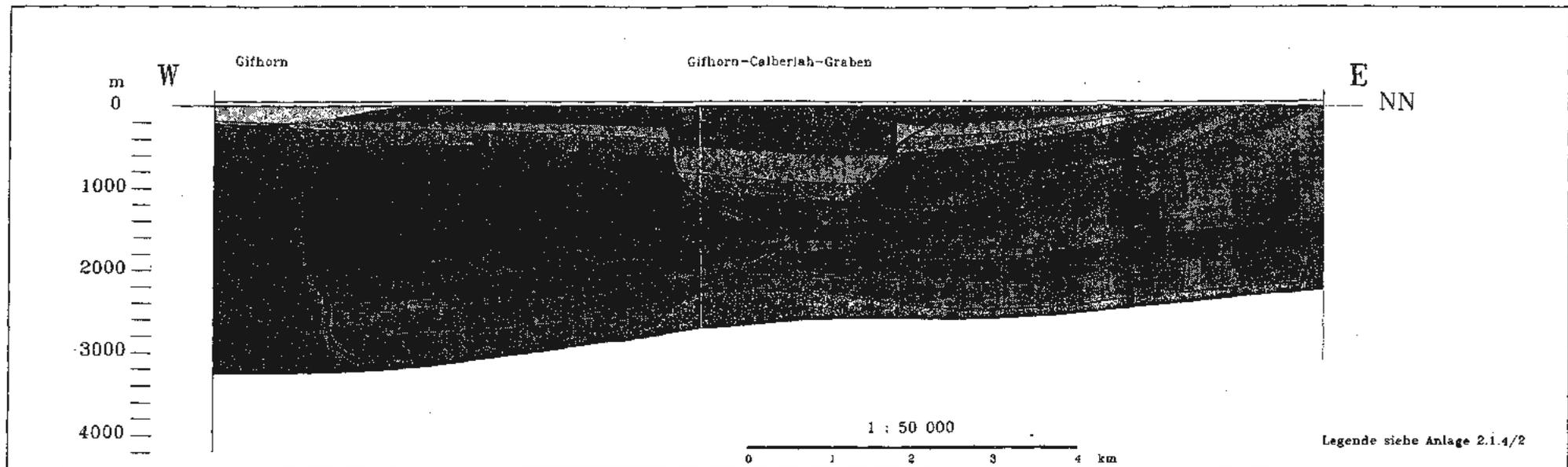
Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Archiv-Nr.: 111 134

Anlage: 2.1.4/11

Anlage 2.1.4/12

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachanlage Konrad

## PROFIL 29

Datum: 31.06.1993

Maßstab: 1 : 50 000

Bearbeiter: [REDACTED]

Archiv-Nr.: 111 134

Anlage: 2.1.4/12

Anlage 2.1.4/13

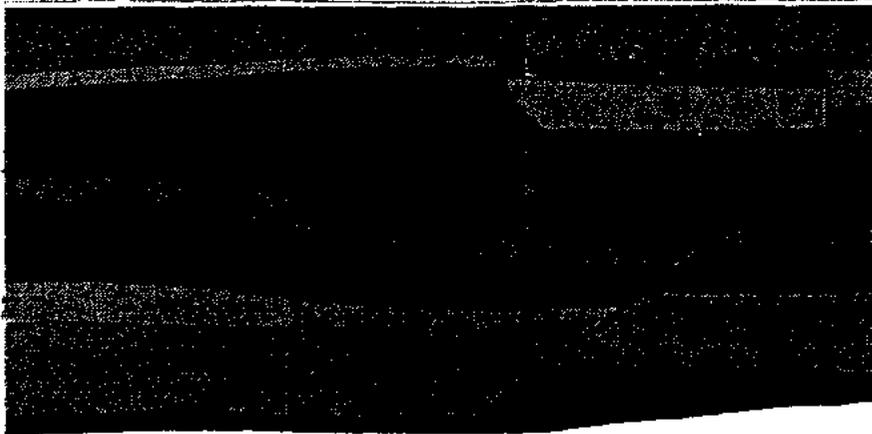
NLFB

Archiv-Nr.: 111 134

Gifhorn-Calberlah-Graben

NE

NN



1 : 50 000

2 3 4 km

Legende siehe Anlage 2.1.4/2

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachtanlage Konrad

## PROFIL A

Datum: 31.08.1993

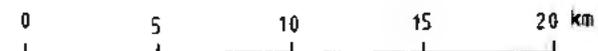
Maßstab: 1 : 50 000

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Archiv-Nr.: 111 134

Anlage: 2.1.4/13

- + Eckpunkte der TK 25
- Grenze des Modellgebietes mit den Endpunkten der geologischen Profile
- 1 Schächte Konrad 1 und 2
- ∪ Salzstockrand
- FF Abschiebung
- ▲ Aufschiebung/Überschiebung



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB)

Geowissenschaftliches Gutachten  
zum Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachanlage Konrad

Strukturskizze  
des Modellgebietes Konrad

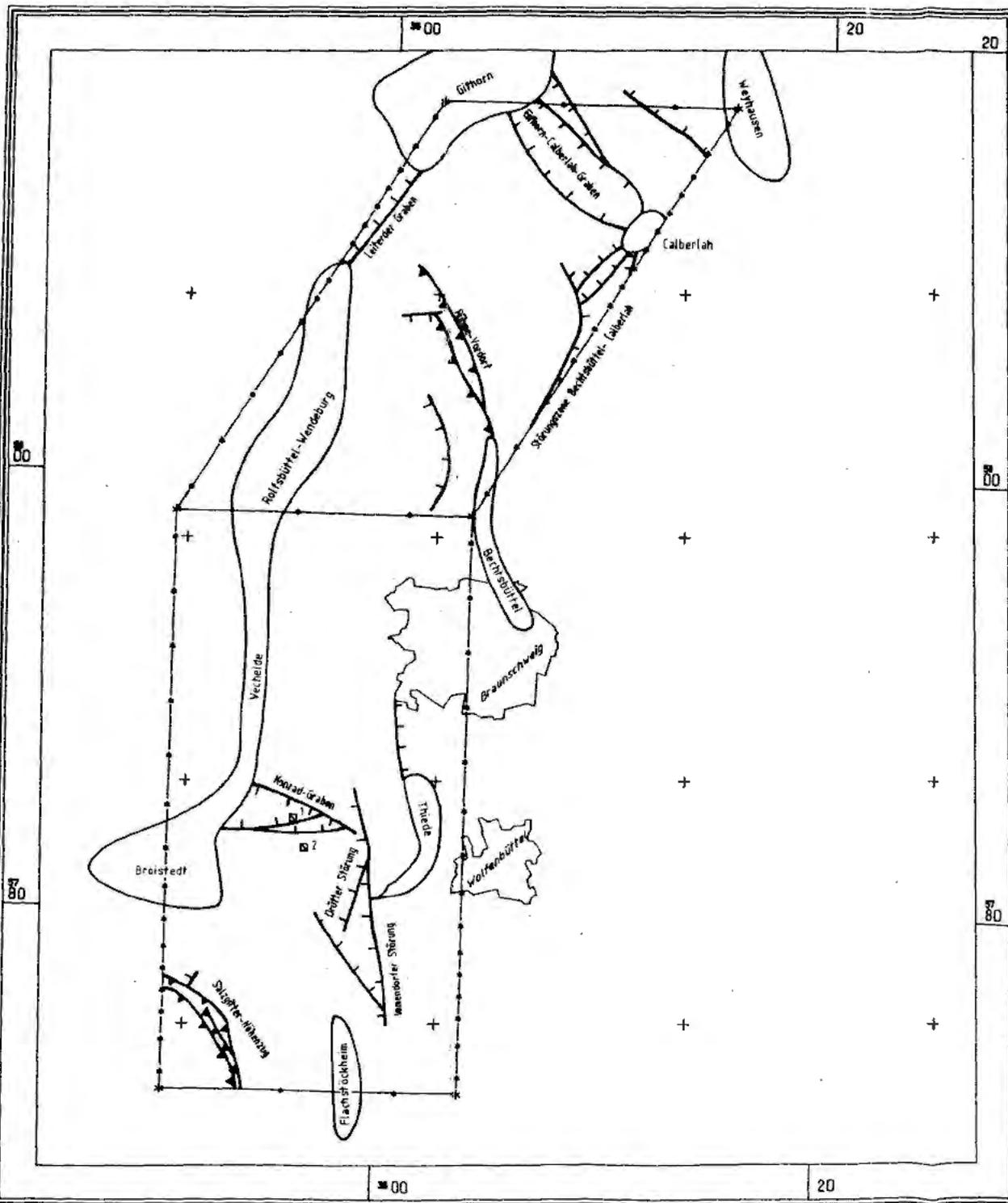
Datum: 31.08.93

Maßstab: 1 : 200 000

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Archiv-Nr.: 111 134

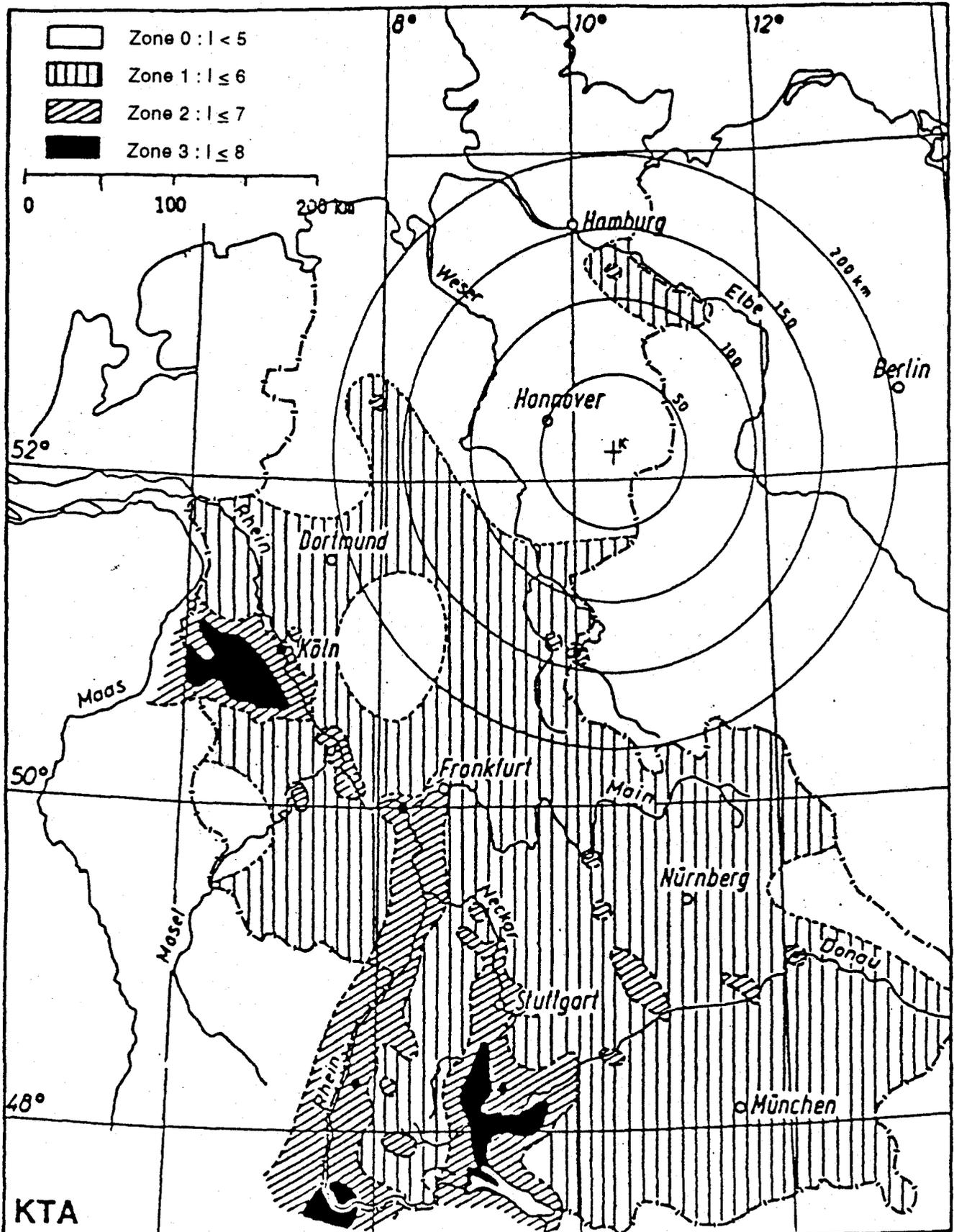
Anlage: 2.1.4/14



Liste der Erdbeben im Umkreis von ca. 200 km um den Standort  
Konrad (aus Plan 4/90, Tab. 3.1.9.3/1)

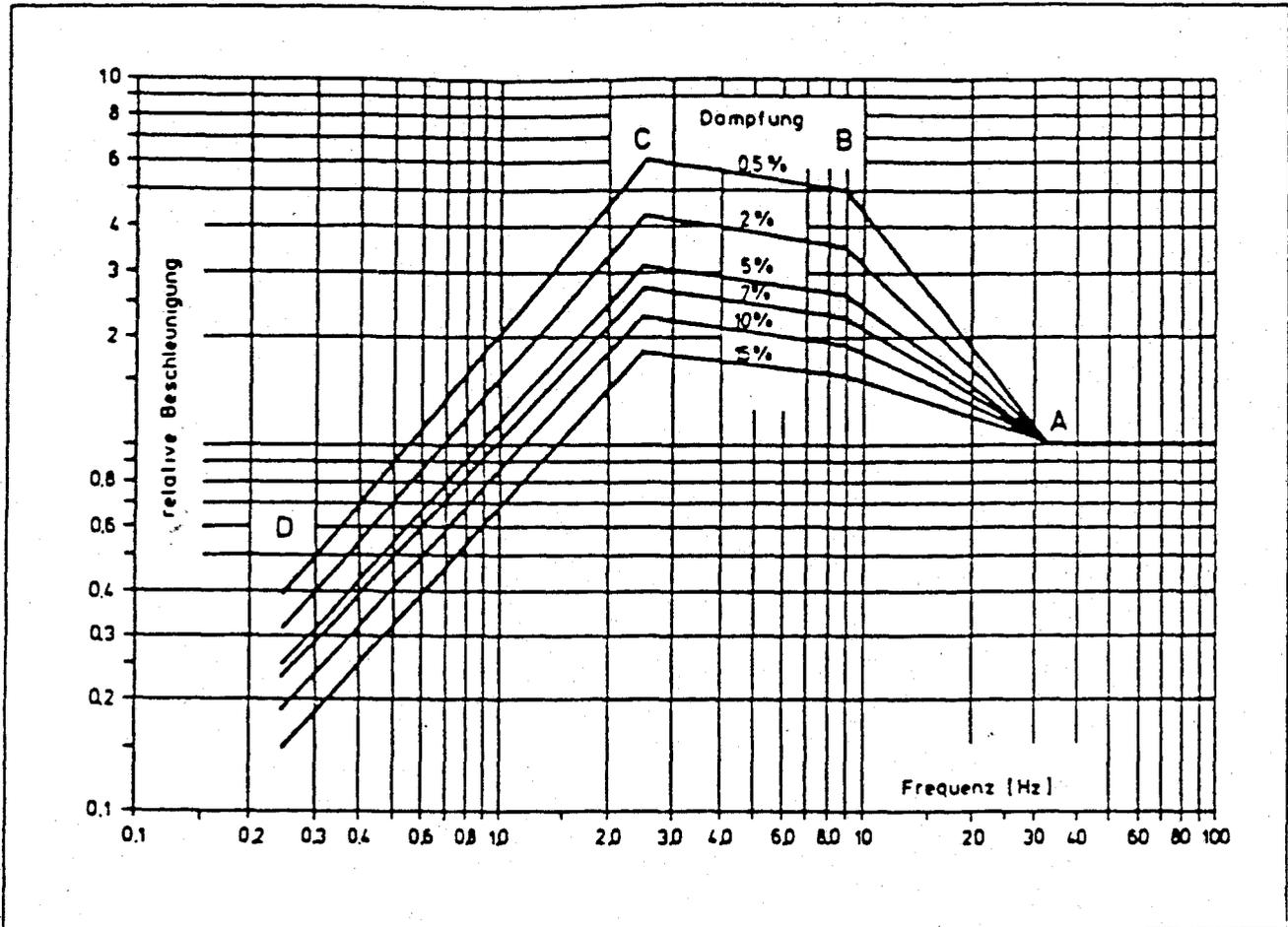
Datum			Uhrzeit	Koordinaten		Tiefe	Magnitude			Intens.	Rs	Art	Dist	Epizentrum
a	mon	d	h min s	Breite	Länge	km	MI	Ms	Mk	Io	km		km	
<b>1. Norddeutsches Tiefland</b>														
1012				52 30.	11 30.					V-VI	100		82	Altmark
1298				52 08.	11 37.					IV			83	Magdeburg
1323				53 15.	10 25.					VI			119	Lüneburg
1410	08	23	22	53 00.	12 30.	15				VII	180		168	Prgnitz
1412	11	28		53 00.	12 00.					V			141	Prgnitz
1576	04	27	10:30	52 00.	11 40.					IV-V	30		89	Magdeburg
1612	10	01		52 04.	08 42.					IV			118	Bielefeld
1767	01	20	09:30	51 41.	08 20.					V	35		153	Lippstadt
1770	09	03	11:45	52 30.	08 00.					VII			168	Alfhausen
1771	08	08		53 33.	10 00.	1				V		E	154	Hamburg
1789	05	17		52 25.	12 25.					IV			139	Plau a. d. Havel
1797	01	19		51 59.	09 16.	1				V		E	81	Bad Pyrmont
1876	10	31	11:50	52 23.	12 56.					IV			174	Werder/Potsdam
1929	09	29		53 32.8	09 49.4	1				IV		E	157	Hamburg
1964	06	04	22:28:22	51 59.	09 16.	1	3.2			IV-V	15	E	81	Bad Pyrmont
1977	06	02	13:22:23	52 56.9	09 56.7	8	4.0			V-VI	30		91	Soita
1980	08	10	21:54:28	52 04.	10 02.	1	1.6			III-IV		B	29	Bad Salzdetfurth
1980	10	06	19:54:31	52 18.	07 48.	1	2.8			IV	6	B	179	Mettingen
1981	07	13	08:12:44	52 15.7	07 42.5	2	4.1			VI	9	B	185	Ibbenbüren
1982	11	22	18:00:41	52 16.	07 48.	1	2.7			IV		B	178	Mettingen
1982	12	28	03:54:01	52 18.	07 42.		2.7					B	185	Ibbenbüren
1983	04	19	15:46:25	52 13.2	09 52.8	1	1.8			V	3	B	36	Ahrbergen
1984	12	21	0:33:46	52 48.0	10 50.4	5	2.6						75	Salzwedel
<b>2. Hessische Senke und Rheinisches Schiefergebirge</b>														
1735	08	07		50 35.	08 42.					V	70		214	nahe Gießen
1767	04	13	00:30	51 00.	09 42.	2			4.0	VI-VII	70	E	140	Rotenburg/Fulda
1903	12	15		50 50.	10 01.	1				IV		E	153	Philippsthal
1903	12	15		50 20.	09 48.					III-IV	7		210	Rhön
1933	01	15	22:30	50 30.	09 34.	1				IV-V	17	E	196	SW Fulda
1953	02	22	20:16:21	50 55.	10 00.	1			5.4	VIII	20	G	144	Herrngen
1953	02	22	20:34:36	50 54.	10 00.	1		4.3				G	146	Herrngen
1958	07	08	05:02:24	50 50.	10 07.	1			5.2	VII-VIII	19	G	152	Merkers
1961	07	29	12:52:49	50 49.	10 06.		3.5					G	154	Merkers
1975	06	23	13:17:36	50 48.	10 00.	1	5.2	5.0	5.3	VIII	75	G	156	Sünda
1977	11	18	15:12:33	50 40.	09 25.		2.6						182	E Aisfeld
1978	03	20	15:21:43	50 42.	09 54.		2.5						169	nahe Fulda
1978	05	26	14:23:24	50 50.	09 03.	10	2.7						177	W Ziegenhain
1978	06	09	12:33:16	50 42.	09 54.		2.4						169	nahe Hünfeld
1978	07	19	16:45	51 06.	09 18.		2.8						143	nahe Kassel
1981	03	20	14:42:33	51 18.	08 48.	5	2.5						148	Rothaargebirge
1982	01	29	23:03:51	50 48.	09 40.	8	3.4			V	22		162	S Bad Hersfeld
1982	03	16	09:46:06	50 44.	09 43.		2.6						168	S Bad Hersfeld
1982	11	05	11:08:07	50 30.	09 36.		2.9						196	nahe Fulda
1983	04	28	11:54:06	50 24.6	09 35.4	10	2.4						205	Rhön
1983	09	20	13:55:40	50 42.0	09 37.2	6	2.7						174	Vogelsberg
1984	07	09	12:43:09	50 36.0	09 54.0		2.2						180	NE Fulda
<b>3. SE Standortbereich, Leipziger Bucht, Sachsen und Thüringen</b>														
1323				51 14.	12 43.					VII			191	Grimma
1553	08	17	19:30	51 35.	13 00.					VIII			191	Torgau
1695	04	18		50 58.	11 54.					V			170	Eisenberg/Thüringen
1711	10	25	19:15	51 20.	12 20.					VI	60		163	Leipzig
1847	04	07	19:30	50 24.	11 00.					VII	100		203	Eisfeld/Thüringen
1857	06	07	15:07	50 53.	12 22.					V	75		198	Weissenfels
1866	01	27	11:40	51 16.	12 35.					IV-V			182	SE Leipzig
1872	03	06	16	50 48.	12 18.	15			5.6	VIII	290		202	Posterstein
1883	10	20	22:30	50 50.	12 18.					V	50		199	Gera
1894	05	15		51 32.	11 33.					VI			107	Eisleben
1905	08	17		51 20.	12 25.	11		4.1		V-VI			168	Leipzig
1908	12	19		51 03.	12 49.	13		4.0		V-VI			209	Rochlitz
1926	01	28	17:57:39	50 51.	11 44.	1	3.2			VI	8	E	175	Stadtröda
1940	05	24	19:08:58	51 28.	11 47.5	1		5.5		VIII	25	G	124	Krügershall
1971	04	04	05:00:53	51 45.	11 31.	1	4.6					G	90	Aschersleben
1977	10	11	19:08:56	51 11.	11 34.		3.0						137	N Weimar
1978	09	22	08:55	51 30.	12 00.		2.8						133	nahe Halle
1980	10	13	01:09:01	51 26.	10 30.	1	3.2					B	84	Bleicherode
1981	04	08	17:52:34	51 30.	11 06.	5	2.6						90	NE Nord./Harz
1981	07	05	13:29:44	51 26.	11 23.	1	2.5					B	107	Bleicherode
1981	07	22	11:31:13	51 18.	11 24.		2.7						120	Kyffhäuser
1982	02	20	04:34:37	51 19.	12 26.	10	2.8						170	NW Leipzig
1982	05	05	08:55:33	51 12.	11 24.		2.7						129	Kyffhäuser
1982	05	07	23:42:06	51 20.	10 41.	1	2.6					B	96	Bleicherode
1982	05	10	08:28:39	51 12.	11 18.		2.7						126	Kyffhäuser
1982	12	01	03:55:26	51 32	10 43.	1	2.7					B	75	Bleicherode
1983	07	02	03:18:47	51 26.4	10 33.6	1	3.5					B	83	Bleicherode

Erläuterungen: MI = lokale Magnitude; Ms = Oberflächenwellen-Magnitude; Mk = makroseismisch bestimmte Magnitude; Io = Epizentralintensität (12teilige MSK-Skala); Rs = makroseismischer Schütteradius; Art (= Bebenart): B = Ereignis im Bergbaubereich; E = natürliches Einsturzbeben; G = Gebirgsschlag in Bergwerk; ohne Kennbuchstaben = tektonisch; Dist = Epizentralentfernung zum Standort Konrad



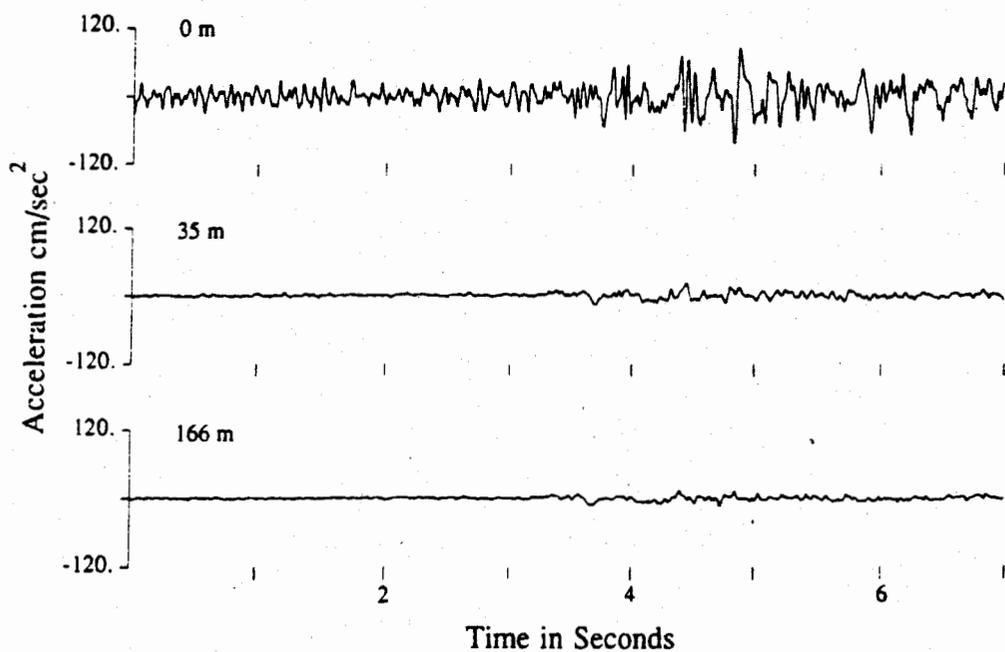
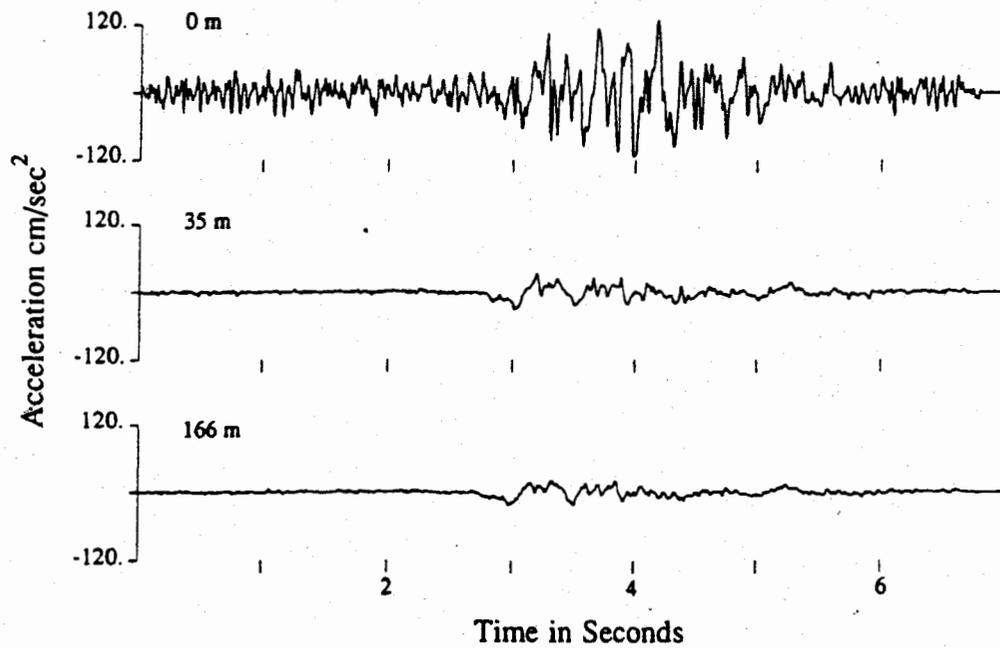
Lage des Standortes Konrad auf der Karte der Erdbebenzonen nach KTA 2201/1 (1975)

Frequenzantwortspektren für den Standort Konrad  
(aus Plan 4/90, Abb. 3.1.9.3/3)



Dämpfungsanteil in % der krit. Dämpfung	Vergrößerungsfaktoren für den Einhängewert bei den Kontrollpunkten			
	A (33 Hz)	B (9 Hz)	C (2.5 Hz)	D (0.25 Hz)
0.5	1.0	4.96	5.95	0.39
2	1.0	3.54	4.25	0.31
5	1.0	2.61	3.13	0.25
7	1.0	2.27	2.72	0.23
10	1.0	1.90	2.28	0.19
15	1.0	1.55	1.80	0.15

Registrierungen der horizontalen Bodenbeschleunigung an der Erdoberfläche und im Bohrloch in 35m und 166m Tiefe während des Round-Valley-Erdbebens mit  $M_L=5.8$  (oben) und während des Chalfant-Valley-Erdbebens mit  $M_L=6.4$  (unten) nach SEALE & ARCHULETA (1989)



Anlage 3.1.1/1

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134



94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76  
74  
72

Erläuterung der Abkürzungen und Zeichen:

- |          |                        |
|----------|------------------------|
| Klärant. | Kläranlage             |
| PW       | Pumpwerk               |
| WT       | Wasserturm             |
| WW       | Wasserwerk             |
| →        | Gewässer fließrichtung |



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
GEWASSERNEZ im Modellgebiet Konrad	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter:	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3-1.1/1

# STANDARDPROFIL HYDROGEOLOGIE

Anlage 3.2.2/1

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134

Stratigraphie			Hydrogeologische Einheit		
		Quartär	Quartär		
		Tertiär	Tertiär		
K R E I D E	O - K r e i d e	Maastricht Campan Santon Conlac	"Emscher"  Emscher-Mergel		
		Turon Cenoman		"Oberkreide"	
					Plänerkalke bis Flammenmergel
				Alb Oberalb Mittelalb Unteralb	Flammenmergel  Hilssandstein
				Apt Barrême Hauterive Valangin (tonig)	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)
			Transgressionshorizont		
		Valangin (sandig) Wealden	Valangin (sandig) und Wealden		
	J U R A	M a i m	Tithon Kimmeridge	Tithon und Kimmeridge	
			Oxford	Oxford	
		D o g g e r	Callovium Bathonium	Callovium und Bathonium (tonig)	
			Cornbrash-Sandstein		
			Ober-Bajocium  Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Ober-Bajocium)		

Stratigraphie			Hydrogeologische Einheit
J U R A	D o g g e r	Bajocium	Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)
			Oberes Aalenium
			Dogger-beta-Sandstein
			Aalenium
			Unteres Aalenium
	L i a s	Toarcium Pliensbachium Sinemurium	Unteres Aalenium bis Sinemurium
		Hettangium	Hettangium und Oberer Keuper
			Oberer Keuper
			Mittlerer Keuper Unterer Keuper
			Mittlerer und Unterer Keuper
M u s s e l k a l k	Oberer Muschelkalk Mittlerer Muschelkalk Unterer Muschelkalk	Oberer Muschelkalk Mittlerer Muschelkalk Unterer Muschelkalk	
	Oberer Buntsandstein (Röt) Mittlerer Buntsandstein Unterer Buntsandstein	Oberer Buntsandstein Mittlerer Buntsandstein Unterer Buntsandstein	
Z e c h s t. t.	Zechstein	Zechstein	

# Legende

zu den hydrogeologischen Profilen

(Lage der Profile s. Anl. 2.1.4/1)

Anlage 3.2.2/2

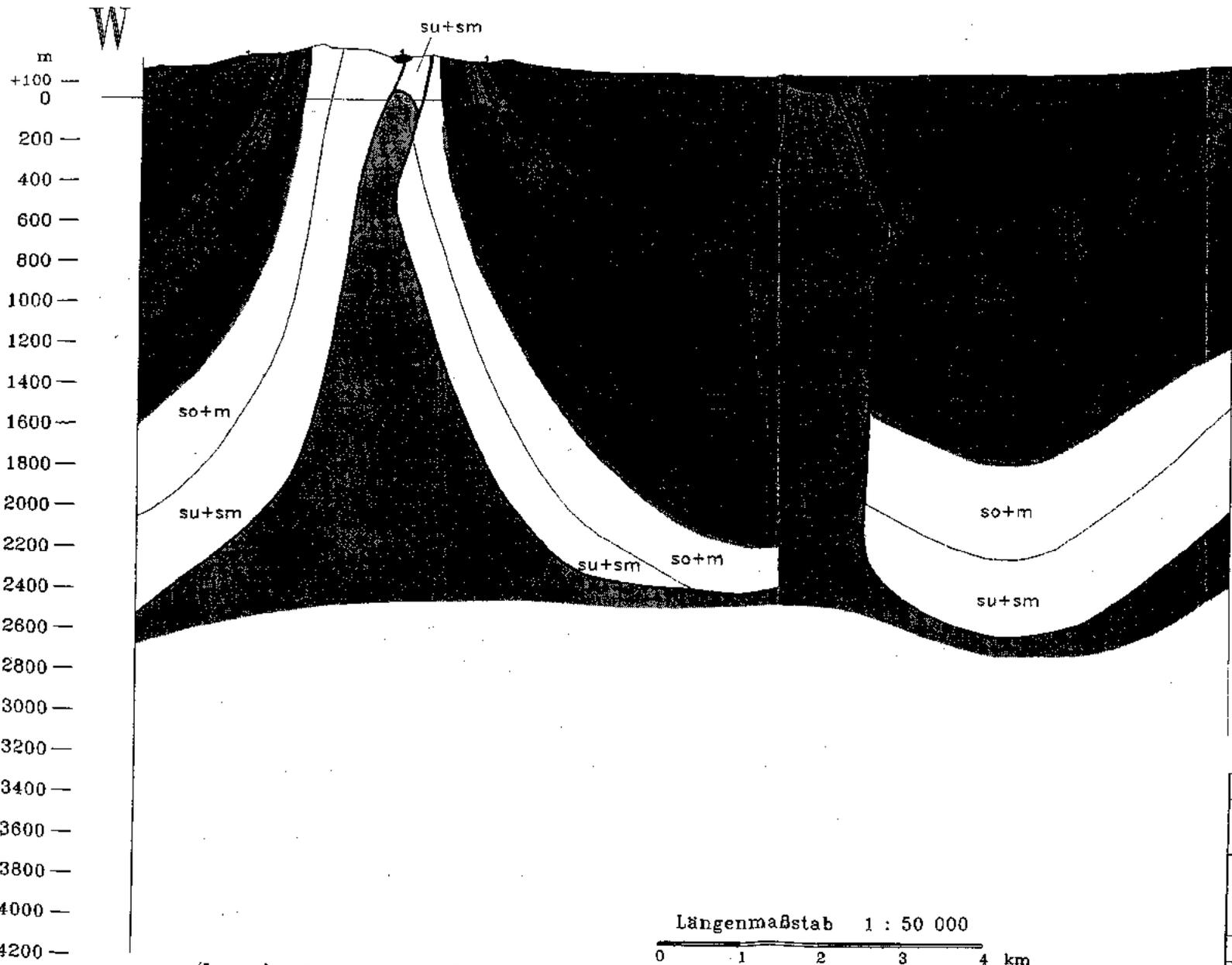
NLFB

Archiv-Nr.: 111 134

Nr. der hydrogeol. Einheit      Stratigraphie  
(Hydrogeol. Einheit)

1	Quartär
2	Tertiär
3	Emscher-Mergel
4	Plänerkalke bis Flammenmergel
5	Alb (tonig)
6	Hilssandstein
7	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)
8	(entfällt, vgl. Kap. 3.2.2)
9	Valangin (sandig) und Wealden
10	Tithon und Kimmeridge
11	Oxford
12	Callovium und Bathonium (tonig)
13	Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Ober-Bajocium)
14	Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)
15	Dogger-beta - Sandstein (Oberes Aalenium)
16	Unteres Aalenium bis Sinemurium
17	Hettangium und Oberer Keuper
18	Mittlerer und Unterer Keuper
19	Oberer Muschelkalk

so+m	Muschelkalk und Oberer Buntsandstein
su+sm	Mittlerer und Unterer Buntsandstein

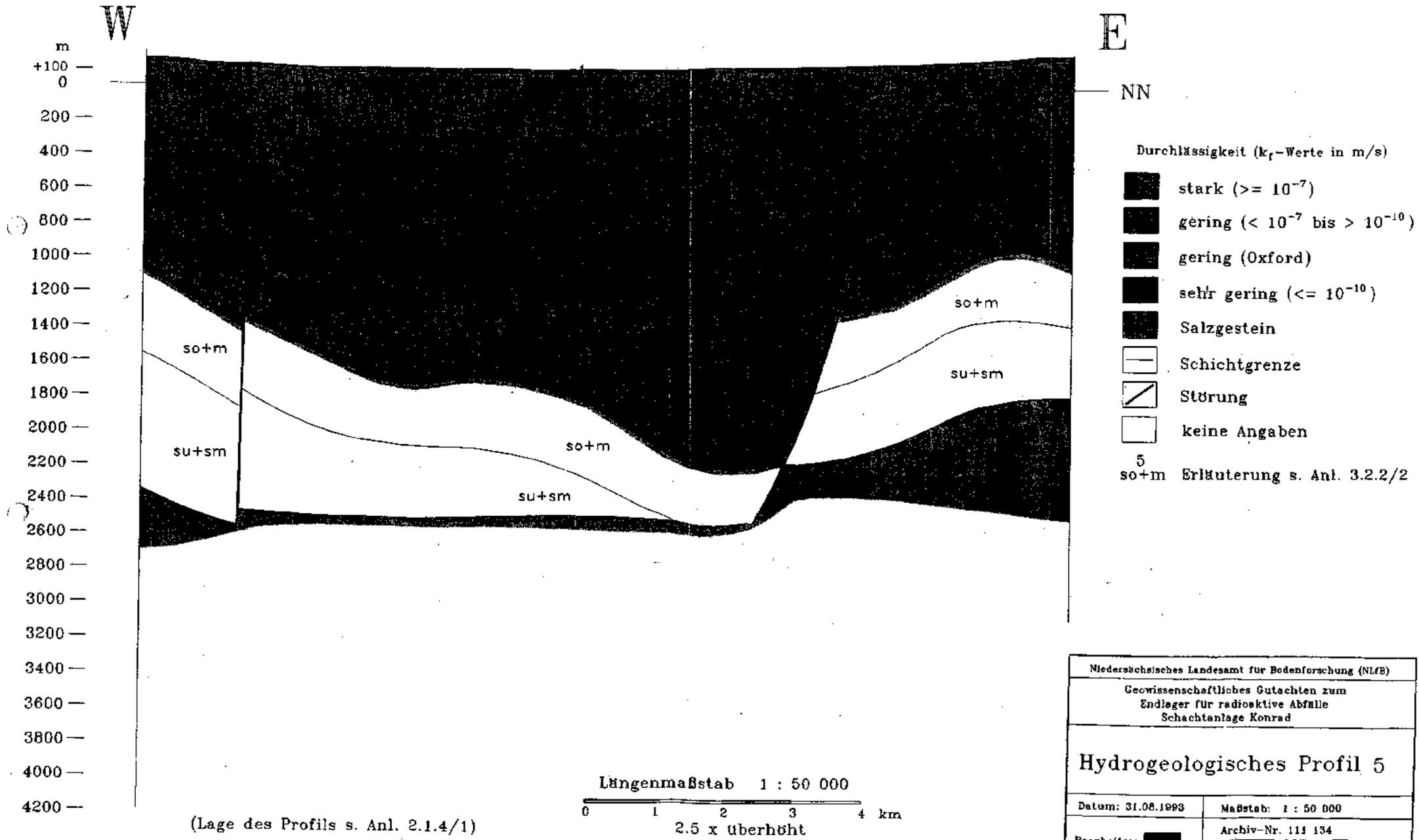


- E
- NN
- Durchlässigkeit ( $k_f$ -Werte in m/s)
- stark ( $\geq 10^{-7}$ )
  - gering ( $< 10^{-7}$  bis  $> 10^{-10}$ )
  - gering (Oxford)
  - sehr gering ( $\leq 10^{-10}$ )
  - Salzgestein
  - Schichtgrenze
  - Störung
  - keine Angaben
- 5  
 so+m Erläuterung s. Anl. 3.2.2/2

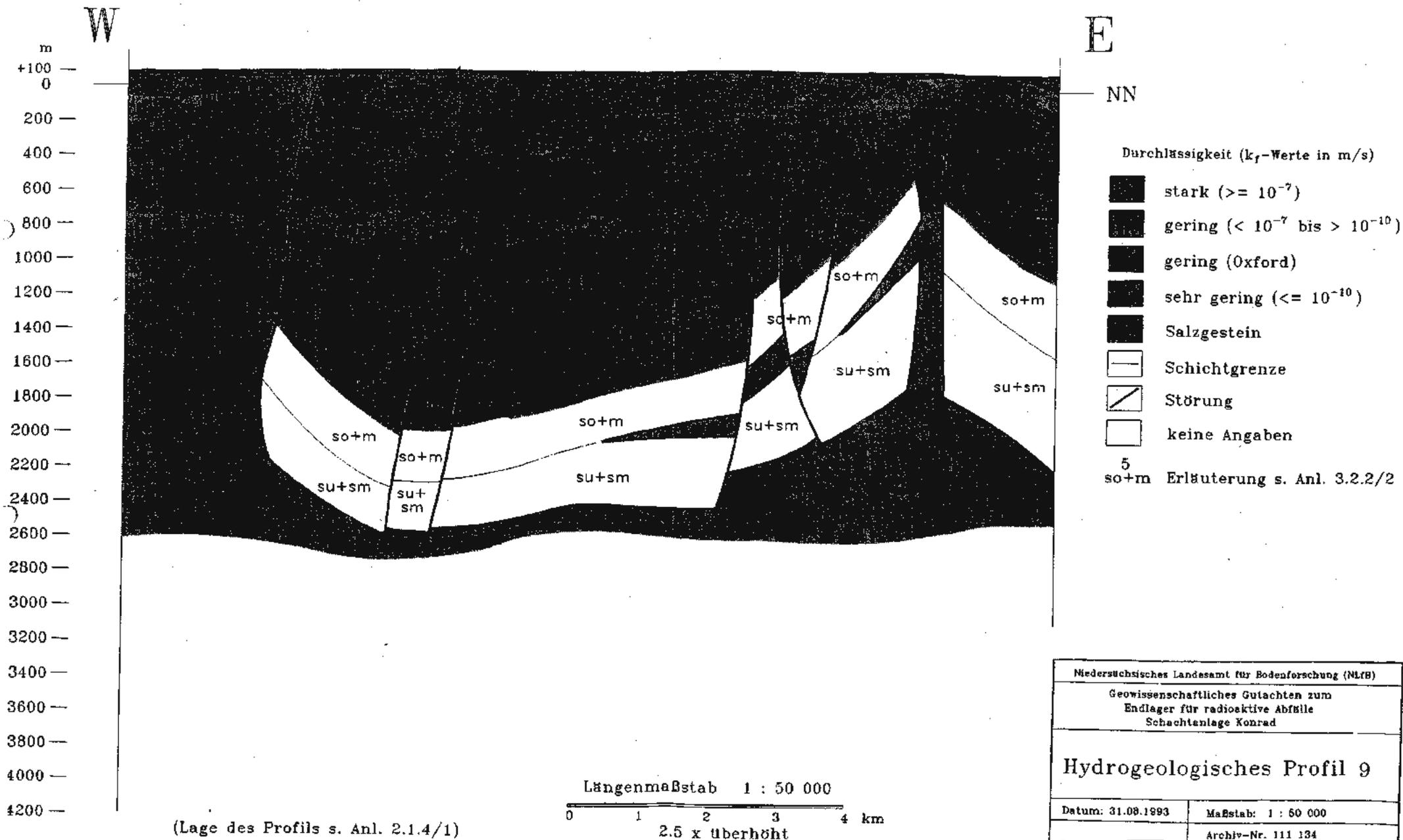
(Lage des Profils s. Anl. 2.1.4/1)

Längenmaßstab 1 : 50 000  
 0 1 2 3 4 km  
 2.5 x überhöht

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
<b>Hydrogeologisches Profil 1</b>	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter: <span style="background-color: black; color: black;">          </span>	Archiv-Nr. 111 134
	Anlage: 3.2.2/3



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Hydrogeologisches Profil 5	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter:	Archiv-Nr. 111 134
	Anlage: 3.2.2/4



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachtanlage Konrad

### Hydrogeologisches Profil 9

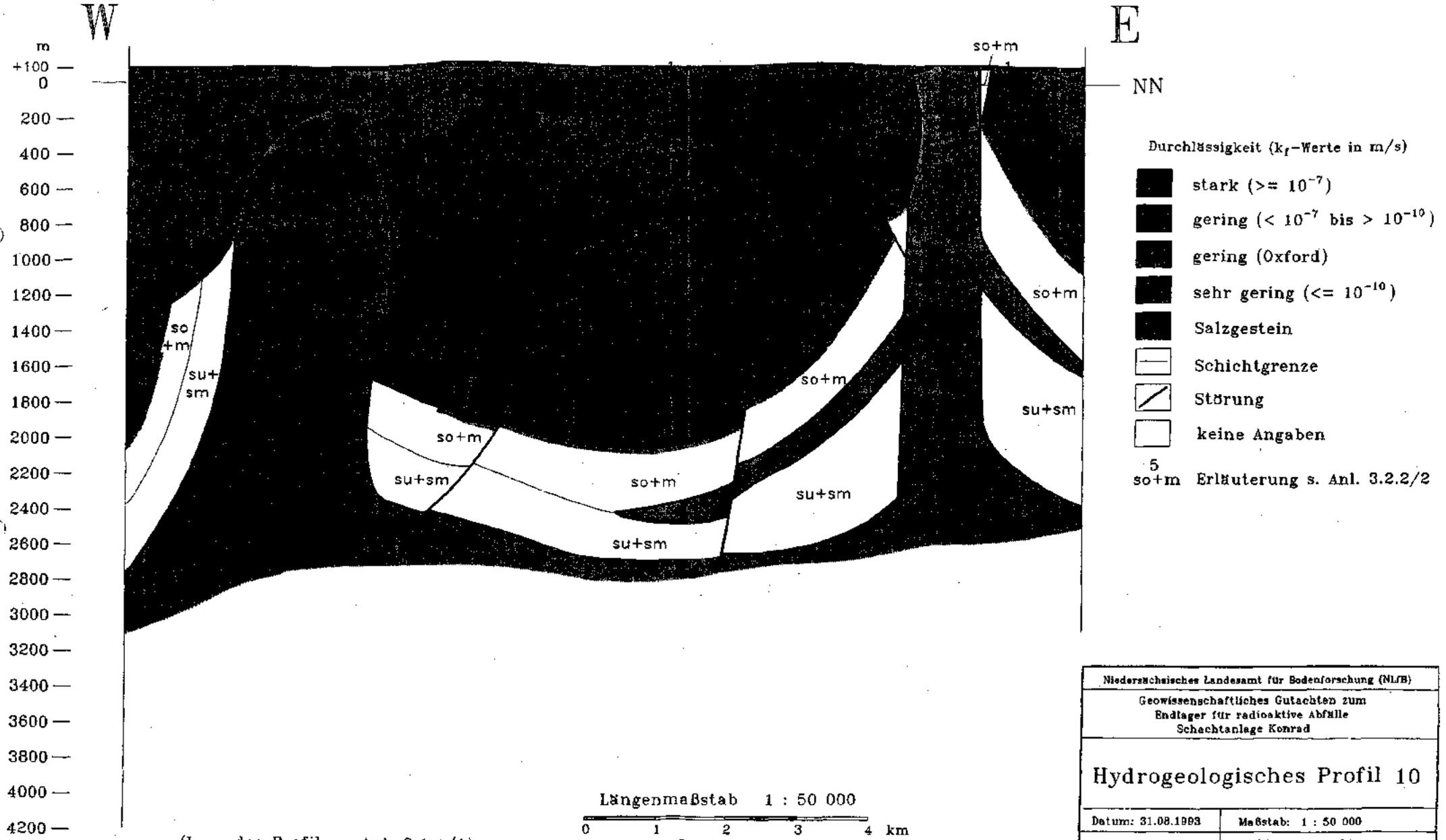
Datum: 31.08.1993

Maßstab: 1 : 50 000

Bearbeiter:

Archiv-Nr. 111 134

Anlage: 3.2.2/5

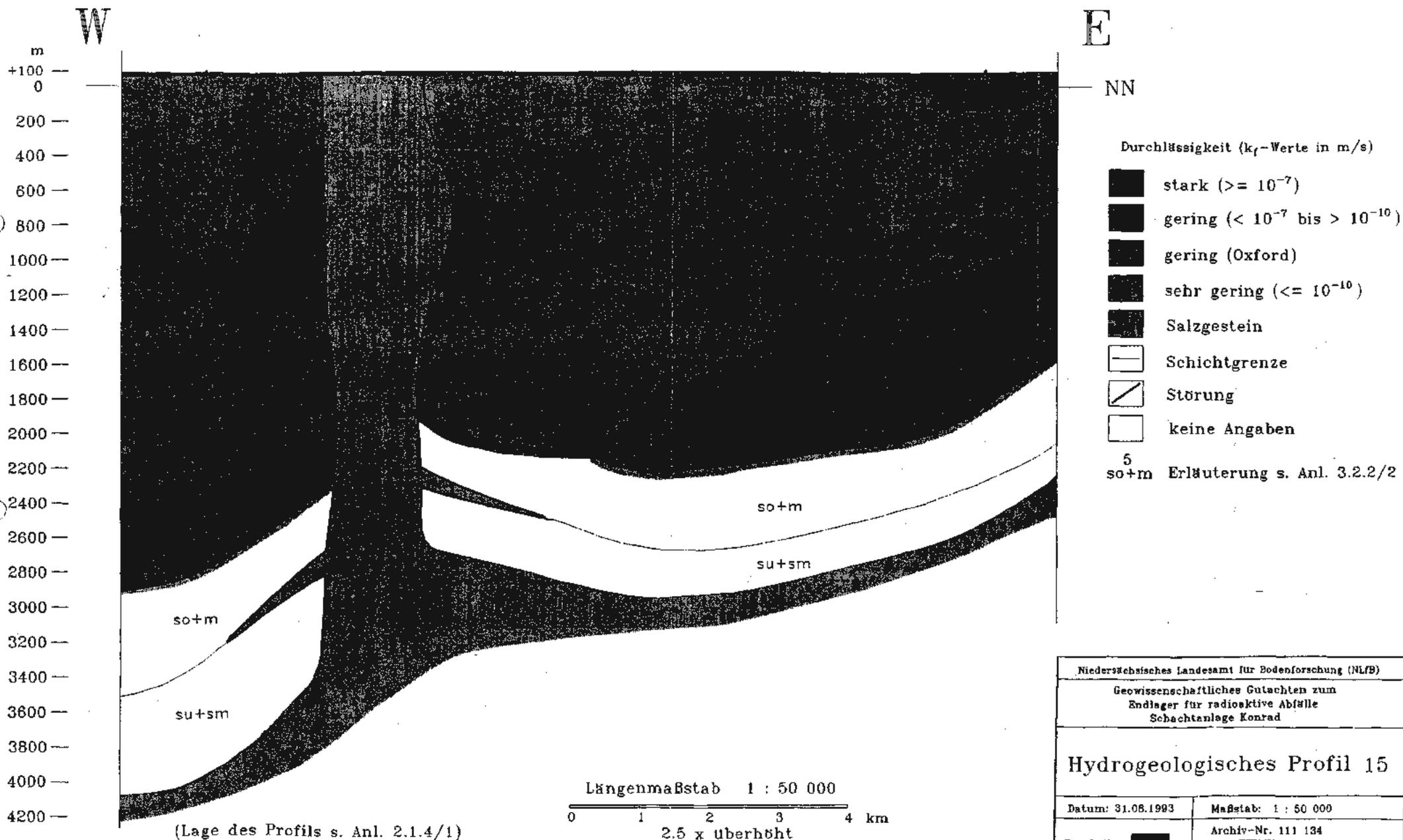


- Durchlässigkeit ( $k_f$ -Werte in m/s)
- stark ( $\geq 10^{-7}$ )
  - gering ( $< 10^{-7}$  bis  $> 10^{-10}$ )
  - gering (Oxford)
  - sehr gering ( $\leq 10^{-10}$ )
  - Salzgestein
  - Schichtgrenze
  - Störung
  - keine Angaben
- 5  
so+m Erläuterung s. Anl. 3.2.2/2

(Lage des Profils s. Anl. 2.1.4/1)

Längenmaßstab 1 : 50 000  
0 1 2 3 4 km  
2.5 x überhöht

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schechtanlage Konrad	
<b>Hydrogeologisches Profil 10</b>	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter: <span style="background-color: black; color: black;">██████</span>	Archiv-Nr. 111 134
	Anlage: 3.2.2/6



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NL/B)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachtanlage Konrad

### Hydrogeologisches Profil 15

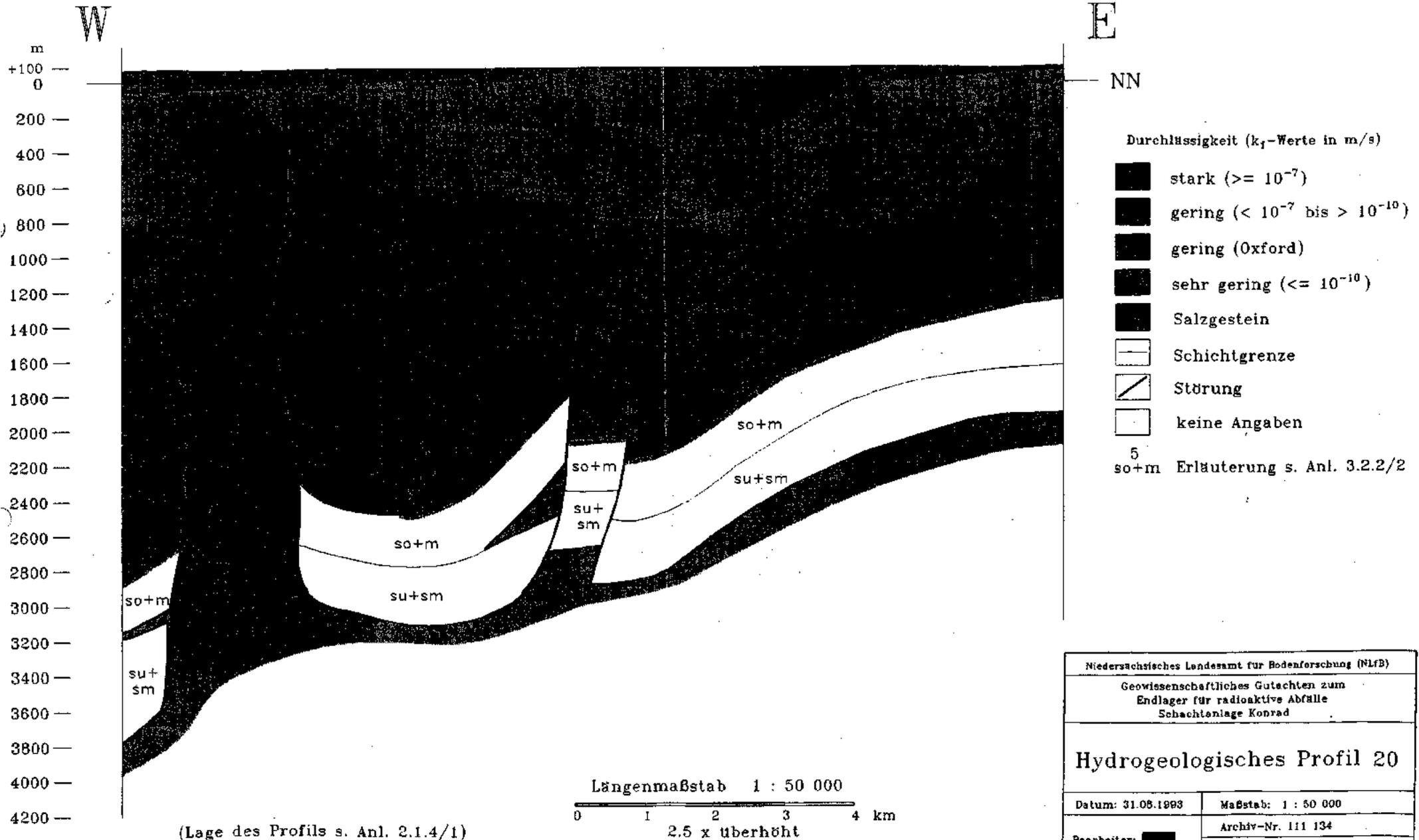
Datum: 31.08.1993

Maßstab: 1 : 50 000

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

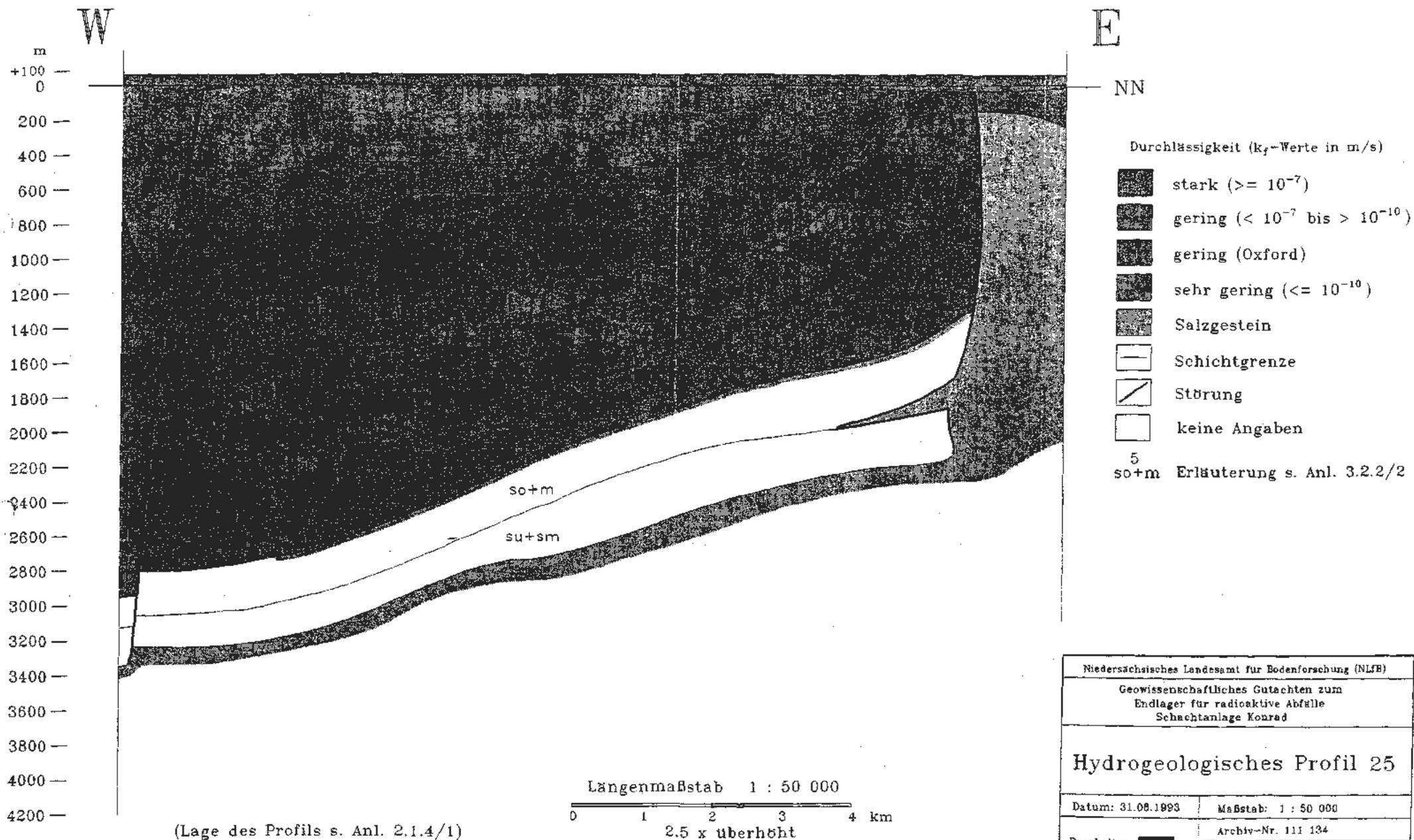
Archiv-Nr. 111 134

Anlage: 3.2.2/7



(Lage des Profils s. Anl. 2.1.4/1)

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtenlage Konrad	
<b>Hydrogeologisches Profil 20</b>	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter: <span style="background-color: black; color: black;">██████</span>	Archiv-Nr. 111 134
	Anlage: 3.2.2/8



(Lage des Profils s. Anl. 2.1.4/1)

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachanlage Konrad

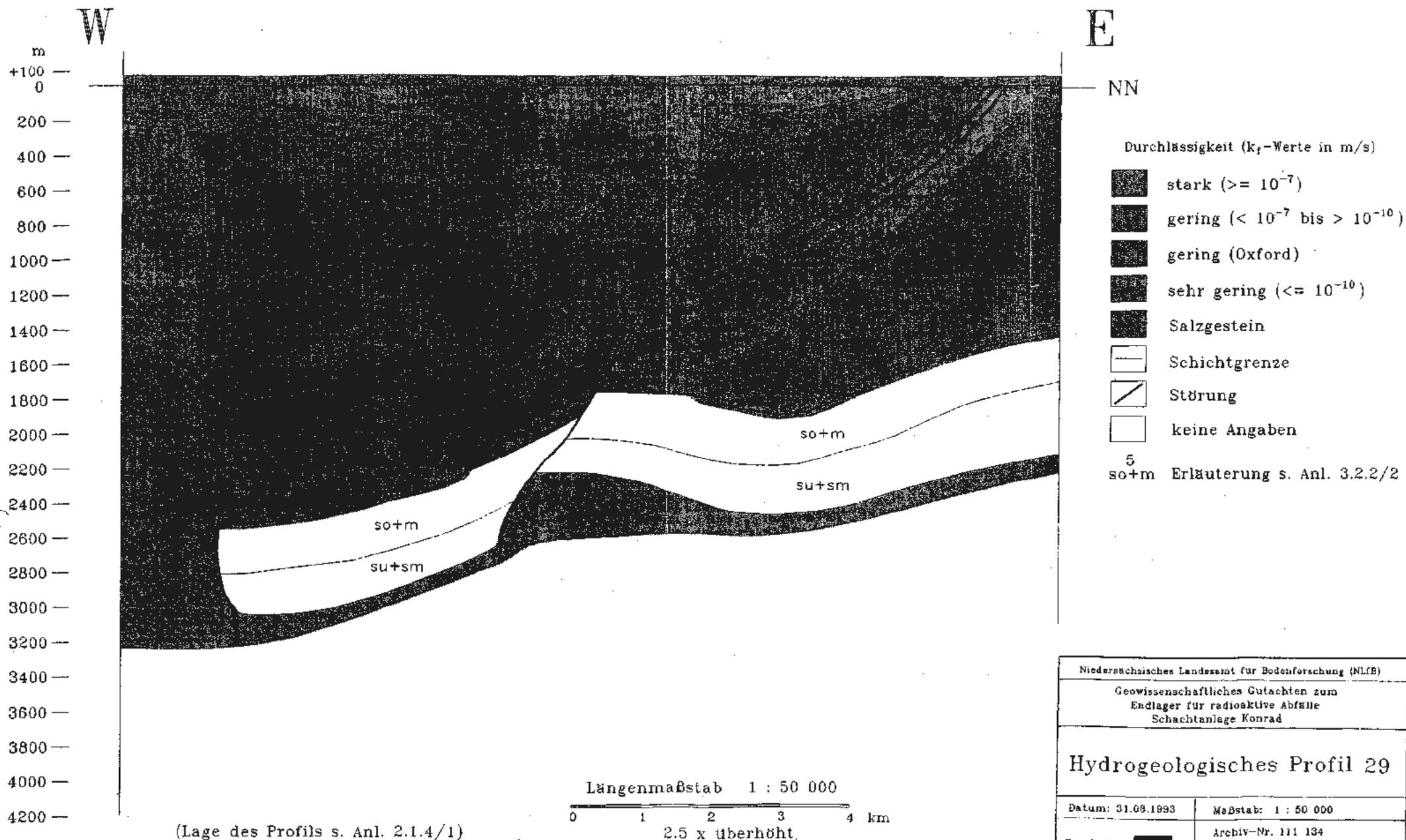
### Hydrogeologisches Profil 25

Datum: 31.08.1993 Maßstab: 1 : 50 000

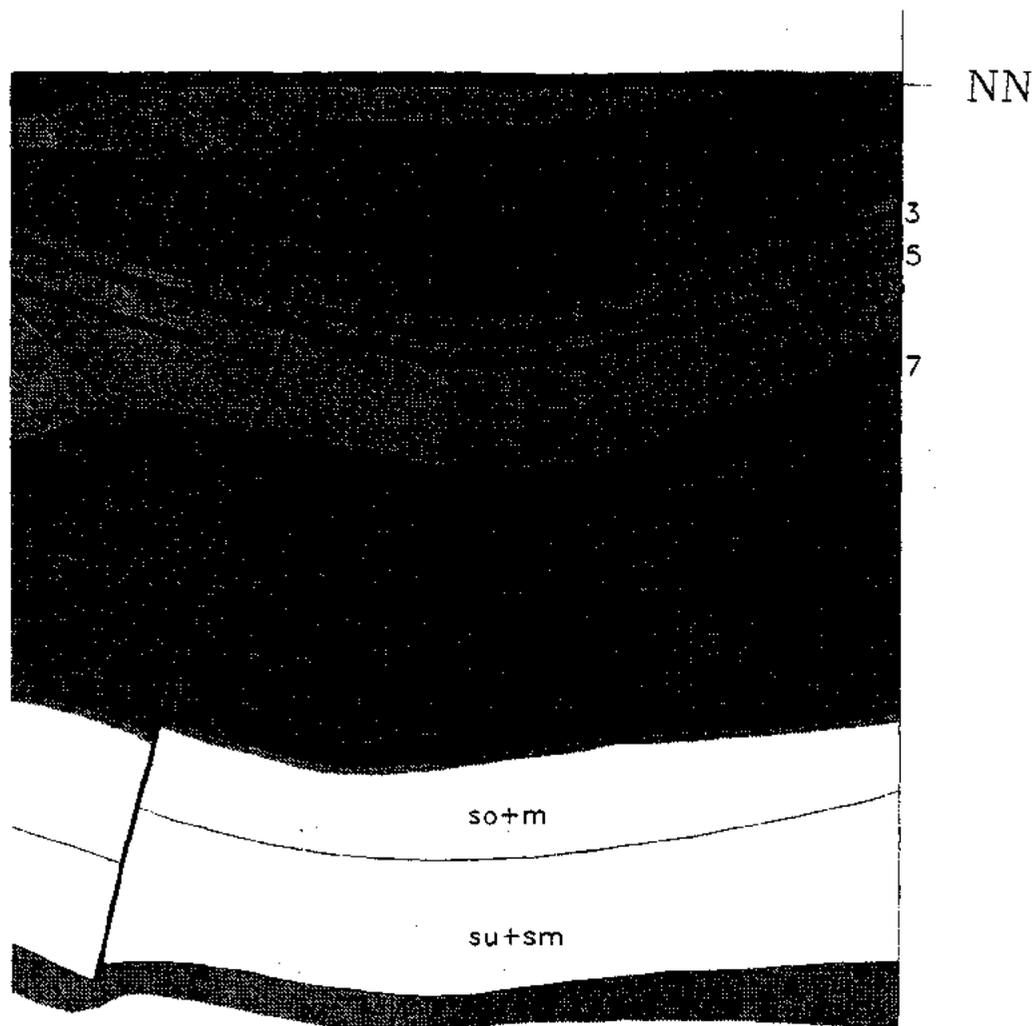
Archiv-Nr. 111 134

Bearbeiter:

Anlage: 3.2.2/9



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLfB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Hydrogeologisches Profil 29	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter:	Archiv-Nr. 111 134
	Anlage: 3.2.2/10



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
Hydrogeologisches Profil B	
Datum: 31.08.1993	Maßstab: 1 : 50 000
Bearbeiter: <span style="background-color: black; color: black;">██████</span>	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/11

Anlage 3.2.2/12

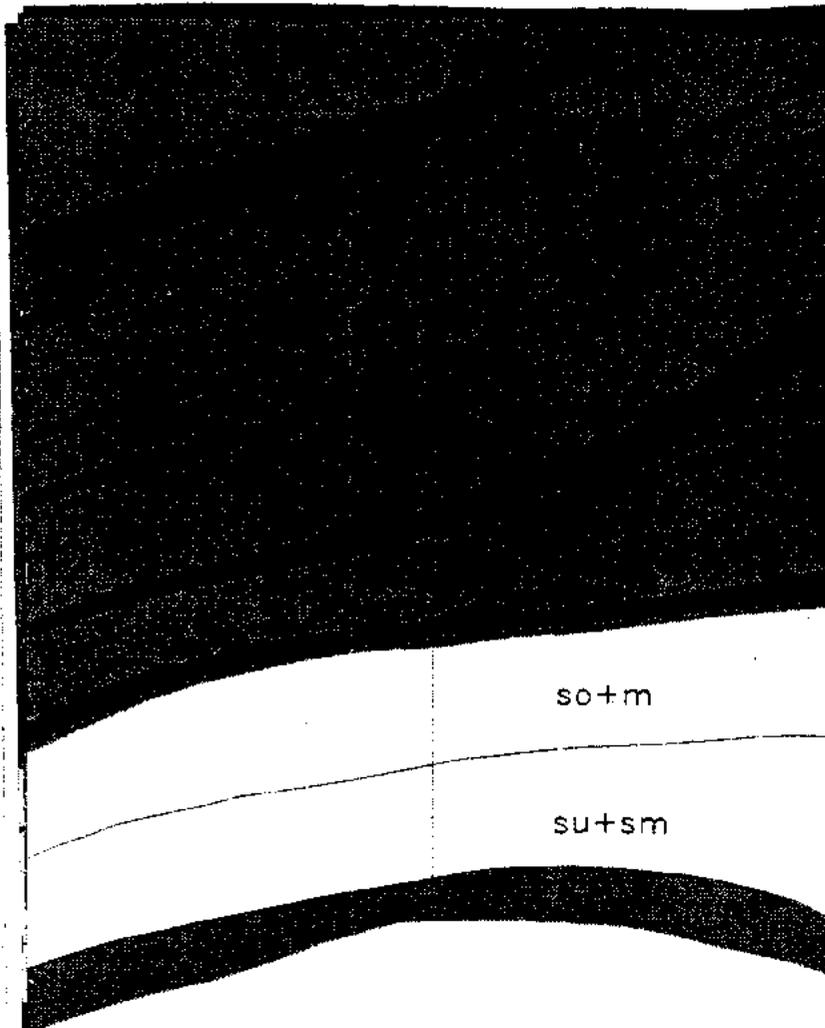
NLF/B

Archiv-Nr.: 111 134

ENE SW

NE

Knick



NN

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLF/B)

Geowissenschaftliches Gutachten zum  
Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachtanlage Konrad

## Hydrogeologisches Übersichtsprofil C

Datum: 31.08.1993

Maßstab: 1 : 50 000

Bearbeiter: XXXXXXXXXX

Archiv-Nr.: 111 134

Anlage: 3.2.2/12

## Legende zu den Tiefenlinienplänen

- + Eckpunkte der TK25
- \* Endpunkte der hydrogeologischen Modellschnitte
- ▣ Schächte Konrad 1 und 2
- Bohrung Konrad 101 (K 101)
-  Tiefenlinien der Basis einer hydrogeologischen Einheit  
bezogen auf NN  
z.B. +100 = 100 m über NN  
100 = 100 m unter NN
- Fazies-Verbreitungsgrenze
- ~~~~ Ausbiß der hydrogeologischen Einheit
- ==== Abschiebung
- ▲▲▲ Aufschiebung / Überschiebung
- Salzstockrand

Anlage 3.2.2/14

NLFB

Archiv-Nr.: 111 134



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Grenzwissenschaftliches Gutachten zur Endlagerung für radioaktive Abfälle Schichtanlage Kessel	
Tiefenlinienplan Basisfische der hydrogeologischen Einheit Quartär (Nr. 1)	
Datum: 1.1.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/14

02

04

06

08

10

12

14

16

18

Anlage 3.2.2/15

NL/B  
Archiv-Nr.: 111 134

94

92

90

88

86

84

82

80

78

76

3729 3730  
3629 3630



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NL/B)

Gewissenschaftliches Gutachten  
zum Endlager für radioaktive Abfälle  
Schachanlage Konrad

Tiefenlinienplan  
Basistfläche der Hydrogeologischen Einheit

Tertiar (Nr. 7)  
W. unter Nr.

Datum: 31.08.1990

Masstab:

Archiv-Nr.: 111 134

Anlage 3.2.2/15

102

104

106

108

110

112

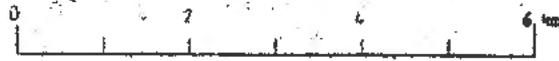
114

116

Anlage 3.2.2/16

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134

94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76  
74  
72  
70



Niedersächsisches Landesamt für Bodenkultur (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Emscher-Mergel (Nr. 3) m unter NN	
Datum: 31.08.1993	Maßstab
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/16

04 06 08 10 12 14 16 70

Anlage 3.2.2/17

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134

94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76  
74  
72  
70



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Plänerkalke bis Flammenmergel (Nr.4) m unter NN	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/17

02 04 06 08 10 12 14 16 70

Anlage 3.2.2/18

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134



Niedersächsisches Landesamt für Bodenkunde (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Alb (tonig) (Nr. 5) m unter NN	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/18

02

04

06

08

10

12

14

16

70

94

92

90

88

86

84

82

80

78

76

74

72

70

Anlage 3.2.2/19

NLIB  
Archiv-Nr.: 111 134

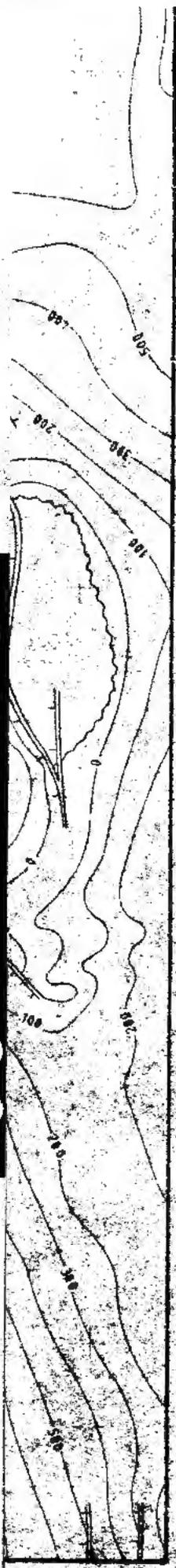
94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76



Niederrheinisches Landesamt für Bodenkunde (NLIB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Entlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
Tiefenlinienplan bezüglich der hydrogeologischen Ermittlung Müßsandstein (Nr. 6)	
Datum: 21.08.1993	Messjahr:
Blatt-Nr.:	Archiv-Nr.: 111 134
Blatt-Nr.:	Anlage 3.2.2/19

Anlage 3.2.2/20

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134



Niedersächsisches Landesamt für Bodenschutz (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Apt bis Basis Unterkreide (kong) (Nr. 7) s. unter NW	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage 3.2.2/20

94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76  
74  
72

02 04 06 08 10 12 14 16 18

Anlage 3.2.2/21

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134

94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76  
74  
72  
70



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Valangin (sandig) + Wealden (Nr. 9) m unter NN	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/21

02 04 06 08 10 12 14 16 70

Anlage 3.2.2/22

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134

94

92

90

88

86

84

82

80

78

76

74

72



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)

Geowissenschaftliches Gutachten  
zum Entlagerung für radioaktive Abfälle  
Schichtanlage Körsch

Tiefenlinienplan  
Basisfläche der hydrogeologischen Einheit

Tithon + Kimmeridge (Nr. 10)

in unter 100

Datum: 31.04.1992

Maßstab:

Bearbeiter:

Archiv-Nr.: 111 134

Anlage: 3.2.2/22

02

04

06

08

10

12

14

16

70

Anlage 3.2.2/23

NLIB

Archiv-Nr.: 111 134

3729 3736  
3829 3836



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLIB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basistafel der hydrogeologischen Einheit Oxford (Nr. 11) s. unter NW	
Datum: 31.08.1983	Maßstab:
Bearbeiter:	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/23

Anlage 3.2.2/24

NL/B  
Archiv-Nr.: 111 134

3729 3730  
3829 3830



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Cornbrash-Sandstein (Nr. 13) in einer 1:500	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage 3.2.2/24

Anlage 3.2.2/25

NLFB

Archiv-Nr.: 111 134

94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76  
74  
72



Niedersächsisches Landesamt für Bodenerkundung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basistfläche der hydrogeologischen Einheit Dogger beta - Sandstein (Nr. 15) im unter NN	
Datum: 31.08.1983	Maßstab:
Bearbeiter: [Redacted]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/25

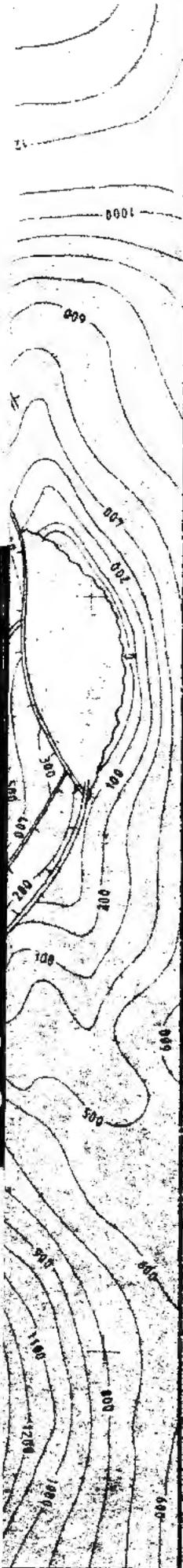


02 04 06 08 10 12 14 16 18

Anlage 3.2.2/26

NL/B

Archiv-Nr.: 111 134



3725 | 3730  
3425 | 3430



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NL/B)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schachtanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basisfläche der hydrogeologischen Einheit Heffringium - Oberer Keuper (Nr. 17) in Meter NN	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Beauftragter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/26

02

04

06

08

10

12

14

16

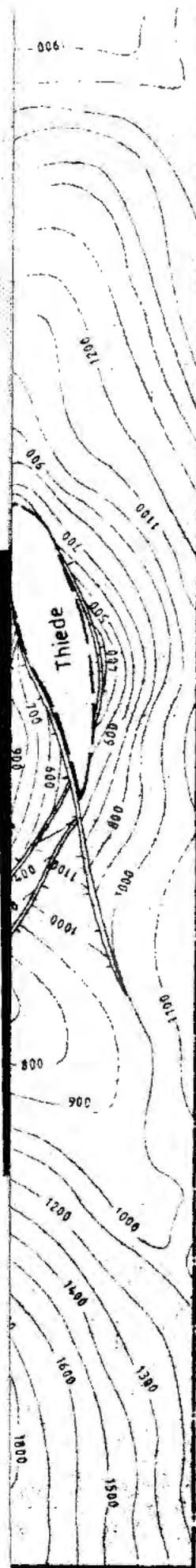
18

006

Anlage 3.2.2/27

NLFB

Archiv-Nr.: 111 134



94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76  
74  
72



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Endlager für radioaktive Abfälle Schichtanlage Konrad	
Tiefenlinienplan Basistfläche der hydrogeologischen Einheit Oberer Muschelkalk (Nr. 19) auf unter Blatt	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter: [REDACTED]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.2/27

02 04 06 08 10 12 14 16 18

# Tiefenlinienpläne des NLfB und des Antragstellers

Anlage 3.2.2/28

NLfB  
Archiv-Nr.: 111 134

Stratigraphie			Hydrogeologische Einheit		Gebiet					
			Nr.	Bezeichnung	Süd	Nord				
		Quartär	1	Quartär						
		Tertiär	2	Tertiär						
K R E I D E	O - K r e i d e	Maastricht Campan Santon Coniac	3	Emscher-Mergel						
		Turon Cenoman			"Oberkreide"					
					Oberalb	Flammenmergel				
					Alb	Mittelaib	5	Alb (tonig)		
						Unteralb	6	Hilssandstein		n.v.
		U n t e r k r e i d e	Apt Barrême Hauterive Valangin (tonig)	7	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)					
			Transgressionshorizont			8	(entfällt, vgl. Kap. 3.2.2)			
			Valangin (sandig)							
			Wealden			9	Valangin (sandig) und Wealden			
	J U R		M a i m			Tithon Kimmeridge	10	Tithon und Kimmeridge		
						Oxford			11	Oxford
			D o g g e r			Callovium Bathonium	12	Callovium und Bathonium (tonig)		
						Cornbrash-Sandstein			13	Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Ober-Bajocium)

Stratigraphie			Hydrogeologische Einheit		Gebiet				
			Nr.	Bezeichnung	Süd	Nord			
J U R A S S I S T I C H E	D o g g e r	Bajocium	14	Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)					
		Oberes Aalenium							
		Dogger-beta-Sandstein			15	Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)			
		Aalenium							
		Unteres Aalenium							
	L i a s	Toarcium Pliensbachium Sinemurium	16	Unteres Aalenium bis Sinemurium					
		Hettangium			17	Hettangium und Oberer Keuper			
	K e u p e r	Oberer Keuper	18	Mittlerer und Unterer Keuper					
		Mittlerer Keuper							
		Unterer Keuper							
	M u - k a l k	Oberer Muschelkalk	19	Oberer Muschelkalk  Mittlerer Muschelkalk  Unterer Muschelkalk					
		Mittlerer Muschelkalk							
Unterer Muschelkalk									
B u n t s a n d s t. i.	Oberer Buntsandstein (Röt)	20	Oberer Buntsandstein  Mittlerer Buntsandstein  Unterer Buntsandstein						
	Mittlerer Buntsandstein								
	Unterer Buntsandstein								
Z e c h s t.	Zechstein	21	Zechstein						

**Erläuterungen**

<p><b>Tiefenlinienpläne</b></p> <p>— NLfB</p>	<p><b>Tiefenlinienpläne</b></p> <p>— Antragsteller</p>	<p>n.v. Schichtenfolge nicht verbreitet</p>
<p>— nur für den Nahbereich der Schachanlage Konrad vorhanden</p>		

# Gebirgsdurchlässigkeit (Durchlässigkeitsbeiwerte $k_f$ in m/s)

Anlage 3.2.3/1

NLFB  
Archiv-Nr.: 111 134

Stratigraphie			Gutachter / NLFB-Datensatz					Antragsteller				
			Hydrogeologische Einheit		Bandbreite $k_f$ -Wert (m/s)		Vertrauensbereich $k_f$ -Wert (m/s)	Rechenwert $k_f$ -Wert (m/s)	Störzonenmodell $k_f$ -Wert (m/s) <sup>②</sup>	Schichtenmodell $k_f$ -Wert (m/s) <sup>②</sup>		
			Nr.	Bezeichnung	a) von	bis					b) von	bis
K O K r e i d e  R  E U n t e r k r e i d e  D  E  M a i n  J u g o r d e  A  L i a s  T R I A S		Quartär	1	Quartär	$10^8$	$10^{-3}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$5 \times 10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	
		Tertiär	2	Tertiär	$10^{-7}$	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$10^{-7}$	$10^{-5}$	
		Maastricht Campan Santon Coniac ----- Turon Cenoman	3	Emscher-Mergel  ----- ----- ----- ----- ----- -----	"Emscher"	$10^9$	$10^{-7}$	$10^{-3}$	$10^{-7}$	$5 \times 10^{-6}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$
			4	Plänerkalle bis Flammenmergel	"Oberkreide"	$10^{-10}$	$10^{-5}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$5 \times 10^{-7}$	S: $10^{-7}$ N: $10^{-6}$	$10^{-7}$
		Oberalb Flammenmergel	5	Alb (tonig)		$10^{-13}$	$10^{-10}$	$10^{-12}$	$10^{-11}$	$10^{-11}$	$10^{-12}$	$10^{-10}$ (bzw. $10^{-12}$ )
		Mittelalb		Alb (tonig)		$10^{-13}$	$10^{-10}$	$10^{-12}$	$10^{-11}$	$10^{-11}$	$10^{-12}$	$10^{-10}$ (bzw. $10^{-12}$ )
		Unteralb Hilssandstein	6	Hilssandstein		$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$		$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$
		Apt Barrême Hauterive Valangin (tonig)	7	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)		$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-10}$	$10^{-12}$	$10^{-10}$ (bzw. $10^{-12}$ )
		----- Transgressionshorizont	8	(entfällt, vgl. Kap. 3.2.2)								
		Valangin (sandig) Wealden	9	Valangin (sandig) und Wealden		$10^{-9}$	$10^{-5}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	S: $5 \times 10^{-8}$ N: $10^{-7}$	$5 \times 10^{-9}$	$10^{-8}$
		Tithon Kimmeridge	10	Tithon und Kimmeridge		$10^{-10}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$		$10^{-6}$	$5 \times 10^{-9}$	$10^{-8}$
		Oxford	11	Oxford		$10^{-10}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$		$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$
		Callovium Bathonium ----- Cornbrash-Sandstein	12	Callovium und Bathonium (tonig)		$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-10}$	$10^{-10}$ // $10^{-12}$ ⊥	$10^{-10}$
		Ober-Bajocium Bajocium ----- Oberes Aalenium Dogger-beta-Sandstein	13	Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Ober-Bajocium)		$10^{-10}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-7}$	S: $10^{-7}$ N: $10^{-6}$	$10^{-6}$
			14	Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)		$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-10}$		
			15	Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)		$10^{-9}$	$10^{-5}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-6}$		
		Aalenium ----- Unteres Aalenium	16	Unteres Aalenium bis Sinemurium		$10^{-12}$	$10^{-9}$	$10^{-11}$	$10^{-10}$	$10^{-10}$	$10^{-10}$ // $10^{-12}$ ⊥	$10^{-10}$
		Toarcium Pliensbachium Sinemurium Hettangium	17	Hettangium und Oberer Keuper		$10^{-9}$	$10^{-5}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$ ①	$10^{-6}$ // $10^{-9}$ ⊥	$10^{-7}$	$10^{-6}$
		Mittlerer Keuper Unterer Keuper	18	Mittlerer und Unterer Keuper		$10^{-11}$	$10^{-8}$	$10^{-10}$	$10^{-9}$	$5 \times 10^{-10}$	$10^{-10}$ // $10^{-12}$ ⊥	$10^{-10}$
	Oberer Muschelkalk	19	Oberer Muschelkalk		$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-7}$	$10^{-8}$	$10^{-6}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$	

Erläuterungen: //  $k_f$ -Wert parallel zur Schichtung  
 ⊥  $k_f$ -Wert senkrecht zur Schichtung  
 S:  $k_f$ -Wert für den Südtel des Modellgebietes  
 N:  $k_f$ -Wert für den Nordteil des Modellgebietes

a)  $k_f$ -Bandbreite der Gebirgsdurchlässigkeit (eingeschätzte Werte)  
 b) Großräumig wirksamer  $k_f$ -Wert der Gebirgsdurchlässigkeit (eingeschätzter Vertrauensbereich)  
 ① vertikal zur Schichtung Durchlässigkeit 1000-fach geringer  
 ② Plan 4/90 (Tab. 3.1.10.3/1 und 3.1.10.3/2)

# Effektive Gebirgsporosität P\*(%)

Anlage 3.2.3/2

NLfB  
Archiv-Nr.: 111 134

Stratigraphie			Gutachter / NLfB-Datensatz					Antragsteller		
			Hydrogeologische Einheit		Bandbreite P* (%)		Vertrauensbereich P* (%)	Rechenwerte P* (%)	Schichtenmodell P* (%)*	
			Nr.	Bezeichnung	a) von	bis	b) von	bis		
		Quartär	1	Quartär	10	40	15	20	20	25
		Tertiär	2	Tertiär	10	30	15	20	20	25
K	O - Kreide	Maastricht Campan Santon Coniac	3	Emscher-Mergel	2	15	2	5	5	20
		"Emscher"								
R	E - Kreide	Turon Cenoman	4	Plänkerkalke bis Flammenmergel	5	20	5	15	10	5
		"Oberkreide"								10
E	U	Oberalb Alb Mittelalb Unteralb	5	Alb (tonig)	2	15	2	5	5	10
		Flammenmergel Hilssandstein								25
I	D	Apt Barrême Hauterive Valangin (tonig)	7	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)	2	15	2	5	5	10
		Transgressionshorizont								
E	E	Valangin (sandig) Wealden	9	Valangin (sandig) und Wealden	5	20	5	15	7,5	25
										10
M	a	Tithon Kimmeridge	10	Tithon und Kimmeridge	0,1	20	um 1	1	1	10
		Oxford								11
J	D	Callovium Bathonium	12	Callovium und Bathonium (tonig)	0,5	15	2	5	2	10
		Cornbrash-Sandstein								13
U	g	Ober-Bajocium Bajocium	14	Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)	0,5	15	2	5	2	10
		Oberes Aalenium								
R	e	Dogger-beta-Sandstein Aalenium	15	Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)	5	25	5	10	10	10
		Unteres Aalenium								
A	L	Toarcium Pliensbachium Sinemurium Hettangium	17	Hettangium und Oberer Keuper	5	25	5	10	10	10
										18
T	K	Oberer Keuper	18	Mittlerer und Unterer Keuper	1	15	2	5	5	20
R	e	Mittlerer Keuper Unterer Keuper								19
I	A	Oberer Muschelkalk	19	Oberer Muschelkalk	0,1	20	1	5	5	2

Erläuterungen: a) Bandbreite der effektiven Gebirgsporosität (effektives Kluftvolumen + effektive Matrixporosität), (eingeschätzte Werte)

b) Großräumig wirksame Gebirgsporosität (eingeschätzter Vertrauensbereich)

\* Plan 4/90 (Tab. 3.1.10.3/1)

# KD-Werte (ml/g) verschiedener Nuklide\* (NLfB)

Anlage 3.2.5/1

NLfB  
Archiv-Nr.: 111 134

Nuklid	Hydrogeologische Einheiten										
	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15
Kohlenstoff	2	10	0.9	10	0.9	6	5	10	8	10	8
Nickel	1.5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Selen	0.4	0.5	0.4	0.5	0.4	0.1	0.1	0.4	0.2	0.4	0.2
Rubidium	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strontium	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zirkonium	1000	90	20	90	20	80	80	40	20	40	20
Niob	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Molybdän Technetium	0	0.5	0.2	0.5	0.2	0.3	0.7	0.4	0.6	0.4	0.6
Zinn Blei	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cäsium	600	60	10	50	10	30	30	40	16	40	16
Polonium	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
Radium	110	3	1	3	1	4	1.8	2	1	2	1
Actinium	190	30	3	30	3	30	30	30	3	30	3
Thorium	300	90	20	90	20	80	80	40	20	40	20
Protactinium	1000	1000	200	1000	200	1000	1000	1000	200	1000	200
Uran	1	12	1	2	1	1.8	1.8	2	1	2	1
Neptunium	30	60	3	60	3	20	50	50	10	50	10
Plutonium Americium Curium	1000	1000	200	1000	200	1000	1000	1000	700	1000	700

**\*Nuklide mit KD-Wert = 0**

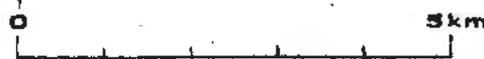
Chlor  
Calcium  
Kobalt  
Palladium  
Jod  
Lanthanide (Samarium und Europium)  
Wismut

**Hydrogeologische Einheiten:**

4 = Plänerkalke bis Flammenmergel  
5 = Alb (tonig)  
6 = Hilssandstein  
7 = Apt bis Basis Unterkreide (tonig)  
9 = Valangin (sandig) und Wealden  
10 = Tithon und Kimmeridge  
11 = Oxford  
12 = Callovium und Bathonium (tonig)  
13 = Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Ober-Bajocium)  
14 = Bajocium (tonig) und Ob. Aalenium (tonig)  
15 = Dogger-beta-Sandstein (Ob. Aalenium)

Legende

- 70,5 Grundwassermeßstelle mit mehr als 5 Ablesungen  
Mittlerer Grundwasserstand in m über NN bezogen auf den Zeitraum 1939 bis 1991
- ◐ 50,4 Grundwassermeßstelle mit bis zu 5 Ablesungen  
Mittlerer Grundwasserstand in m über NN bezogen auf den Zeitraum 1939 bis 1996
- ◑ 60,7 Grundwassermeßstelle  
Mittlerer Grundwasserstand in m über NN bezogen auf das Wasserwirtschaftsjahr 1982
- 65,6 Grundwassermeßstelle  
Grundwasserstand in m über NN, Einzelmessung
- 70 — Grundwasserhöhengleichen in m über NN  
(Fehlerbereich ± 3m)
- - - 100 - - - Grundwasserhöhengleichen in m über NN  
(Fehlerbereich ± 5m)
- Q Quelle



Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)	
Geowissenschaftliches Gutachten zum Entlager für radioaktive Abfälle Schachanlage Konrad	
Grundwasserhöhengleichenplan für das Modellgebiet Konrad	
Datum: 31.08.1993	Maßstab:
Bearbeiter: [Redacted]	Archiv-Nr.: 111 134
	Anlage: 3.2.6/1

94  
92  
90  
88  
86  
84  
82  
80  
78  
76  
74  
72  
70