

# Textband

3.1

Standort



### 3.1 Standort



## KAPITEL

### 3.1                    STANDORT

#### UNTERKAPITEL

- 3.1.1            Zusammenfassung
- 3.1.2            Geographische Lage
- 3.1.3            Bevölkerungsverteilung
- 3.1.4            Boden- und Wassernutzung
- 3.1.5            Gewerbe- und Industriebetriebe
- 3.1.6            Verkehrswesen
- 3.1.7            Meteorologische Verhältnisse
- 3.1.8            Radiologische Grundbelastung
- 3.1.9            Geologische, hydrologische und hydrogeologische Verhältnisse
- 3.1.10          Geowissenschaftliche Bewertung







### 3.1 STANDORT

#### 3.1.1 Zusammenfassung

Die Schachtanlage Konrad mit den beiden Schächten Konrad 1 und Konrad 2 liegt im südöstlichen Niedersachsen zwischen Braunschweig und Salzgitter-Lebenstedt auf dem Gebiet der Stadt Salzgitter. Innerhalb der 5-km-Umkreise um die Schächte Konrad 1 bzw. Konrad 2 leben etwa 22 000 Einwohner bzw. etwa 19 000 Einwohner.

Die Böden des Standortgebietes zeichnen sich durch ein hohes natürliches Ertragspotential und eine überdurchschnittliche Ertragssicherheit aus. In den 5-km-Umkreisen werden sowohl Trink- als auch Brauchwasser gefördert.

Verkehrsmäßig ist der Standortraum durch Straßen, Gleise und Wasserstraßen gut erschlossen. Die Schachtanlagen Konrad 1 und Konrad 2 besitzen Gleis- und Straßenanschluß.

Bedingt durch die Lage des Bergwerks am Rand der Norddeutschen Tiefebene ist ein wesentlicher Einfluß orographischer Bedingungen auf die Windverhältnisse und das Klima am Standort nicht gegeben. Die Umgebung der Schachtanlage Konrad weist keine von den normalen Verhältnissen in der Bundesrepublik Deutschland abweichenden radiologischen Besonderheiten auf. Im Grubengebäude kommen, bedingt durch die natürliche Radioaktivität des Gesteins, Radonkonzentrationen vor, die oberhalb üblicherweise im Freien oder in Wohnhäusern gemessener Werte liegen.

Die geologische Situation des Standortes Konrad wird in Tiefenlinienplänen, Teufendifferenzplänen und Profilen dargestellt; Petrographie und Faziesentwicklung werden



für die Schichten vom Zechstein bis zum Quartär beschrieben. Die mächtige Entwicklung des Malm ist an das System von Randsenken der Salzstöcke Wittingen, Vorhop, Gifhorn, Rolfsbüttel-Wendeburg, Vechelde und Broistedt gebunden. Die Bildung der Eisenerzlager im Korallenoolith erfolgte in getrennten Senkungsräumen östlich und westlich der Salzstöcke. Das in der Schachtanlage Konrad abgebaute Untere Lager folgt mit seinem Mächtigkeitsmaximum der Randsenkenachse. Derzeit wirtschaftlich bedeutende Rohstofflagerstätten werden durch die Einrichtung des Endlagers nicht betroffen.

Das Untersuchungsgebiet am Übergang vom Mittelgebirge zum Flachland wird hydrologisch hinsichtlich Abflußgebieten, Abflußverhältnissen, Grundwasserneubildung und Wassernutzung beschrieben und in Abbildungen und Karten dargestellt.

Die hydrogeologischen Verhältnisse sind durch einen ausgeprägten Stockwerksbau gekennzeichnet. Das oberflächennahe, lokal anthropogen beeinflusste Grundwasser befindet sich im wesentlichen in Quartärablagerungen und steht mit den örtlichen Vorflutern in hydraulischer Verbindung. Unterhalb von etwa 100 m Tiefe enthält das Grundwasser zunehmende Mengen gelöster geogener Stoffe.

Die tieferen Grundwasserstockwerke sind in einzelnen durchlässigen Gesteinsschichten ausgebildet, die durch überwiegend tonige, gering durchlässige Schichten voneinander getrennt sind. Sie enthalten hochkonzentrierte Salzwässer mit einem zur Tiefe hin ansteigenden Salzgehalt. Das hydrogeologische System wird nach unten durch Tonsteine und Steinsalz des Mittleren Muschelkalk und seitlich über weite Strecken durch Salzstöcke begrenzt.

Die tiefen Stockwerke erhalten ihr hydraulisches Potential von den Erhebungen im Süden des Gebietes, in denen

mesozoische Gesteine an der Tagesoberfläche ausstreichen. Das regional niedrigste Vorflut-Niveau ist die Allerniederung. Von den hydraulischen Eigenschaften der Schichten, ihrem räumlichen Bau und dem Salzgehalt der Porenwässer hängt ab, wie stark sich dieses Gefälle in den tiefen Untergrund auswirkt und dort zu einem Grundwasserabstrom in nördlicher Richtung führt. Ein Grundwassereinstrom in den Einlagerungshorizont im Malm wird jedoch durch die darunterliegenden Tonsteine des Lias und Dogger und die darüberliegenden der Unterkreide stark eingeschränkt. Die Unterkreideschichten begrenzen den Malm auch im Süden und Osten, die Salze des Zechstein dichten den Malm nach Westen ab. Ein unbeherrschbarer Wasserzutritt in das Grubengebäude während der Betriebszeit wird daher ausgeschlossen. In der Nachbetriebsphase wird sich der Resthohlraum allmählich mit Tiefenwässern auffüllen, bis ursprüngliche hydrostatische Druckverhältnisse wieder erreicht werden.

Basierend auf Standortdaten wurden sogenannte "Hydrogeologische Modelle" entwickelt. Instrument für daraus folgende Simulationsrechnungen sind "Geohydraulische Rechenmodelle". Bei solchen Simulationsrechnungen wird von Süßwasserverhältnissen ausgegangen, obwohl die Existenz von Wasser höherer Salinität und damit höherer Dichte bekannt ist. Bei dem derzeitigen internationalen Stand der Technik für numerische geohydraulische Rechenmodelle ist es nicht möglich, komplexe räumliche hydrogeologische Systeme mit Modellen zu untersuchen, die die Salz-/Süßwasserproblematik berücksichtigen.

Der Nachweis der Langzeitsicherheit des Endlagers Konrad wird deswegen mit Hilfe geohydraulischer Modellrechnungen geführt, deren Modellcodes überall die gleiche Wasserdichte voraussetzen. Solche Modellrechnungen sind insofern zum Nachweis der Langzeitsicherheit des Endlagers verwendbar, als sicher ist, daß die errechneten Laufzei-



ten bei Berücksichtigung der in der Natur vorhandenen ortsvariablen Wasserdichte größer wären, und dieser größere Wert auch mit den Naturdaten besser übereinstimmt als die sogenannten Süßwasserlaufzeiten. Mit zwei- und dreidimensionalen numerischen Modellen wurden Berechnungen zur Tiefenwasserbewegung am Standort durchgeführt. Es zeigt sich, daß von dem Grubengebäude Konrad ausgehende Wasserpfade, je nach den gewählten Parametern und Modellannahmen, die Biosphäre an verschiedenen Stellen erreichen. Die berechneten Laufzeiten sind immer größer als 100 000 Jahre.

Die gebirgsmechanische Beurteilung der Schachtanlage Konrad fußt auf zahlreichen Messungen und Beobachtungen sowie bergmännischen Erfahrungen und Modellrechnungen. Übertägige Senkungsschäden sind bisher nicht aufgetreten und aus den bisherigen Erfahrungen zur Hohlraumaufrichtung auch in Zukunft nicht zu erwarten. Abhängig vom Durchbaugrad treten nach Hohlraumerstellung unterschiedlich große Konvergenzen auf. Mit der Zeit nimmt die Konvergenzrate logarithmisch ab. Die Wirksamkeit der für die Schachtanlage Konrad zugelassenen Ausbauregeln hat sich bestätigt. Die Standfestigkeit des Grubengebäudes Konrad ist nicht in Frage gestellt. Nach Einrichtung des Endlagers Konrad lassen Vorausberechnungen und bergmännische Erfahrung keine nennenswerten Schäden an übertägigen Anlagen erwarten; auch die Einwirkungen auf die Schächte sind gering und nicht stabilitätsgefährdend. Das Deckgebirge wird homogenen Verformungen ausgesetzt, die einem Endwert zustreben. Bei dem geplanten Kammer-Festen-Verhältnis ist unter den betrachteten geologischen Verhältnissen die Tragfähigkeit der Festen gewährleistet.

Eine Gefährdung des Standortes durch Einsturzbeben ist nicht gegeben. Für die Abschätzung der seismischen Gefährdung durch tektonische Beben kommt den Erdbeben des Norddeutschen Tieflandes entscheidender Einfluß zu.

Entsprechend der KTA 2201 werden Auslegungs- und Sicherheitserdbeben festgelegt. Dafür wird eine Sockelstörung mit jungtertiärer Bewegungsphase im Bereich der Salzstockkette Broistedt, Vechelde und Rolfsbüttel-Wendeburg unterstellt.

Für Zeiten bis etwa 100 000 Jahre nach Stilllegung des Endlagers Konrad werden geologische Ereignisse deterministisch untersucht, die aufgrund ihres möglichen zukünftigen Auftretens oder der bisherigen geologischen Entwicklung am Standort einen Einfluß auf die Sicherheit des stillgelegten Endlagers haben könnten (Eiszeiten, Abtragung und epirogene Bewegungen, Einflüsse der benachbarten Salzstrukturen, Magmatismus). Eine Gefährdung wird dabei nicht erkennbar.





### 3.1.2 Geographische Lage

Die Schachtanlage Konrad liegt im südöstlichen Niedersachsen zwischen Braunschweig und Salzgitter-Lebenstedt (Anlage 3.1.2/1, 3.1.2/2 und 3.1.2/3). Der Ortskern der nächstgelegenen Ortschaft Salzgitter-Bleckenstedt ist in südöstlicher Richtung ca. 700 m von Schacht Konrad 1 und in nordwestlicher Richtung ca. 700 m von Schacht Konrad 2 entfernt.

Die Schächte Konrad 1 und Konrad 2 liegen auf dem Gebiet der Stadt Salzgitter. Ihre Nachbarbereiche sind folgende Verwaltungseinheiten: Im Westen die Gemeinde Lengede (Landkreis Peine), im Norden die Gemeinde Vechelde (Landkreis Peine), im Nordosten die Stadt Braunschweig und im Südosten die Stadt Wolfenbüttel; alle gehören zum Regierungsbezirk Braunschweig (Anlage 3.1.2/5). Das Grubengebäude ist ungefähr 1 km breit und erstreckt sich über eine Länge von ca. 3 km vom Werk Salzgitter der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG im Süden bis nach Salzgitter-Sauingen im Norden (Anlage 3.1.2/4).

Die Mittelpunkte der Schächte haben folgende geographische Koordinaten:

Schacht Konrad 1:

$L = 10^{\circ}24'15''$  und

$B = 52^{\circ}11'06''$ ,

Schacht Konrad 2:

$L = 10^{\circ}24'46''$  und

$B = 52^{\circ}10'21''$ .

Der Standort liegt im Übergangsbereich vom Mitteldeutschen Bergland zum Norddeutschen Flachland. Die Landschaft präsentiert sich mit einer ebenen bis flach



welligen, hügeligen Oberfläche. Von einigen kleineren bis mittleren Waldflächen abgesehen, handelt es sich um eine Ackerlandschaft mit nur wenig Baum- und Strauchbewuchs.

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. Der nordwestliche Ausschnitt des Standortbereiches ist durch überwiegend landwirtschaftliche Bodennutzung auf großen, zusammenhängenden Flächen gekennzeichnet. Im Flächennutzungsplan der Stadt Salzgitter werden diese Freiräume westlich der Ortsrandbereiche von Salzgitter-Hallendorf über Salzgitter-Bleckenstedt bis Salzgitter-Üfingen sowie östlich des Zweigkanals Salzgitter im Bereich des Waldgebietes und Landschaftsschutzgebietes "Beddinger Holz und Langes Holz" als Freifläche zwischen vorhandenen Siedlungskernen hervorgehoben.

#### Grundstücksbeschreibung

Das Grundstück von Schacht Konrad 1 befindet sich innerhalb der Grenzen der Stadt Salzgitter, nordwestlich des Stadtteils Salzgitter-Bleckenstedt. Nach Süden wird das Grundstück von der Industriestraße Nord begrenzt. Die übrigen Grenzen stoßen an landwirtschaftlich genutzte Flächen oder Zufahrtswege (Anlage 3.1.2/3 und 3.2.4.1.1/1).

Das ursprünglich nach Südosten abfallende Gelände wurde mit dem beim Schachtabteufen geförderten Material nach Süden und Osten als Planum mit der Höhe +98,5 m NN aufgefüllt. Die Gleise an der Ostseite des Grundstücks befinden sich auf dem Niveau des Ackerlandes.

Angaben aus dem Liegenschaftsbuch:

Konrad 1            Gemeinde Stadt Salzgitter

|                               |  |                   |
|-------------------------------|--|-------------------|
| Gemarkung Bleckenstedt Flur 3 |  |                   |
| Flurstück 34/9                |  | 1,6425 ha         |
| Flurstück 36/5                |  | 0,2924 ha         |
| Flurstück 36/7                |  | 0,2858 ha         |
| Flurstück 36/9                |  | 0,2777 ha         |
| Flurstück 37/3                |  | 1,8160 ha         |
| Flurstück 39/6                |  | 1,5029 ha         |
| Flurstück 40/2                |  | 4,1116 ha         |
| Flurstück 42/1                |  | <u>0,9768 ha</u>  |
|                               |  | <u>10,9057 ha</u> |

Eigentümer: Salzgitter Erzbergbau Vermögensverwaltungs-  
gesellschaft mbH

Das Grundstück von Schacht Konrad 2 (Anlage 3.2.4.1.1/2 und 3.1.2/3) befindet sich innerhalb der Grenzen der Stadt Salzgitter im nordwestlichen Bereich des Werkes Salzgitter der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG.

An das Grundstück schließen im Norden die Schlackenverwertung der FELS-WERKE Peine-Salzgitter GmbH, im Osten der Bahnhof Hütte Nord der Verkehrsbetriebe Peine-Salzgitter GmbH, im Süden die nicht mehr betriebene Teerdestillation und im Westen die Kläranlage und der Zweigkanal Salzgitter an.

Das Grundstück befindet sich innerhalb des Hüttenplanums auf +90,0 m NN.



Angaben aus dem Liegenschaftsbuch:

|          |                              |
|----------|------------------------------|
| Konrad 2 | Gemeinde Stadt Salzgitter    |
|          | Gemarkung Watenstedt Flur 4  |
|          | Flurstück 5/45 ca. 5,5485 ha |

Eigentümer: Stahlwerke Peine-Salzgitter AG

## 3.1.3 Bevölkerungsverteilung

Innerhalb eines 5-km-Umkreises\* um Schacht Konrad 1 leben rund 22 000 Menschen und um Schacht Konrad 2 rund 19 000 Menschen. Sie verteilen sich auf folgende Städte und Gemeinden:

| Stadt<br>Gemeinde | Einwohner |          |
|-------------------|-----------|----------|
|                   | Konrad 1  | Konrad 2 |
| Salzgitter        | 19 300    | 17 000   |
| Wolfenbüttel      | -         | 2 000    |
| Vechelde          | 1 500     | -        |
| Lengede           | 1 200     | -        |
| Insgesamt:        | 22 000    | 19 000   |

Im einzelnen liegen unterschiedliche Besiedlungsverhältnisse vor.

Der Schacht Konrad 1 ist auf der Nordost- bis Südostseite in 0,5 km bis 1 km Entfernung von Stadtteilen mit dörflicher Prägung umgeben (Salzgitter-Bleckenstedt, Salzgitter-Beddingen, Salzgitter-Sauingen). Städtisch geprägte Siedlungen beginnen im Südwesten und Osten in etwa 4 km Entfernung (Salzgitter-Lebenstedt, Salzgitter-Thiede).

Der Schacht Konrad 2 weist im 1-km-Umkreis ebenfalls eine dörflich geprägte Siedlung auf (Salzgitter-Bleckenstedt).

---

\* Der 5-km-Umkreis um die Schächte Konrad 1 und Konrad 2 begrenzt in Anlehnung an /3/ das engere Standortgebiet, das detaillierter beschrieben wird. Für das Endlager Konrad besitzt dieser Umkreis keine radiologische Relevanz.



| Sektor | Segment | Einwohner (E) |                   |          |                   |
|--------|---------|---------------|-------------------|----------|-------------------|
|        |         | Konrad 1      |                   | Konrad 2 |                   |
|        |         | absolut       | E/km <sup>2</sup> | absolut  | E/km <sup>2</sup> |
| N      | 1       | -             | -                 | 220      | 846               |
|        | 2       | 310           | 392               | 350      | 443               |
|        | 3       | 135           | 103               | 340      | 258               |
|        | 4       | -             | -                 | 760      | 181               |
|        | gesamt  | 445           | 68                | 1670     | 255               |
| NNO    | 1       | 100           | 385               | -        | -                 |
|        | 2       | 500           | 633               | 380      | 481               |
|        | 3       | 260           | 198               | -        | -                 |
|        | 4       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | gesamt  | 860           | 131               | 380      | 58                |
| ONO    | 1       | 225           | 865               | -        | -                 |
|        | 2       | -             | -                 | 140      | 177               |
|        | 3       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | 4       | 2200          | 525               | 5700     | 1360              |
|        | gesamt  | 2425          | 370               | 5840     | 1031              |
| O      | 1       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | 2       | 520           | 662               | -        | -                 |
|        | 3       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | 4       | 3510          | 838               | 370      | 88                |
|        | gesamt  | 4030          | 616               | 370      | 56                |
| OSO    | 1       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | 2       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | 3       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | 4       | -             | -                 | 1320     | 315               |
|        | gesamt  | -             | -                 | 1320     | 202               |
| SSO    | 1       | 420           | 1630              | -        | -                 |
|        | 2       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | 3       | -             | -                 | -        | -                 |
|        | 4       | 600           | 143               | 980      | 234               |
|        | gesamt  | 1020          | 156               | 980      | 150               |

Tabelle  
3.1.3/1

Bevölkerungsverteilung um die Schächte Konrad 1 und  
Konrad 2 nach Sektoren und Segmenten.  
(Stand 30.06.1983)

| Sektor  | Segment | Einwohner (E) |                   |          |                   |
|---------|---------|---------------|-------------------|----------|-------------------|
|         |         | Konrad 1      |                   | Konrad 2 |                   |
|         |         | absolut       | E/km <sup>2</sup> | absolut  | E/km <sup>2</sup> |
| S       | 1       | 200           | 769               | -        | -                 |
|         | 2       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 3       | -             | -                 | 910      | 695               |
|         | 4       | 910           | 216               | 150      | 36                |
|         | gesamt  | 1110          | 169               | 1060     | 162               |
| SSW     | 1       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 2       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 3       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 4       | 2130          | 507               | -        | -                 |
|         | gesamt  | 2130          | 325               | -        | -                 |
| WSW     | 1       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 2       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 3       | -             | -                 | 1000     | 763               |
|         | 4       | 5200          | 1241              | 1180     | 282               |
|         | gesamt  | 5200          | 794               | 2180     | 333               |
| W       | 1       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 2       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 3       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 4       | 3200          | 764               | 4770     | 1138              |
|         | gesamt  | 3200          | 489               | 4770     | 728               |
| WNW     | 1       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 2       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 3       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 4       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | gesamt  | -             | -                 | -        | -                 |
| NNW     | 1       | -             | -                 | 390      | 1500              |
|         | 2       | -             | -                 | 10       | 13                |
|         | 3       | -             | -                 | -        | -                 |
|         | 4       | 1400          | 334               | 20       | 4                 |
|         | gesamt  | 1400          | 214               | 420      | 64                |
| Umkreis |         | 21820         | 278               | 18990    | 242               |

Tabelle  
3.1.3/1  
(Fortsetzung)

Bevölkerungsverteilung um die Schächte Konrad 1  
und Konrad 2 nach Sektoren und Segmenten.  
(Stand 30.06.1983)



Die Bevölkerungsverteilung um die Schächte Konrad 1 und Konrad 2 in Sektoren von 30° - entsprechend der 12-teiligen Windrose in den Bereichen bis 1 km (Segment 1), 1 km bis 2 km (Segment 2), 2 km bis 3 km (Segment 3) und 3 km bis 5 km (Segment 4) - zeigen die Tabelle 3.1.3/1 sowie die Anlagen 3.1.3/1 und 3.1.3/2. Diese Zahlenwerte entsprechen in etwa den bei der Volkszählung von 1987 ermittelten Werten.

### Entwicklungstendenzen

Der 5-km-Umkreis liegt überwiegend auf dem Gebiet der Stadt Salzgitter, so daß Entwicklungstendenzen und Prognosen weitgehend aus den Zielen und Ergebnissen der Stadtplanung abgeleitet werden können. In dem Flächennutzungsplan der Stadt Salzgitter, der gleichzeitig die Funktion des Regionalen Raumordnungsprogrammes erfüllt, wird die heutige und künftige Wohnbautätigkeit in erster Linie unter dem Gesichtspunkt wachsender Ansprüche an die Wohnqualität gesehen /1/.

Die Abteilung Statistik des Niedersächsischen Landesverwaltungsamts hat für das Land Niedersachsen, die Städte und die Landkreise eine Bevölkerungsprojektion auf das Jahr 1995 vorgenommen /2/. Als Basis dafür dient der Stand der Bevölkerung am 01.01.1979. Es wird bei der Projektion davon ausgegangen, daß die Zahl der Ausländer auf dem heutigen Niveau bleibt, so daß sich die für die Projektion relevanten Faktoren - Sterblichkeit, Geburten, Wanderungen - nur auf den deutschen Bevölkerungsanteil beziehen. Unter diesen Prämissen wird für die Stadt Salzgitter bis 1995 eine Bevölkerungsabnahme von 10 % erwartet.

Nach den Ergebnissen der Bevölkerungsfortschreibung hat die Einwohnerzahl (mit Hauptwohnung) der Stadt zwischen 1980 von 113 600 über 107 023 im Jahre 1984 auf 105 224 im Jahre 1987 (jeweils 31.12.) abgenommen.

Aufgrund der Volkszählung von 1987 wird die Einwohnerzahl (mit Hauptwohnung) von Salzgitter um ca. 5 800 auf ca. 111 000 korrigiert.

Die Siedlungsschwerpunkte Salzgitter-Lebenstedt und Salzgitter-Thiede berühren den 5-km-Umkreis im Westen und Nordosten.

In der Bauleitplanung der Stadt Salzgitter sind im 5-km-Umkreis folgende neue Wohneinheiten (WE) ausgewiesen /1/:

|                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| Salzgitter-Lebenstedt/Engelnstedt: | 135 WE,       |
| Salzgitter-Bleckenstedt:           | bis zu 40 WE, |
| Salzgitter-Drütte:                 | 15 WE,        |
| Salzgitter-Üfingen                 | ca. 15 WE,    |
| Salzgitter-Thiede (Südrand)        | 369 WE.       |

Für Salzgitter-Watenstedt wird wegen der starken industriellen Immissionen keine weitere Wohnbautätigkeit zugelassen. Der Wohnbereich ist im Flächennutzungsplan zwar als gewerbliche Baufläche dargestellt, genießt aber Bestandsschutz /1/.



Literaturverzeichnis

- /1/ Stadt Salzgitter, Flächennutzungsplan, 1979,  
Ergänzung vom 20.12.1983
  
- /2/ Schriften der Landesplanung Niedersachsen, Raumord-  
nungsbericht  
Niedersachsen 1980, Seiten 96 - 99  
Herausgeber: Nieders. Minister des Innern  
Auslieferung: Bezirksregierung Hannover
  
- /3/ Zusammenstellung der in atomrechtlichen Geneh-  
migungs- und Aufsichtsverfahren für Kernkraftwerke  
zur Prüfung erforderlichen Informationen; Bekannt-  
machung des BMI, RSI6 - 513801/32, Bonn, 20. Ok-  
tober 1982

### 3.1.4 Boden- und Wassernutzung

#### Bodennutzung

Die Aussagen zur Bodennutzung beziehen sich auf folgende Gemarkungen im Bereich des Standortes der Schachtanlage Konrad:

- Stadt Salzgitter  
Barum, Beddingen, Bleckenstedt, Drütte, Engelnstedt, Hallendorf, Heerte, Immendorf, Sauingen und Üfingen,
- Stadt Braunschweig  
Geitelde und Stiddien,
- Landkreis Peine  
Alvesse, Broistedt, Groß Gleidingen, Vallstedt und Wierthe,
- Stadt Wolfenbüttel  
Adersheim, Fümmelse und Leinde.

In der Agrarkarte des Landes Niedersachsen (1980) werden die zur Stadt Salzgitter gehörenden Gemarkungen sowie die Gemarkungen Broistedt, Stiddien und Adersheim als Agrargebiet I (Gebiete mit vorherrschend günstiger landwirtschaftlicher Betriebs- und Produktionsstruktur) gekennzeichnet. Die übrigen Gemarkungen werden als Agrargebiet II (Gebiete mit entwicklungsfähiger landwirtschaftlicher Betriebs- und Produktionsstruktur; überwiegend entwicklungsfähig durch Agrarstruktur-Verbesserungsmaßnahmen) geführt /1/.

Die Böden des Standortgebietes zeichnen sich durch ein hohes natürliches Ertragspotential und eine überdurchschnittliche Ertragssicherheit aus. Es handelt sich fast ausschließlich um Lössböden, auf denen sich Pseudogley-Parabraunerden, Parabraunerden und in den



Niederungen Gleye und Niedermoore entwickelt haben. Diese Bodenarten kommen etwa im Verhältnis von 50 : 40 : 10 vor /2,3,4/.

Die guten Voraussetzungen bewirken hohe Anteile an landwirtschaftlich genutzten Flächen. Von der Gesamtfläche stehen rund 75 % in landwirtschaftlicher, nur etwa 2 % in forstwirtschaftlicher Nutzung. Nennenswerte Waldflächen sind im Südwesten von Salzgitter-Beddingen (Beddinger Holz) und nördlich von Salzgitter-Hallendorf vorhanden.

Größere Waldungen sind auf dem Salzgitter Höhenzug (Lichtenberge) und im Oderwald /2/ anzutreffen.

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche ist bis auf einige Niederungsböden ackerfähig und wird zu etwa 93 % als Acker genutzt; der Grünlandanteil macht ca. 4 % aus; die Restflächen dienen dem Gartenbau /2,5,7/.

Die günstigen Standortverhältnisse lassen den Anbau aller Feldfrüchte der Klimaregion zu. Es werden vornehmlich anspruchsvolle Früchte wie Weizen und Zuckerrüben angebaut. Innerhalb der Getreidefläche erreicht der Weizenanbau Anteile von 50 % bis 60 %, der Gerstenanbau etwa 30 %. Der Hackfruchtanteil liegt mit ca. 28 % deutlich über dem Landesdurchschnitt (18 %) /2,5,7/.

Die nachhaltig erzielbaren Erträge übersteigen deutlich den Landesdurchschnitt (Werte der Landesdurchschnitte in Klammern) /8/:

|             |           |              |
|-------------|-----------|--------------|
| Weizen      | 46 dt/ha  | (41 dt/ha),  |
| Gerste      | 46 dt/ha  | (43 dt/ha),  |
| Zuckerrüben | 450 dt/ha | (434 dt/ha). |

Der geringe Grünlandanteil, hohe Ackererträge und eine relativ günstige Betriebsstruktur belassen der Viehhaltung (Veredlungswirtschaft) keine größere Bedeutung.

In dem Standortgebiet sind etwa 140 landwirtschaftliche Betriebe mit über 5 ha vorhanden. Es handelt sich überwiegend um Haupterwerbsbetriebe, die mehr als 90 % der landwirtschaftlichen Fläche bewirtschaften /2,6,7/.

#### Jagd und Fischerei

Das jagdbare Wild umfaßt im wesentlichen die Niederwildarten Reh, Fasan, Kaninchen und Hase; sie kommen in guten Besatzstärken vor. Schwarzwild findet sich in nennenswerter Zahl nur im weiteren Umkreis und zwar im Oderwald /2/.

Die am Zweigkanal Salzgitter in ganzer Länge bestehenden Fischereirechte sind an die Interessengemeinschaft Mittellandkanal e. V./Lahstedt/Münstedt verpachtet. Ansonsten kommt der Fischerei im Untersuchungsraum keine Bedeutung zu /2/.

#### Natur- und Landschaftsschutz

Innerhalb der 5-km-Umreise um die Schächte liegt im Osten das Landschaftsschutzgebiet, "LSG SZ-10 Beddinger Holz und Langes Holz" südlich von Salzgitter-Thiede (Anlage 3.1.4/1), /9,11/. Im Norden und Nordnordwesten befinden sich die Landschaftsschutzgebiete "LSG PE 33 Sonnenberger Holz und Wierther Holz" und "LSG PE 42 Aue - Dummbruchgraben und Pferdekoppel/Wüstung Glinde" und das Naturschutzgebiet "NSG BR 44 Lengeder Teiche", die nur teilweise in den 5-km-Umkreis hineinreichen. Als für den Naturschutz wertvolle Bereiche wurden aus landesweiter Sicht folgende Gebiete ausgewiesen

- das Ruderalgelände am Schacht Konrad 2,
- die Kiesteiche nördlich von Drütte,
- das Beddinger Holz (teilweise) und
- der ehemalige Tagebau bei Vallstedt.



Regional bedeutsam sind für den Naturschutz folgende Bereiche

- der Ellernbruchsee,
- die Aueniederung von Bleckenstedt bis zur Grenze Stadt Salzgitter/Landkreis Peine,
- der Ochsenpfuhl.

Folgende Landschaftsschutzgebiete sind geplant

- Dummes Bruch, ein Feuchtgebiet ca. 2,5 km bis 3 km nordwestlich von Salzgitter-Bleckenstedt, das große Bedeutung als Rast-, Ruh- und Setzgebiet hat und
- Hallendorfer Holz, ein Waldgebiet nördlich von Salzgitter-Hallendorf als Naherholungsgebiet und mit Schutzfunktion gegen Immissionen.

Das BfS hat im Hinblick auf einen Eingriff durch das Vorhaben in den Naturhaushalt und das Landschaftsbild die erforderlichen Ausgleichsmaßnahmen vorgesehen. Diese wird in der ergänzenden Unterlage "Verkehrsanbindung" ausführlich dargestellt. Die nach § 14 des Nds Naturschutzgesetzes (Kap. 3.2.2.1) von der Antragstellerin einzuholende gutachtliche Stellungnahme liegt der Planfeststellungsbehörde vor.

#### Wassernutzung

Die Trinkwasserversorgung im 5-km-Umkreis erfolgt in den Stadtteilen Lebenstedt, Engelnstedt, Hallendorf, Watenstedt, Immendorf, Drütte, Bleckenstedt, Beddingen, Steterburg und Thiede der Stadt Salzgitter durch die Wasser- und Energie-Versorgungsgesellschaft mbH (WEVG), Salzgitter, in den Stadtteilen Sauingen und Üfingen der Stadt Salzgitter und in den Samtgemeinden Vechelde und Lengede durch den Wasserbeschaffungsverband Peine, in den Stadtteilen Adersheim, Fämmelse und Leinde der Stadt Wolfenbüttel durch die Stadtwerke Wolfenbüttel GmbH und



in der Gemarkung Geitelde durch die Stadtwerke Braunschweig GmbH. Das Trinkwasser kommt im wesentlichen aus den Wassergewinnungsanlagen der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG (Börßum, Alt Wallmoden, Baddeckenstedt) und von den Harzwasserwerken des Landes Niedersachsen/Hildesheim /10/.

Im 5-km-Umkreis werden sowohl Trink- als auch Brauchwasser gefördert und zwar insbesondere durch die Stahlwerke Peine-Salzgitter AG. Die Gesellschaft besitzt für das Gelände der Stahlwerke eine Erlaubnis, 116,7 l/s (ca. 3,7 Mio.m<sup>3</sup>/Jahr) zu fördern.

Die Gesellschaft fördert in ihrem Wasserwerk Bleckenstedt z. Z. ca. 1,4 Mio.m<sup>3</sup>/Jahr Trinkwasser, das im allgemeinen von den Stahlwerken selbst verbraucht wird. Soweit ein Überschuß vorhanden ist, wird er in das Versorgungsnetz der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG außerhalb des Stahlwerksgeländes eingespeist. Zur notwendigen Grundwasserabsenkung bestehen auf dem Gelände der Stahlwerke an zwei Stellen Wasserhaltungsbrunnen, die z. Z. etwa 2,3 Mio.m<sup>3</sup>/Jahr Wasser in die Aue abpumpen. Geplant ist die Herstellung eines Brauchwasserbrunnens auf dem Stahlwerksgelände (Anlage 3.1.4/2). Außerdem unterhält die Gesellschaft einen Trinkwasserbrunnen (Versuchsbrunnen) bei Salzgitter-Drütte. Dieser wird z. Z. nicht betrieben.

Die WEVG unterhält zwölf Notwasserbrunnen in Salzgitter-Lebenstedt und vier Notwasserbrunnen in Salzgitter-Thiede. Insgesamt existieren z. Z. 28 Notwasserbrunnen in Salzgitter, weitere sind in Planung. Weitere Wasserschutzgebiete sind im 5-km-Umkreis nicht vorhanden und werden z. Z. auch nicht geplant.

Darüber hinaus sind folgende weitere genehmigte Wasserentnahmen vorhanden für (Anlage 3.1.4/2)

1. Readymix Transportbeton GmbH, ein Brunnen in Salzgitter-Beddingen,
2. FELS-WERKE Peine-Salzgitter GmbH, ein Brunnen in Salzgitter-Beddingen,
3. Hartmut Leopold, ein Brunnen in Salzgitter-Thiede,
4. Salzgitter Güterverwaltung GmbH, ein Beregnungsbrunnen in Salzgitter-Üfingen,
5. Wirtschaftliche Landhandelsvereinigung GmbH, Hildesheim, Niederlassung Wolfenbüttel, ein Brunnen in Salzgitter-Thiede und
6. Erich Frei KG (ehemals Norddeutsche Drahtwerke), ein Brunnen in Salzgitter-Immendorf.

Die kleinen Einzelversorgungsbrunnen sind nicht erfaßt, da es sich hier um eine erlaubnisfreie Grundwassernutzung unterhalb von 10 m<sup>3</sup>/d handelt.

#### Literaturverzeichnis

- /1/ Nieders. Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Agrarkarte des Landes Niedersachsen, 1980
- /2/ Landwirtschaftskammer Hannover, Agrarstrukturelle Vorplanung Salzgitter und Umgebung, 1971
- /3/ NILEG Niedersächsische Landesentwicklungsgesellschaft mbH, Hannover, Agrarstrukturelle Vorplanung Braunschweig und Umland, 1977
- /4/ NLG - Niedersächsische Landgesellschaft, Hannover, Agrarstrukturelle Vorplanung Wolfenbüttel, 1971

- / 5/ Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Statistik,  
Statistik von Niedersachsen, Band 170, Gemeindesta-  
tistik Niedersachsen 1970, Teil 4, Landwirtschaft  
1971/72  
A. Ergebnisse der Grunderhebung zur Landwirt-  
schaftsszählung vom Mai 1971, Hannover, 1972
  
- / 6/ Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Statistik,  
Statistik von Niedersachsen Band 230, Gemeindesta-  
tistik Niedersachsen 1970, Teil 4, Landwirtschaft  
1971/72  
B. Ergebnisse der Vollerhebung zur Landwirtschafts-  
zählung vom Mai 1971, Hannover, 1974
  
- / 7/ Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Statistik,  
Statistik von Niedersachsen Band 354, Landwirt-  
schaftszählung 1979 - zugleich Agrarberichterstat-  
tung 1979 -, Hannover, 1981
  
- / 8/ Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Statistik,  
Bodennutzung und Ernte, Hefte 1975 - 82
  
- / 9/ Niedersächsisches Naturschutzgesetz vom  
20.03.1981; Niedersächsisches Gesetz- und Verord-  
nungsblatt vom 23.03.1981, Nr. 8, S. 31 ff
  
- /10/ Flächennutzungsplan der Stadt Salzgitter, 1979 -  
Erläuterungsbericht Abschnitte 5.1.7.1 und 6.4
  
- /11/ Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Natur-  
schutz, Landschaftspflege, Vogelschutz - Karte der  
für den Naturschutz wertvollen Bereiche Blatt 3928  
Salzgitter und 3728 Braunschweig





### 3.1.5 Gewerbe- und Industriebetriebe

Das Untersuchungsgebiet ist stark industrialisiert und von bedeutsamen Verkehrswegen durchzogen.

Im Nahbereich der Schachtanlage Konrad 2 sind 46 Betriebe mit mehr als 10 Beschäftigten und 4 Betriebe mit mehr als 500 Beschäftigten vorhanden. Die Stahlwerke Peine-Salzgitter AG südlich der Schächte hat rund 8 700 Beschäftigte, die Volkswagenwerke AG östlich Salzgitter-Beddingen rund 10 000 Beschäftigte, die M.A.N. Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG rund 3 500 Beschäftigte sowie die Linke-Hofmann-Busch GmbH rund 2 500 Beschäftigte (beide befinden sich ebenfalls südlich der Schächte).

Die insgesamt 50 Betriebe verteilen sich auf folgende Wirtschaftszweige /1/:

|  |           |
|--|-----------|
| Energiewirtschaft und Wasserversorgung                   | 3         |
| Chemische Industrie, Gummi- und Asbestindustrie          | 3         |
| Steine, Erden, Glas- und Keramikindustrie                | 4         |
| Metallerzeugung  | 6         |
| Stahlindustrie, Maschinen- und Fahrzeugbau               | 7         |
| Feinmechanische, optische und elektrotechnische Betriebe | 4         |
| Holz- und Papierindustrie, Druckgewerbe                  | 6         |
| Leder-, Textil- und Bekleidungsindustrie                 | 2         |
| Nahrungs- und Genußmittelindustrie                       | 1         |
| Baugewerbe   | 12        |
| Bauhilfsgewerbe  | <u>2</u>  |
|  | <u>50</u> |

Innerhalb des 5-km-Umkreises befinden sich keine militärischen Anlagen.

Literaturverzeichnis

- /1/ Industrie- und Handelskammer Braunschweig, Verzeichnis der Industriebetriebe ab 10 Beschäftigten, Juli 1988



### 3.1.6 Verkehrswesen

Der Standortraum ist verkehrsmäßig gut erschlossen, obwohl er weder von den Hauptlinien der Autobahn noch der Eisenbahn berührt wird. Es sind hinsichtlich des Straßenverkehrs leistungsfähige Anbindungen vorhanden oder im Ausbau. Das Gebiet weist ein dichtes Verkehrsnetz und ein hohes Verkehrsaufkommen auf. In dem Raum Braunschweig - Salzgitter - Wolfenbüttel überlagern sich in teilweise hohem Umfang Durchgangs- und starker Ziel- und Quellverkehr.

#### Straßenverkehr

##### Überörtliche Anbindung

Die Ost-West-Autobahn (A 2) verläuft nördlich von Braunschweig. Sie wird von Süden über die A 391 (Westtangente Braunschweig) erreicht, die nach Südwesten über die A 39 mit der A 7 (Hamburg-Kassel) verbunden ist. Die für die Schachthanlage relevante Anschlußstelle bei SZ-Engelnstedt (Salzgitter-Lebenstedt Nord) liegt in gut 3 km Entfernung von den Schachthanlagen.

Die Nord-Süd-Autobahn (A 7) befindet sich westlich des Standortbereiches. Sie ist über die A 39 (teilweise noch Bundesstraße 490) nach etwa 20 km über das Autobahndreieck Salzgitter zu erreichen. Die von Nordost nach Südwest verlaufende Trasse der A 39 hat hohe Bedeutung sowohl als Zubringer zur A 7 als auch als Verbindung zwischen den Zentren Wolfsburg, Braunschweig und Salzgitter. Der in westlicher Richtung fehlende autobahnmäßige Ausbau zwischen Salzgitter-Salder und Salzgitter-Lichtenberg erfolgt derzeit.

Über die A 39 besteht auch ein Anschluß an die Bundesstraße 6 (Hannover - Hildesheim - Goslar - Bad Harzburg).

Die östlich der A 39 verlaufende B 248 (Wolfsburg - Braunschweig - Salzgitter) ist für den Standortraum von geringerer überörtlicher Bedeutung.

Für den Nord-Süd-Verkehr im engeren Raume (Salzgitter-Bad - Peine) spielt auch die Landesstraße 472 eine wichtige Rolle. In Ost-West-Richtung stellt die Industriestraße Mitte die Verbindung zwischen der A 39, A 395 und Wolfenbüttel her. Sie ist eine wichtige Erschließungsstraße für das Industriegebiet. Für die Erschließung des Industriegebietes aus nördlicher Richtung ist die L 618 bedeutsam.

#### Örtlicher Verkehr

Im Standortraum findet eine starke Überlagerung des örtlichen und überörtlichen Verkehrs statt. Die erwähnten überörtlichen Erschließungsstraßen sind für den örtlichen Verkehr sehr wichtig.

Besonders hinzuweisen ist auf die Nord-Süd-Straße (L 472) und die Industriestraßen. Sie stellen Verknüpfungen zu den verschiedenen überregionalen Straßen dar und dienen der Verbindung zwischen dem Industriegebiet und seinem Einzugsbereich. Im Standortraum ist die vier-spurig ausgebaute Industriestraße Nord eine leistungsfähige Verbindung zwischen Salzgitter-Lebenstedt und dem nördlichen Teil des Industriegebietes /1/.

#### Verkehrsbelastung

Die Verkehrsbelastung auf den wichtigen Straßen durch diesen Standortraum wurde zuletzt 1985 ermittelt. An verschiedenen Punkten auf diesen Straßen wurden die Verkehrsmengen je 24 Std. ermittelt /2/ und in der folgenden Aufstellung zusammengefaßt wiedergegeben. Aufgrund der zeitlichen Parallelität mit den Antransporten zu Schacht Konrad 2 wurden die werktäglichen DTV-Werte

(durchschnittl. tägl. Verkehr) berücksichtigt. Die Formulierung: "Zunehmend von rund 12 500 auf rund 18 000 Kraftfahrzeuge in Richtung Braunschweig auf der A 39" bedeutet, daß am Zählquerschnitt in der Nähe Salzgitter-Lebenstedt rund 12 500 und am Zählquerschnitt in der Nähe Salzgitter-Thiede rund 18 000 Kraftfahrzeuge in 24 Stunden ermittelt wurden.

- A 39: Von Salzgitter-Lebenstedt in Richtung Braunschweig zunehmend von rund 12 500 auf rund 18 000 Kraftfahrzeuge; davon im Untersuchungsraum etwa 3 100 Güterfahrzeuge,
- B 248: Von Salzgitter-Thiede in südlicher Richtung zunehmend von rund 5 500 auf 9 000 Kraftfahrzeuge; davon im Durchschnitt 1 000 bis 1 200 Güterfahrzeuge,
- L 614: Rund 2 400 Kraftfahrzeuge; davon rund 700 Güterfahrzeuge,
- L 615: Von Wolfenbüttel in Richtung Salzgitter-Thiede 3 900 Kraftfahrzeuge; davon 650 Güterfahrzeuge,
- L 618: Von der L 495 (hier K 16) zur A 39 von rund 5 000 auf rund 4 300 Kraftfahrzeuge abnehmend; davon rund 700 Güterfahrzeuge,
- K 12: Von der A 39 in Richtung L 495 von 1 900 auf 4 000 Kraftfahrzeuge zunehmend,
- K 13: Rund 6 300 Kraftfahrzeuge,
- K 16: Von der L 615 in Richtung L 618 von 2 200 Kraftfahrzeuge nördlich der Industriestraße Nord über 3 500 Kraftfahrzeuge südlich der Industriestraße Nord zunehmend,



K 36: Rund 1 200 Kraftfahrzeuge,

K 39 (Städtestraße): Zwischen 11 200 und 12 100 Kraftfahrzeuge,

Industriestraße Nord: Von der L 618 zur A 39 von 3 500 auf 5 500 Kraftfahrzeuge zunehmend,

Nord-Süd-Straße: Östliche Anschlußstelle SZ-Watenstedt 12 000 Kraftfahrzeuge.

#### Schienenverkehr

Der Standortraum wird nicht von den Fernstrecken der Deutschen Bundesbahn berührt. Die Nord-Süd-Verbindung Hamburg - München verläuft im Westen, die Ost-West-Strecke (Berlin - Hannover) im Norden. Die eingleisige, elektrifizierte Strecke Nordstemmen - Hildesheim - Braunschweig führt etwa 2 km bis 3 km nördlich an der Schachtanlage Konrad vorbei und hat keine direkte Verbindung nach Salzgitter. Anschluß an das Personenverkehrsnetz besteht über die eingleisigen, nicht elektrifizierten Strecken Braunschweig - Salzgitter-Lebenstedt und Braunschweig - Salzgitter-Bad - Seesen - Kreiensen.

Im Industriegebiet Salzgitter unterhält die Verkehrsbetriebe Peine-Salzgitter GmbH ein Schienennetz. Dieses Netz zweigt von der Bundesbahnstrecke Groß Gleidingen - Salzgitter-Drütte am Übergabebahnhof Beddingen ab. Es besteht eine Verbindung zwischen den Werken Salzgitter und Peine der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG, die den westlichen Standortraum durchquert. An dieses Netz sind auch die Schächte Konrad 1 und Konrad 2 angeschlossen. Für die Verkehrsbetriebe Peine-Salzgitter GmbH besteht Beförderungspflicht.

### Wasserstraßen

Der Standortraum hat über den Zweigkanal Salzgitter eine Verbindung zum Mittellandkanal und über diesen zum Elbe-Seiten-Kanal; damit hat er Anschluß an das nationale und internationale Wasserstraßennetz. Die genannten Kanäle sind in Richtung Elbe auf die Tragfähigkeit des Europaschiffes (1 350 t) ausgebaut; in westlicher Richtung ist der Ausbau des Mittellandkanals noch nicht abgeschlossen. Transporte auf den Kanälen erfolgen mit Schiffen von 400 t bis 1 350 t Tragfähigkeit; Schub- und Gelenkverbände für Kohle können etwa 2 000 t je Verband befördern.

Der Hafen Beddingen befindet sich nördlich Salzgitter-Beddingen und der Hafen Salzgitter im Bereich des Werkes Salzgitter der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG.

Im Zeitraum vom Oktober 1986 bis September 1987 wurden in den Häfen 2 563 ankommende und 2 571 abgehende und von Oktober 1987 bis September 1988 in den Häfen 2 787 ankommende und 2 746 abgehende Schiffe gezählt.

### Luftverkehr

Für den nationalen und internationalen Flugverkehr steht der etwa 60 km nordwestlich gelegene Flughafen Hannover-Langenhagen zur Verfügung. Dem Regionalverkehr dient der etwa 20 km nordöstlich gelegene Flugplatz Braunschweig-Waggum. Ein Verkehrslandeplatz befindet sich in Salzgitter-Drütte etwa 2 km von Schacht Konrad 2 entfernt. Wegen seiner Nähe zu dem westlich gelegenen Industriegelände ist der Flugverkehr hier stärkeren Einschränkungen unterworfen. Eine Vergrößerung des Verkehrslandeplatzes Salzgitter-Drütte bei Verschwenkung der Landebahn in Nord-Ost Süd-West-Richtung ist beabsichtigt. Dazu ist ein Raumordnungsverfahren eingeleitet worden.

Die Zahl der Flugbewegungen ist im Standortraum gering. Die Schächte liegen sowohl in der Luftverteidigungs-identifizierungszone gegenüber der DDR als auch im Bereich des Flugplatzes Braunschweig-Waggum und des Verkehrslandeplatzes Salzgitter-Drütte. Es finden keine militärischen Übungsflüge (Tiefflüge) statt. Im Westen reicht der "Nahverkehrsbereich" Hannover in den Standortraum. Im Bereich des Flugplatzes Braunschweig-Waggum liegt ein ständiges Fallschirmabsetzgebiet. Der Flugplatz Braunschweig-Waggum und der Verkehrslandeplatz Salzgitter-Drütte werden auch für die Sportfliegerei genutzt /3/.

#### Anschluß der Schachtanlage an das Verkehrsnetz

Schacht Konrad 1 ist mit Kraftfahrzeugen von der A 39 über die Industriestraße Nord, die Üfinger Straße sowie eine von dieser in westlicher Richtung abzweigende Trasse zu erreichen. Außerdem ist ein Gleisanschluß der Verkehrsbetriebe Peine-Salzgitter GmbH vorhanden (Anlage 3.1.2/3).

Schacht Konrad 2 ist mit Kraftfahrzeugen von der A 39 über die Industriestraße Nord, von der ein Abzweig in südlicher Richtung zur Schachtanlage führt, zu erreichen. Die neu zu erstellende Verkehrsanbindung von Schacht Konrad 2 wird im Kapitel 3.2.4.1.1 sowie in der ergänzenden Unterlage "Verkehrsanbindung" näher beschrieben.



Literaturverzeichnis

- /1/ Stadt Salzgitter, Flächennutzungsplan, 1979, Erläuterungsbericht, Kapitel 5.1.10.3; Kartenteil
- /2/ Straßenverkehrszählung 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Abt. Straßenbau, und der Straßenbauverwaltungen der Länder 1986 BMV-STB 13/20.40.50/ 13010 H 84
- /3/ Luftwaffenamt - Abt. Flugbetrieb/SAR, Tiefflugarbeitskarte 1973/74.  
Nordblatt 1 : 500.000  
Druck: Militärgeographisches Amt, VIII-73-12,5-H  
188/73-DMG



### 3.1.7 Meteorologische Verhältnisse

Die Schachtanlage Konrad liegt in der Norddeutschen Tiefebene, im Übergangsbereich vom Flachland zum Mitteldeutschen Bergland. Die Geländehöhe am Standort beträgt etwa 100 m über NN (Schacht Konrad 1) und etwa 90 m über NN (Schacht Konrad 2). Das Gelände in der näheren Umgebung ist eben bis leicht hügelig. Erst in einer Entfernung von etwa 10 km vom Standort erreichen einzelne Höhenzüge bis zu 270 m über NN. Die Entfernung zum Harzrand beträgt 25 km bis 30 km. Ein wesentlicher Einfluß der orographischen Bedingungen auf die Windverhältnisse und das Klima am Standort ist somit nicht gegeben. Eine Übertragung von Wetterdaten und der klimatischen Bedingungen benachbarter im Flachland liegender Stationen auf den Standort der Schachtanlage Konrad ist deshalb zulässig und für die Beurteilung der Ausbreitungsverhältnisse ausreichend. Das gilt insbesondere, weil die Wetterverhältnisse in diesem Gebiet weitgehend durch die jeweilige Großwetterlage bestimmt werden.

Ein Überblick über die klimatischen Verhältnisse für das Gebiet um die Schachtanlage Konrad läßt sich anhand von Daten des Deutschen Wetterdienstes gewinnen. Vieljährige Klimabeobachtungen vom Standort der Schachtanlage liegen nicht vor. Zur Beurteilung der meteorologischen und klimatologischen Bedingungen am Standort müssen daher die Daten der unmittelbar benachbarten im Flachland liegenden Stationen Braunschweig-Völkenrode - ca. 13 km nördlich vom Standort - und Vallstedt - ca. 5 km nordwestlich vom Standort - verwendet werden.

Die mittleren jährlichen Häufigkeiten des Windes in den einzelnen Windrichtungen in Braunschweig-Völkenrode sind in Tabelle 3.1.7/1 für die 12-teilige Windrose zusammengestellt. Im Jahresmittel treten danach Winde aus Südwest und West am häufigsten auf. Der Anteil der Winde aus nördlichen Richtungen ist dagegen relativ gering.



Zum Vergleich werden die Häufigkeitsverteilungen des Windes in den einzelnen Windrichtungen - ohne Berücksichtigung von Calmen - der Stationen Hamburg-Fuhlsbüttel und Bremen herangezogen (Tabelle 3.1.7/8). Im Jahresmittel herrschen danach an allen betrachteten Stationen Winde aus westlichen Richtungen - Windrichtungssektoren 23 bis 25, 26 bis 28 und 29 bis 31 Dekagrad - mit einer Häufigkeit von 36 % bis 44 % vor, welches der Lage der Stationen im nördlichen Westwindgürtel der Erde insbesondere in der Norddeutschen Tiefebene entspricht. Luftströmungen aus östlichen Richtungen - Sektoren 05 bis 07, 08 bis 10 und 11 bis 13 Dekagrad - treten gleichfalls an allen Stationen mit annähernd gleicher Häufigkeit von ca. 19 % bis 24 % auf. Auch der Anteil der Nordwinde - Luftströmungen aus 32 bis 34, 35 bis 01 und 02 bis 04 Dekagrad - ist mit einem Anteil von ca. 10 % bis 15 % an allen Stationen etwa gleich. Insgesamt bestätigt dieser Vergleich die Zulässigkeit der Übertragung von Wetterdaten von Braunschweig-Völkenrode auf die Schachtanlage Konrad.

Angaben über die Häufigkeit der Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe über der Geländeoberfläche sind für Braunschweig-Völkenrode in Tabelle 3.1.7/2 aufgeführt. Danach liegt im Jahresmittel die Häufigkeit der Windgeschwindigkeit im Bereich von 1 Knoten bis 3 Knoten (ca. 0,5 m/s bis ca. 1,5 m/s) bei etwa 21 % und im Bereich von 4 Knoten bis 7 Knoten (ca. 2,0 m/s bis ca. 3,6 m/s) bei etwa 38 %. Der Anteil der Calmen beträgt dagegen im Jahresmittel nur 1,5 %. Für die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über der Geländeoberfläche ergibt sich ein Wert von ca. 6,8 Knoten (ca. 3,5 m/s).

Die Aussagen über die atmosphärische Stabilität am Standort basieren auf Beobachtungen in Braunschweig-Völkenrode, die in einer dreidimensionalen Ausbreitungsklassenstatistik zusammengefaßt sind. Die mittleren Häufigkeiten der Windrichtungen und der Ausbreitungsklassen

nach dieser Statistik sind aus den Tabellen 3.1.7/1 und 3.1.7/3 ersichtlich.

Zur Beurteilung der Ausbreitungsverhältnisse im Gebiet um den Standort der Schachtanlage werden auch Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes für die Stationen Hamburg-Fuhlsbüttel und Bremen herangezogen. In Tabelle 3.1.7/9 sind den entsprechenden Angaben dieser Stationen über die Stabilität der atmosphärischen Schichtung die Daten für Braunschweig-Völkenrode gegenübergestellt. Diese Zusammenstellung zeigt, daß die verschiedenen Ausbreitungsbedingungen im Norddeutschen Tiefland unter Berücksichtigung der niedrigeren Windgeschwindigkeit im Binnenland annähernd die gleiche Häufigkeit aufweisen, und somit die Übertragung meteorologischer Parameter einer Station, insbesondere für Ausbreitungsrechnungen auf benachbarte Standorte zulässig ist.

Aussagen über die Häufigkeiten von Inversionsbedingungen am Standort der Schachtanlage Konrad basieren auf Angaben für Hannover (Zeitraum Jan. 1957 bis Dez. 1973). Inversionswetterlagen mit der Untergrenze der Inversion unterhalb von 100 m über Grund sind danach in 28,6 % aller Fälle zu erwarten.

Angaben über die Niederschlagsverhältnisse im Gebiet um die Schachtanlage Konrad sind in den Tabellen 3.1.7/4 bis 3.1.7/6 aufgeführt. Die mittleren Niederschlagshöhen pro Jahr betragen für Braunschweig-Völkenrode nach Messungen im Zeitraum 1961-1980 612,4 mm, im Zeitraum 1979 bis 1988 647,3 mm und für Vallstedt im Zeitraum 1951 bis 1980 599,7 mm. Die jährliche Verteilung läßt ein Maximum im Sommer erkennen, wobei der höchste monatliche Niederschlagswert im Zeitraum 1979 bis 1988 im Juni mit 93,4 mm in Braunschweig-Völkenrode und in Vallstedt im Zeitraum 1951 bis 1980 im Juli mit 70,1 mm auftritt (Tabelle 3.1.7/4). Im Zeitraum 1961 bis 1970 lag die mittlere Niederschlagshöhe für Braunschweig-Völkenrode bei 671,3 mm/a.



Extremwerte für die täglichen und monatlichen Niederschlagshöhen im Zeitraum von 1961 bis 1980 in Braunschweig-Völkenrode und im Zeitraum von 1951 bis 1980 in Vallstedt sind in Tabelle 3.1.7/5 zusammengestellt. Die höchsten Werte wurden danach für die angegebenen Zeiträume mit 79,6 mm/d und 164,1 mm pro Monat in Braunschweig-Völkenrode sowie mit 69,5 mm/d und 192,3 mm pro Monat in Vallstedt registriert.

Die Verteilung des Niederschlags auf die einzelnen Windrichtungssektoren kann einer Niederschlagswindrose für Braunschweig-Völkenrode entnommen werden. In Tabelle 3.1.7/6 ist der Zusammenhang zwischen Niederschlag und Windrichtung für den Sommer und das gesamte Jahr wiedergegeben. Danach ist sowohl im Sommer als auch im gesamten Jahr die Niederschlagshäufigkeit mit etwa 22 % am höchsten, wenn der Wind aus der Hauptwindrichtung - Windrichtungssektor 240° - weht.

Für die klimatischen Verhältnisse wurden im Zeitraum 1961 bis 1980 in Braunschweig-Völkenrode folgende mittlere Werte - jährliche Mittel - registriert:

|  |         |
|--|---------|
| Mittlere Tagemittel der Lufttemperatur | 8,7 °C  |
| Relative Luftfeuchte                   | 79 %    |
| Tage mit Nebel                         | 45,8 d. |

Die jährliche Verteilung der mittleren Tagemittel der Lufttemperatur - monatliche Mittel - sowie das mittlere tägliche Minimum und das mittlere tägliche Maximum der Lufttemperatur sind in Tabelle 3.1.7/7 zusammengestellt. In dieser Tabelle ist außerdem die jährliche Verteilung der relativen Luftfeuchte - monatliche Mittel - und die mittlere Zahl der Tage mit Nebel - monatliche Mittel - aufgeführt.



| Windrichtung<br>in Grad        | Häufigkeit<br>in % | Windrichtung<br>in Grad | Häufigkeit<br>in % |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|
| Calmen und<br>umlaufende Winde | 2,3                |                         |                    |
| 30                             | 2,9                | 210                     | 12,3               |
| 60                             | 4,7                | 240                     | 18,4               |
| 90 (Ost)                       | 7,1                | 270 (West)              | 15,7               |
| 120                            | 6,7                | 300                     | 9,6                |
| 150                            | 7,5                | 330                     | 4,4                |
| 180 (Süd)                      | 6,0                | 360 (Nord)              | 2,4                |

Tabelle Mittlere Häufigkeit des Windes in den einzelnen  
 3.1.7/1 Windrichtungen für Braunschweig-Völkenrode im  
 Zeitraum Januar 1979 bis Dezember 1988

| Windgeschwindigkeit<br>in Knoten*  | Häufigkeit<br>in % | Windgeschwindigkeit<br>in Knoten* | Häufigkeit<br>in % |
|--|--------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Calmen (< 1)   | 1,5                | 16                                | 1,1                |
| 1  | 3,9                | 17                                | 0,7                |
| 2  | 7,9                | 18                                | 0,4                |
| 3  | 9,3                | 19                                | 0,3                |
| 4  | 11,1               | 20                                | 0,2                |
| 5  | 9,4                | 21                                | 0,1                |
| 6  | 10,1               | 22                                | 0,07               |
| 7  | 7,8                | 23                                | 0,05               |
| 8  | 7,7                | 24                                | 0,03               |
| 9  | 7,1                | 25                                | 0,02               |
| 10   | 6,2                | 26                                | $7 \cdot 10^{-3}$  |
| 11   | 5,0                | 27                                | $4 \cdot 10^{-3}$  |
| 12   | 3,7                | 28                                | $2 \cdot 10^{-3}$  |
| 13   | 2,7                | 29                                | $2 \cdot 10^{-3}$  |
| 14   | 2,1                | 30                                | $1 \cdot 10^{-3}$  |
| 15   | 1,5                | 31                                | -                  |
| * 1 Knoten = 1 Seemeile durch Stunde<br>= $(1\ 852/3\ 600)$ m/s = 0,51 m/s |                    |                                   |                    |

Tabelle Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit in 10 m  
 3.1.7/2 Höhe über der Geländeoberfläche für Braunschwei-Völ-  
 kenrode im Zeitraum Januar 1979 bis Dezember 1988

| Ausbreitungsklasse | Häufigkeit<br>in % | Ausbreitungsklasse | Häufigkeit<br>in % |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| I                  | 11,5               | III 2              | 14,9               |
| II                 | 17,6               | IV                 | 5,3                |
| III 1              | 46,9               | V                  | 2,6                |
|                    |                    | unbekannt          | 1,2                |

Tabelle Häufigkeit der Ausbreitungsklassen nach KLUG/MANIER für  
 3.1.7/3 Braunschweig-Völkenrode im Zeitraum Januar 1979 bis  
 Dezember 1988

|           | Braunschweig-Völkenrode<br>Niederschlag in<br>mm/Monat |               | Vallstedt<br>Niederschlag in<br>mm/Monat |
|-----------|--|---------------|--|
|           | 1961 bis 1980  | 1979 bis 1988 | 1951 bis 1980                            |
| Januar    | 43,9   | 50,2          | 43,2                                     |
| Februar   | 35,1   | 28,6          | 33,8                                     |
| März      | 39,8   | 56,5          | 38,4                                     |
| April     | 50,5   | 45,1          | 42,7                                     |
| Mai       | 62,1   | 55,3          | 56,5                                     |
| Juni      | 69,2   | 93,4          | 66,7                                     |
| Juli      | 62,0   | 58,4          | 70,1                                     |
| August    | 66,1   | 56,8          | 66,6                                     |
| September | 45,7   | 47,2          | 45,1                                     |
| Oktober   | 38,2   | 43,7          | 42,4                                     |
| November  | 50,3   | 48,4          | 46,3                                     |
| Dezember  | 49,4   | 64,4          | 48,0                                     |

Tabelle Mittlere monatliche Niederschlagshöhe für Braun-  
 3.1.7/4 schweig-Völkenrode und Vallstedt



|           | Braunschweig-Völkenrode |          | Vallstedt       |          |
|-----------|-------------------------|----------|-----------------|----------|
|           | 1961 bis 1980           |          | 1951 bis 1980   |          |
|           | Niederschlag in         |          | Niederschlag in |          |
|           | mm/d                    | mm/Monat | mm/d            | mm/Monat |
| Januar    | 20,3                    | 138,2    | 24,0            | 136,7    |
| Februar   | 29,2                    | 102,0    | 40,6            | 117,9    |
| März      | 17,1                    | 68,4     | 20,5            | 82,2     |
| April     | 23,8                    | 127,5    | 27,0            | 138,7    |
| Mai       | 49,6                    | 156,2    | 45,1            | 151,8    |
| Juni      | 79,6                    | 164,1    | 61,2            | 143,1    |
| Juli      | 40,7                    | 111,5    | 69,5            | 192,3    |
| August    | 40,3                    | 116,8    | 37,7            | 133,9    |
| September | 31,7                    | 122,2    | 21,7            | 126,0    |
| Oktober   | 28,1                    | 88,8     | 41,1            | 106,6    |
| November  | 22,8                    | 106,5    | 36,5            | 99,3     |
| Dezember  | 22,4                    | 103,0    | 23,7            | 108,0    |

Tabelle      Extremwerte der täglichen und monatlichen Nieder-  
3.1.7/5      schlagshöhen

| Windrichtung                     | Häufigkeit der Regenfälle |                  |
|----------------------------------|---------------------------|------------------|
|                                  | im Sommer                 | im gesamten Jahr |
| in Grad                          | in %                      | in %             |
| Calmen und um-<br>laufende Winde | 1,3                       | 0,9              |
| 30                               | 3,3                       | 3,6              |
| 60                               | 2,8                       | 4,2              |
| 90 (Ost)                         | 3,3                       | 5,6              |
| 120                              | 3,3                       | 3,5              |
| 150                              | 5,1                       | 4,9              |
| 180 (Süd)                        | 5,9                       | 4,0              |
| 210                              | 12,2                      | 11,8             |
| 240                              | 21,8                      | 22,5             |
| 270 (West)                       | 20,0                      | 19,9             |
| 300                              | 12,0                      | 10,9             |
| 330                              | 5,4                       | 4,5              |
| 360 (Nord)                       | 3,6                       | 3,8              |

Tabelle  
3.1.7/6

Niederschlagswindrose  
Zeitraum: Januar 1979 bis Dezember 1988

|           | Lufttemperatur         |                     |         | Rel. Feuchte<br>mittl. Tage-<br>mittel | Tage mit<br>Nebel |
|-----------|------------------------|---------------------|---------|--|-------------------|
|           | mittlere<br>Tagemittel | mittleres tägliches |         |  |                   |
|           |                        | Maximum             | Minimum |  |                   |
|           |                        | in °C               | in °C   |  |                   |
| Januar    | 0,1                    | 2,4                 | - 2,4   | 85                                     | 5,9               |
| Februar   | 1,1                    | 3,9                 | - 1,7   | 84                                     | 5,3               |
| März      | 3,8                    | 7,3                 | 0,5     | 79                                     | 3,1               |
| April     | 7,7                    | 12,2                | 3,5     | 75                                     | 3,2               |
| Mai       | 12,3                   | 17,0                | 7,5     | 72                                     | 1,1               |
| Juni      | 15,9                   | 20,9                | 10,9    | 73                                     | 1,2               |
| Juli      | 16,9                   | 21,7                | 12,3    | 75                                     | 1,8               |
| August    | 16,8                   | 22,0                | 12,1    | 74                                     | 2,3               |
| September | 13,8                   | 18,5                | 9,8     | 79                                     | 3,9               |
| Oktober   | 9,5                    | 13,4                | 6,1     | 83                                     | 7,7               |
| November  | 4,8                    | 7,3                 | 2,4     | 85                                     | 5,5               |
| Dezember  | 1,3                    | 3,5                 | - 1,2   | 86                                     | 5,2               |

Tabelle 3.1.7/7 Angaben zur jährlichen Verteilung von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte und Nebel in Braunschweig-Völkenrode im Zeitraum Januar 1961 bis Dezember 1980



| Windrichtung<br>in Dekagrad | Häufigkeit in %         |        |                             |
|-----------------------------|-------------------------|--------|-----------------------------|
|                             | Hamburg-<br>Fuhlsbüttel | Bremen | Braunschweig-<br>Völkenrode |
| 35 bis 01 (N)               | 2,8                     | 4,2    | 2,4                         |
| 02 bis 04                   | 4,0                     | 4,9    | 2,9                         |
| 05 bis 07                   | 7,7                     | 6,0    | 4,7                         |
| 08 bis 10 (O)               | 7,2                     | 7,8    | 7,1                         |
| 11 bis 13                   | 9,1                     | 10,4   | 6,7                         |
| 14 bis 16                   | 8,4                     | 6,2    | 7,5                         |
| 17 bis 19 (S)               | 3,5                     | 5,6    | 6,0                         |
| 20 bis 22                   | 9,0                     | 8,9    | 12,3                        |
| 23 bis 25                   | 15,2                    | 14,5   | 18,4                        |
| 26 bis 28 (W)               | 12,6                    | 12,4   | 15,7                        |
| 29 bis 31                   | 10,6                    | 9,4    | 9,6                         |
| 32 bis 34                   | 4,8                     | 6,0    | 4,4                         |

Tabelle 3.1.7/8 Mittlere Häufigkeit des Windes in den einzelnen Windrichtungen an verschiedenen Orten in der Norddeutschen Tiefebene (ohne Berücksichtigung von Calmen)

| Stabilität der<br>atmosphärischen<br>Schichtung | Häufigkeit in %         |        |                             |
|---|-------------------------|--------|-----------------------------|
|   | Hamburg-<br>Fuhlsbüttel | Bremen | Braunschweig-<br>Völkenrode |
| stabil  | 23,2                    | 21,3   | 29,4                        |
| neutral   | 70,6                    | 71,8   | 62,6                        |
| labil   | 6,2                     | 6,9    | 8,0                         |

Tabelle 3.1.7/9 Häufigkeit der atmosphärischen Schichtung an verschiedenen Orten in der Norddeutschen Tiefebene



## UNTERKAPITEL

- 3.1.8            Radiologische Grundbelastung
  - 3.1.8.1        Radiologische Grundbelastung der Umgebung
    - 3.1.8.1.1      Direktstrahlung
    - 3.1.8.1.2      Radioaktivität der Niederschläge
    - 3.1.8.1.3      Radioaktivität der bodennahen Luft
    - 3.1.8.1.4      Radioaktivität von Gewässern
    - 3.1.8.1.5      Radioaktivitätskonzentration im Boden und in terrestrischen Nahrungsketten
    - 3.1.8.1.6      Radiologische Grundbelastung nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl
  - 3.1.8.2        Radiologische Grundbelastung im Gruben-  
gebäude
    - 3.1.8.2.1      Ortsdosisleistung
    - 3.1.8.2.2      Radiologische Grundbelastung der Wetter aufgrund des aus dem Gebirge entweichenden Radons und seiner Folgeprodukte
    - 3.1.8.2.3      Radiologische Grundbelastung der Wetter aufgrund des Staubgehaltes
    - 3.1.8.2.4      Bestehende Aktivitätskonzentrationen in den Grubenwässern
  - 3.1.8.3        Radiologische Grundbelastung in der Um-  
gebung der Schachtanlage infolge der ra-  
diologischen Grundbelastung der Wetter und  
der Grubenwässer
    - 3.1.8.3.1      Ableitung natürlicher Aktivität mit den Abwettern
    - 3.1.8.3.2      Ableitung natürlicher Aktivität mit den Grubenwässern
    - 3.1.8.3.3      Spezifische Aktivität von Radionukliden im Boden und Bewuchs als Folge der Ableitung der natürlichen Aktivität
  - 3.1.8.4        Radiologische Vorbelastung durch den Umgang mit radioaktiven Stoffen und durch den Be-  
trieb kerntechnischer Anlagen





### 3.1.8 Radiologische Grundbelastung

#### 3.1.8.1 Radiologische Grundbelastung der Umgebung

Die folgenden Ausführungen (Kap. 3.1.8.1.1 bis Kap. 3.1.8.1.5) basieren auf Untersuchungen in der Umgebung der Schachtanlage Konrad, die für die Direktstrahlung, die Niederschläge, die bodennahe Luft und den Boden einschließlich terrestrischer Nahrungsketten in den Jahren 1979 und 1980 und für Oberflächengewässer in den Jahren 1984 und 1985 durchgeführt wurden. In Kapitel 3.1.8.1.6 sind Ergebnisse von Messungen in der Umgebung der Schachtanlage Konrad aufgeführt, die aufgrund der Auswirkungen des Reaktorunfalles in Tschernobyl in den Monaten Mai 1986 bis September 1986 durchgeführt wurden.

Gemäß der Richtlinie des BMI zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen /4/ sind ein Betreibermeßprogramm und ein Programm einer unabhängigen Meßstelle mindestens zwei Jahre vor Inbetriebnahme zu beginnen. Die Richtlinie umfaßt Ortsdosismessungen und nuklidspezifische Einzelmessungen an den Proben der Medien Luft, Wasser, Boden und Bewuchs. Das Betreibermeßprogramm hat bereits 1988 begonnen.

##### 3.1.8.1.1 Direktstrahlung

Die Gammaortsdosis wurde in vier Meßkampagnen mit Thermolumineszenzdosimetern (TLD) an insgesamt 36 Meßstellen ermittelt. Diese Meßstellen befanden sich etwa zu gleicher Anzahl in unmittelbarer Nähe der Schächte Konrad 1 und Konrad 2 sowie in der weiteren Umgebung des Standortes (ca. 2 km) und umgaben die Schächte bzw. den Mittelpunkt zwischen Schacht Konrad 1 und Schacht Konrad 2 annähernd ringförmig. Die Langzeitmessungen wurden durch Kurzzeit-Handmessungen der Gammaortsdosisleistung während der oben genannten Meßkampagnen ergänzt.

Die ermittelten Jahresdosen (Tabelle 3.1.8.1.1/1 und Abb. 3.1.8.1.1/1) liegen zwischen 0,610 mSv/a und 1,350 mSv/a ( $\hat{=}$  61 mrem/a und 135 mrem/a), wobei der Mittelwert aller Meßwerte 0,816 mSv/a ( $\hat{=}$  81,6 mrem/a) bei einer Standardabweichung von 0,126 mSv/a beträgt. Die Kurzzeit-Handmessungen an denselben Orten zeigten mit dem Mittelwert 0,870 mSv/a  $\pm$  0,282 mSv/a ein ähnliches Ergebnis. Die relativ hohe Streubreite der Meßwerte ist vergleichbar mit derjenigen, die auch an anderen Stellen beobachtet wurde.

Die Meßergebnisse stimmen gut mit den Angaben zur Strahlenexposition des BMI /1/ überein. Danach liegt im Raum Salzgitter die terrestrische Komponente der mittleren jährlichen Strahlenexposition von außen zwischen 0,525 mSv/a und 0,613 mSv/a. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der kosmischen Komponente von etwa 0,300 mSv/a (Meereshöhenwert), ergeben sich damit Werte zwischen 0,825 mSv/a und 0,913 mSv/a, mit denen die hier ermittelten Jahresdosen nahezu übereinstimmen.

#### 3.1.8.1.2 Radioaktivität der Niederschläge

Die Aktivität der Niederschläge wurde an acht Vierteljahres-Mischproben ermittelt, die in der Nähe des Schachtes Konrad 1 genommen wurden.

Bei der Analyse der Niederschlagsproben wurden neben Be 7, das in allen untersuchten Proben bestimmt wurde, die Radionuklide H 3, Zr 95/Nb 95, Ru 103, Ru 106, Cs 137, Ce 141 und Ce 144 in Stichproben gemessen. Be 7 ist ein durch die Höhenstrahlung erzeugtes Spallationsprodukt des atmosphärischen N 14 und somit natürlichen Ursprungs. H 3 kann sowohl aus natürlichen als auch aus künstlichen Quellen stammen. Die außerdem genannten Nuklide sind Spaltprodukte, die mit großer Wahrscheinlichkeit auf Atomwaffenversuche in der Atmosphäre, die von der Volksrepublik China im Dezember 1978 und im Oktober 1980 durchgeführt wurden, zurückzuführen sind.



| Meß-<br>punkt | 1. Meßkampagne |      | 2. Meßkampagne |      | 3. Meßkampagne |      | 4. Meßkampagne |      |
|---------------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|
|               | mrem           | mSv  | mrem           | mSv  | mrem           | mSv  | mrem           | mSv  |
| 1             | 106            | 1,06 | -              | -    | 96             | 0,96 | 102            | 1,02 |
| 2             | 135            | 1,35 | -              | -    | 85             | 0,85 | 88             | 0,88 |
| 3             | 114            | 1,14 | -              | -    | 86             | 0,86 | 92             | 0,92 |
| 4             | -              | -    | -              | -    | 85             | 0,85 | 90             | 0,90 |
| 5             | 126            | 1,26 | -              | -    | 92             | 0,92 | 98             | 0,98 |
| 6             | 114            | 1,14 | -              | -    | 90             | 0,90 | 90             | 0,90 |
| 7             | -              | -    | 79             | 0,79 | 79             | 0,79 | 78             | 0,78 |
| 8             | 79             | 0,79 | 77             | 0,77 | 75             | 0,75 | 76             | 0,76 |
| 9             | 82             | 0,82 | 83             | 0,83 | 83             | 0,83 | 80             | 0,80 |
| 10            | 71             | 0,71 | 97             | 0,97 | 96             | 0,96 | -              | -    |
| 11            | 79             | 0,79 | -              | -    | 69             | 0,69 | 70             | 0,70 |
| 12            | 92             | 0,92 | -              | -    | 106            | 1,06 | -              | -    |
| 13            | 88             | 0,88 | -              | -    | 96             | 0,96 | 106            | 1,06 |
| 14            | -              | -    | 83             | 0,83 | 75             | 0,75 | 76             | 0,76 |
| 15            | 70             | 0,70 | 65             | 0,65 | 63             | 0,63 | 64             | 0,64 |
| 16            | 70             | 0,70 | 75             | 0,75 | 69             | 0,69 | 70             | 0,70 |
| 17            | 86             | 0,86 | 81             | 0,81 | 81             | 0,81 | 76             | 0,76 |
| 18            | 84             | 0,84 | -              | -    | 86             | 0,86 | 90             | 0,90 |
| 19            | 80             | 0,80 | -              | -    | 65             | 0,65 | 64             | 0,64 |
| 20            | 74             | 0,74 | 71             | 0,71 | 61             | 0,61 | 66             | 0,66 |
| 21            | 66             | 0,66 | 83             | 0,83 | 77             | 0,77 | 74             | 0,74 |
| 22            | 100            | 1,00 | 73             | 0,73 | 71             | 0,71 | 78             | 0,78 |
| 23            | 74             | 0,74 | 77             | 0,77 | 67             | 0,67 | 74             | 0,74 |
| 24            | 76             | 0,76 | 81             | 0,81 | 77             | 0,77 | 80             | 0,80 |
| 25            | 100            | 1,00 | 97             | 0,97 | 92             | 0,92 | 90             | 0,90 |
| 26            | 98             | 0,98 | 99             | 0,99 | 96             | 0,96 | 96             | 0,96 |
| 27            | 72             | 0,72 | 77             | 0,77 | 67             | 0,67 | 74             | 0,74 |
| 28            | 78             | 0,78 | 81             | 0,81 | 73             | 0,73 | 76             | 0,76 |
| 29            | 74             | 0,74 | 75             | 0,75 | 75             | 0,75 | 78             | 0,78 |
| 30            | 72             | 0,72 | 77             | 0,77 | 69             | 0,69 | 72             | 0,72 |
| 31            | 84             | 0,84 | 87             | 0,87 | 81             | 0,81 | 88             | 0,88 |
| 32            | 86             | 0,86 | 85             | 0,85 | -              | -    | 82             | 0,82 |
| 33            | 76             | 0,76 | 73             | 0,73 | 71             | 0,71 | 74             | 0,74 |
| 34            | 80             | 0,80 | 83             | 0,83 | 77             | 0,77 | 76             | 0,76 |
| 35            | -              | -    | 77             | 0,77 | -              | -    | -              | -    |
| 36            | 68             | 0,68 | 81             | 0,81 | 67             | 0,67 | 68             | 0,68 |

Tabelle  
3.1.8.1.1/1

Berechnete Gammajahresdosis aus den TLD-Meßwerten an 36 Meß-  
stellen in vier halbjährigen Meßkampagnen

Die Meßergebnisse sind in Tabelle 3.1.8.1.2/1 zusammengefaßt. Die Unterscheidung von "offen" und "geschlossen" besagt, daß der eine Sammler ständig geöffnet war (Erfassung der Radioaktivitäten aufgrund Washout und Fallout), der andere Sammler nur bei Regen automatisch geöffnet wurde (Erfassung der im Regen enthaltenen bzw. vom Regen aufgenommenen Aktivität, Washout). Die erhaltenen Meßwerte lassen keinen Rückschluß auf Unterschiede von Washout-Aktivität und Fallout-Aktivität zu, es wurden sogar teilweise am nur bei Regen geöffneten Behälter die größeren Aktivitäten gemessen.

Ein Vergleich der Meßwerte mit entsprechenden Ergebnissen, die innerhalb des Beobachtungszeitraumes bei der KFA Jülich und vom Deutschen Wetterdienst in Offenbach ermittelt wurden /2, 3/, zeigt deutlich niedrigere Aktivitätskonzentrationen sowohl bei dem natürlich vorkommenden Radionuklid Be 7 als auch bei den Spaltprodukten (Abb. 3.1.8.1.2/1).

In Tabelle 3.1.8.1.2/2 sind die Nachweisgrenzen des verwendeten Meßverfahrens bzw. der Meßgeräte für die wesentlichen Radionuklide aufgeführt. Diese Werte stellen für die nicht nachgewiesenen Radionuklide die Obergrenze der Aktivitätskonzentration in den Niederschlägen dar.

#### 3.1.8.1.3 Radioaktivität der bodennahen Luft

Die Bestimmung der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft erfolgte auf dem Schachtgelände Konrad 1 mit einer Probenahmeeinrichtung für radioaktive Aerosole. Die Radionuklidkonzentration der Filter wurde gammaspektrometrisch ermittelt.

| Meßkampagne |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|-------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 1           | 2     | 3       | 4     | 5       | 6     | 7       | 8     |         |       |         |       |         |       |
| offen       | offen | geschl. | offen | geschl. | offen | geschl. | offen | geschl. | offen | geschl. | offen | geschl. | offen |
| H 3         | <4810 | 13690   | 5550  | <5180   | <5180 | <5180   | 5920  | <5180   | <5180 | <5180   | <5180 | <5180   | <5180 |
| Be 7        | 366,3 | 399,6   | 296   | 547,6   | 421,8 | 229,4   | 203,5 | 636,4   | 1054  | 299,7   | 551,3 | 177,6   | 155,4 |
| Zr 95/Nb 95 | <5,18 | <5,18   | <5,18 | <5,18   | <5,18 | <5,18   | <5,18 | <5,18   | <5,18 | <5,18   | <5,18 | 48,1    | 29,6  |
| Ru 103      | <2,96 | <2,96   | <2,96 | <2,96   | <2,96 | <2,96   | <2,96 | <2,96   | <2,96 | <2,96   | <2,96 | 74,0    | 62,9  |
| Ru 106      | <29,6 | 37      | <22,2 | <22,2   | <22,2 | <22,2   | <22,2 | <22,2   | <22,2 | <22,2   | <22,2 | <22,2   | 77,7  |
| Cs 137      | 14,06 | 11,1    | 7,40  | 2,59    | <2,22 | <1,85   | 43,66 | 8,51    | 5,18  | <5,55   | <1,48 | <1,85   | 7,40  |
| Ce 141      | <3,70 | <3,70   | <3,70 | <3,70   | <3,70 | <3,70   | <3,70 | <3,70   | <3,70 | <3,70   | <3,70 | 14,8    | <2,22 |
| Ce 144      | 25,9  | <14,8   | <11,1 | <11,1   | <11,1 | <11,1   | <11,1 | <11,1   | <11,1 | <11,1   | <11,1 | 14,8    | <11,1 |
|             |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       | 51,8    | 55,5  |

Tabelle 3.1.8.1.2/1: Aktivitätskonzentrationen in den Niederschlagsproben in mBq/l



| Radionuklid   | Nachweisgrenze<br>mBq/l |
|---------------|-------------------------|
| Cr 51         | 22                      |
| Mn 54         | 3                       |
| Fe 59         | 7                       |
| Co 57         | 2                       |
| Co 58         | 3                       |
| Co 60         | 3                       |
| Zn 65         | 7                       |
| Zr 95/Nb 95   | 4                       |
| Ru 103        | 3                       |
| Ru 106        | 30                      |
| Sb 124        | 4                       |
| Sb 125        | 7                       |
| Cs 134        | 26                      |
| Cs 137        | 2                       |
| Ba 140/La 140 | 11                      |
| Ce 141        | 4                       |
| Ce 144        | 15                      |
| Tl 208        | 7                       |
| Pb 212        | 4                       |
| Pb 214        | 19                      |
| Bi 212        | 26                      |
| Bi 214        | 7                       |
| Ra 226        | 33                      |
| Ac 228        | 7                       |

Tabelle      Nachweisgrenzen der Gammaskpektrometrie für  
3.1.8.1.2/2      Niederschlagsproben

Bei den Untersuchungen auf Gammastrahler (Tabelle 3.1.8.1.3/1) wurden neben den Radionukliden natürlichen Ursprungs Be 7 (Spallationsprodukt der Höhenstrahlung) und Pb 210 (Folgeprodukt von Ra 226) typische Spaltprodukte und das Aktivierungsprodukt Mn 54 nachgewiesen. Die künstlichen Radionuklide sind im wesentlichen durch Kernwaffentests verursacht. Das Maximum des Fallout des chinesischen Kernwaffenversuchs vom Oktober 1980 wurde in Salzgitter Ende März 1981 erreicht (Filter Nr. 20 in Tabelle 3.1.8.1.3/1).

Ergänzend wurde an ausgewählten Mischproben die Sr 89- und Sr 90-Konzentration sowie an vier Einzelproben die Pb 210-Konzentration bestimmt (Tabelle 3.1.8.1.3/2).

| Radionuklid | max. Meßwert<br>mBq/m <sup>3</sup> | min. Meßwert<br>mBq/m <sup>3</sup> |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Pb 210      | 1,4                                | 0,33                               |
| Sr 89       | 0,63                               | 0,10                               |
| Sr 90       | 0,036                              | 0,015                              |

Tabelle 3.1.8.1.3/2 Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide Pb 210, Sr 89 und Sr 90 in bodennaher Luft aus Mischproben von Aerosolfiltern

#### 3.1.8.1.4 Radioaktivität von Gewässern

Zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen in Oberflächengewässern wurden sechs Proben in der Aue, drei Proben im Zweigkanal Salzgitter und drei Proben in kleineren stehenden Gewässern in Standortnähe genommen (Tabelle 3.1.8.1.4/2 und 3.1.8.1.4/3).

Die nachzuweisenden Radionuklide wurden entsprechend den zu erwartenden Aktivitätsabgaben mit den Abwässern ausgewählt. Darüber hinaus wurde berücksichtigt, daß mit den Grubenwässern der Schachtanlage Konrad die aus dem Eisenerz stammenden Radionuklide U 238, Ra 226, Th 232 und deren Folgeprodukte abgegeben werden.

| Filter-<br>Nr. | Nuklid             |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                | Be 7               | Mn 54              | Zr 95              | Nb 95              | Ru 103             | Ru 106             | Sb 125             | Cs 137             | Ce 141             | Ce 144             |
| 1              | 1,37<br>$\pm 0,30$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 2              | 2,37<br>$\pm 0,33$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 3              | 2,07<br>$\pm 0,26$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 4              | 2,37<br>$\pm 0,19$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 5              | 2,48<br>$\pm 0,33$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 6              | 0,52<br>$\pm 0,41$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 7              | 2,26<br>$\pm 0,30$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 8              | 2,15<br>$\pm 0,26$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 9              | 2,48<br>$\pm 0,33$ | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  | -                  |
| 10             | 2,26<br>$\pm 0,30$ | -                  | -                  | -                  | 0,07<br>$\pm 0,04$ | -                  | -                  | -                  | 0,07<br>$\pm 0,04$ | -                  |
| 11             | 1,81<br>$\pm 0,26$ | -                  | 0,59<br>$\pm 0,04$ | 0,37<br>$\pm 0,04$ | 0,70<br>$\pm 0,07$ | -                  | -                  | -                  | 0,59<br>$\pm 0,04$ | 0,15<br>$\pm 0,04$ |
| 12             | 1,78<br>$\pm 0,30$ | -                  | 0,67<br>$\pm 0,07$ | 0,48<br>$\pm 0,04$ | 0,74<br>$\pm 0,07$ | -                  | -                  | -                  | 0,48<br>$\pm 0,04$ | -                  |
| 13             | 1,41<br>$\pm 0,22$ | -                  | 0,41<br>$\pm 0,04$ | 0,59<br>$\pm 0,04$ | 0,41<br>$\pm 0,04$ | -                  | -                  | -                  | 0,37<br>$\pm 0,04$ | -                  |
| 14             | 1,30<br>$\pm 0,07$ | -                  | 0,19<br>$\pm 0,04$ | 0,33<br>$\pm 0,15$ | 0,22<br>$\pm 0,02$ | -                  | -                  | -                  | 0,19<br>$\pm 0,02$ | 0,04<br>$\pm 0,02$ |
| 15             | 1,48<br>$\pm 0,15$ | -                  | 0,26<br>$\pm 0,04$ | 0,48<br>$\pm 0,04$ | 0,19<br>$\pm 0,04$ | -                  | -                  | -                  | 0,22<br>$\pm 0,04$ | -                  |
| 16             | 2,07<br>$\pm 0,22$ | -                  | 0,93<br>$\pm 0,07$ | 1,41<br>$\pm 0,04$ | 0,70<br>$\pm 0,07$ | -                  | -                  | -                  | 0,44<br>$\pm 0,04$ | 0,30<br>$\pm 0,11$ |
| 17             | 1,89<br>$\pm 0,15$ | -                  | 0,56<br>$\pm 0,04$ | 0,89<br>$\pm 0,04$ | 0,41<br>$\pm 0,04$ | 0,07<br>$\pm 0,04$ | -                  | -                  | 0,33<br>$\pm 0,04$ | 0,26<br>$\pm 0,04$ |
| 18             | 2,07<br>$\pm 0,04$ | -                  | 0,85<br>$\pm 0,07$ | 1,52<br>$\pm 0,07$ | 0,56<br>$\pm 0,04$ | -                  | -                  | 0,04<br>$\pm 0,02$ | 0,44<br>$\pm 0,04$ | 0,33<br>$\pm 0,11$ |
| 19             | 1,41<br>$\pm 0,15$ | -                  | 0,70<br>$\pm 0,04$ | 1,33<br>$\pm 0,04$ | 0,41<br>$\pm 0,04$ | -                  | -                  | -                  | 0,30<br>$\pm 0,02$ | 0,52<br>$\pm 0,04$ |
| 20*)           | 9,58<br>$\pm 0,44$ | 0,07<br>$\pm 0,02$ | 4,81<br>$\pm 0,11$ | 9,21<br>$\pm 0,11$ | 2,81<br>$\pm 0,07$ | 0,85<br>$\pm 0,19$ | 0,04<br>$\pm 0,04$ | 0,19<br>$\pm 0,02$ | 1,81<br>$\pm 0,07$ | 3,29<br>$\pm 0,11$ |
| 21             | 2,04<br>$\pm 0,22$ | -                  | 1,33<br>$\pm 0,07$ | 2,59<br>$\pm 0,07$ | 0,74<br>$\pm 0,04$ | 0,44<br>$\pm 0,15$ | -                  | 0,07<br>$\pm 0,02$ | 0,44<br>$\pm 0,04$ | 1,44<br>$\pm 0,07$ |
| 22             | 2,15<br>$\pm 0,22$ | -                  | 0,56<br>$\pm 0,04$ | 0,93<br>$\pm 0,04$ | 0,22<br>$\pm 0,22$ | -                  | -                  | -                  | 0,04<br>$\pm 0,02$ | 0,07<br>$\pm 0,04$ |

Tabelle 3.1.8.1.3/1: Ergebnisse der gammaspektrometrischen Untersuchungen von Aerosolfiltern in  $\text{mBq/m}^3$ 

\*) Fallout des chinesischen Kernwaffenversuchs im Oktober 1980



Die Nachweisgrenzen wurden in Anlehnung an die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen des BMI /4/ zunächst so gewählt, daß für jedes nachzuweisende Radionuklid ca. 1/30 des nach § 46 Abs. 4 StrlSchV festgelegten Wertes der Aktivitätskonzentration nachgewiesen werden kann. Diese Nachweisgrenzen wurden mit den angewandten Meßverfahren für die Radionuklide H 3, Sr 90, I 129, Cs 137, Pu 239/240, Th 232 erreicht, jedoch nicht für die Radionuklide Pb 210, Ra 226 und U 238 (Tabelle 3.1.8.1.4/1).

Die Aktivitätskonzentrationen der künstlichen Radionuklide in Oberflächengewässern sind in der Tabelle 3.1.8.1.4/2 dargestellt.

Die Tritiumkonzentrationen liegen zwischen  $3,9 \cdot 10^3$  Bq/m<sup>3</sup> und  $5,3 \cdot 10^3$  Bq/m<sup>3</sup> und bewegen sich damit an der Untergrenze des Bereiches, der für Gewässer in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 1981 festgestellt wurde /5/. Die Aktivitätskonzentrationen der Radionuklide Cs 137, Sr 90 und Pu 239/240 liegen unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenzen von 8 Bq/m<sup>3</sup>, 11 Bq/m<sup>3</sup> und 0,2 Bq/m<sup>3</sup>.

Das Radionuklid I 129 konnte durch Aktivierungsanalyse nachgewiesen werden. Eine Korrelation zwischen den I 129- und den mitbestimmten I 127-Konzentrationen ist nicht erkennbar.

Die Konzentrationen der in Oberflächengewässern natürlich vorkommender Radionuklide gehen aus der Tabelle 3.1.8.1.4/3 hervor. Die Aktivitätskonzentrationen von U 238, Pb 210 und Th 232 liegen unterhalb der Nachweisgrenzen von 200 Bq/m<sup>3</sup>, 70 Bq/m<sup>3</sup> und 30 Bq/m<sup>3</sup>. An einigen Meßstellen wurden Ra 226-Konzentrationen von 100 Bq/m<sup>3</sup> gemessen, an den anderen wurden keine Konzentrationen oberhalb der Nachweisgrenze von 20 Bq/m<sup>3</sup> nachgewiesen.

Die gammaspektroskopisch ermittelten K 40-Konzentrationen stimmen innerhalb der statistischen Meßunsicherheit mit der Betagesamtaktivität überein. Eine Erhöhung der Aktivität durch künstliche Betastrahler oder Betastrahler aus den natürlichen Zerfallsreihen ist nicht erkennbar, so daß die Rest-Betaaktivitätskonzentration immer unterhalb der Nachweisgrenze lag. Da die spezifische Aktivität des natürlichen Kaliums etwa  $3 \cdot 10^6$  Bq/kg beträgt, ergeben sich daraus Kaliumgehalte zwischen  $0,07 \text{ g/m}^3$  und  $0,7 \text{ g/m}^3$  in den Wasserproben.

| Radio-nuklid      | Nachweisgrenzen gemäß /4/<br>i. V. m. Anlage IV StrlSchV<br>(Fassung 1976) | erreichte<br>Nachweisgrenzen |
|-------------------|--|------------------------------|
| H 3               | $2,2 \cdot 10^5$   | $1,0 \cdot 10^2$             |
| Sr 90             | $2,7 \cdot 10^1$   | $1,1 \cdot 10^1$             |
| I 129             | $1,2 \cdot 10^1$   | $2,0 \cdot 10^{-3}$          |
| Cs 137            | $1,0 \cdot 10^3$   | $8,0 \cdot 10^0$             |
| Pb 210            | $8,0 \cdot 10^0$   | $7,0 \cdot 10^1$             |
| Ra 226            | $8,0 \cdot 10^{-1}$  | $2,0 \cdot 10^1$             |
| U <sub>nat</sub>  | $3,8 \cdot 10^1$   | $2,0 \cdot 10^2$             |
| Pu 239/240        | $3,0 \cdot 10^2$   | $2,0 \cdot 10^{-1}$          |
| Th <sub>nat</sub> | $8,0 \cdot 10^1$   | $6,0 \cdot 10^1$             |
| Rest-β            | $1,1 \cdot 10^2$   | $1,1 \cdot 10^2$             |

Tabelle      Gegenüberstellungen von Nachweisgrenzen in Oberflächen-  
3.1.8.1.4/1      gewässern in Bq/m<sup>3</sup>

| Lfd. Nr. | H 3                                 | Sr 90             | Cs 137            | Pu 239/<br>Pu 240        | I 129-Konz.              | I 127-Konz.        | Atomzahlverhältnis<br>I 129/I 127 |
|----------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------------------|
|          | Bq/m <sup>3</sup>                   | Bq/m <sup>3</sup> | Bq/m <sup>3</sup> | Bq/m <sup>3</sup>        | Bq/m <sup>3</sup>        | µg/l               |                                   |
| 1        | $5,6 \cdot 10^3 \pm 2,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $1,0 \cdot 10^{-2}$      | $2,146 \cdot 10^1$ | $8,0 \cdot 10^{-8}$               |
| 2        | $5,1 \cdot 10^3 \pm 3,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $5,0 \cdot 10^{-3}$      | $3,265 \cdot 10^1$ | $2,7 \cdot 10^{-8}$               |
| 3        | $5,1 \cdot 10^3 \pm 3,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $\leq 2,0 \cdot 10^{-3}$ | $1,294 \cdot 10^2$ | $\leq 2,0 \cdot 10^{-9}$          |
| 4        | $5,1 \cdot 10^3 \pm 4,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $1,7 \cdot 10^{-2}$      | $7,147 \cdot 10^1$ | $4,0 \cdot 10^{-8}$               |
| 5        | $5,3 \cdot 10^3 \pm 4,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $6,0 \cdot 10^{-3}$      | $2,415 \cdot 10^2$ | $4,2 \cdot 10^{-9}$               |
| 6        | $4,7 \cdot 10^3 \pm 3,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $1,3 \cdot 10^{-2}$      | $1,863 \cdot 10^2$ | $1,2 \cdot 10^{-8}$               |
| 7        | $4,0 \cdot 10^3 \pm 2,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $1,3 \cdot 10^{-2}$      | $6,620 \cdot 10^1$ | $3,3 \cdot 10^{-8}$               |
| 8        | $3,9 \cdot 10^3 \pm 2,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $1,1 \cdot 10^{-2}$      | $7,620 \cdot 10^1$ | $2,5 \cdot 10^{-8}$               |
| 9        | $4,4 \cdot 10^3 \pm 4,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $2,6 \cdot 10^{-2}$      | $5,730 \cdot 10^1$ | $7,5 \cdot 10^{-8}$               |
| 10       | $4,6 \cdot 10^3 \pm 4,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $2,0 \cdot 10^{-3}$      | $3,720 \cdot 10^1$ | $9,1 \cdot 10^{-9}$               |
| 11       | $5,0 \cdot 10^3 \pm 4,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $7,0 \cdot 10^{-3}$      | $1,984 \cdot 10^1$ | $6,2 \cdot 10^{-8}$               |
| 12       | $5,0 \cdot 10^3 \pm 3,0 \cdot 10^2$ | $\leq 11$         | $\leq 8$          | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$ | $6,0 \cdot 10^{-3}$      | $5,786 \cdot 10^2$ | $1,8 \cdot 10^{-9}$               |

Tabelle Aktivitätskonzentrationen der künstlichen Radionuklide in Oberflächengewässern in Bq/m<sup>3</sup>;

3.1.8.1.4/2 Lfd. Nr. = Nr. der Probenahmeorte



| Lfd.<br>Nr. | Radionuklid |                  |          |           |           |                           |
|-------------|-------------|------------------|----------|-----------|-----------|---------------------------|
|             | U 238       | Ra 226           | Pb 210   | Th 232    | K 40      | Beta Gesamt               |
| 1           | $\leq 200$  | $1,0 \cdot 10^2$ | $\pm 20$ | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $2,0 \cdot 10^2 \pm 10^2$ |
| 2           | $\leq 200$  | $\leq 20$        |          | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $1,0 \cdot 10^3 \pm 10^2$ |
| 3           | $\leq 200$  | $\leq 20$        |          | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $4,0 \cdot 10^2 \pm 10^2$ |
| 4           | $\leq 200$  | $\leq 20$        |          | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $3,0 \cdot 10^2 \pm 10^2$ |
| 5           | $\leq 200$  | $1,0 \cdot 10^2$ | $\pm 20$ | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $2,0 \cdot 10^3 \pm 10^2$ |
| 6           | $\leq 200$  | $\leq 20$        |          | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $4,0 \cdot 10^2 \pm 10^2$ |
| 7           | $\leq 200$  | $\leq 20$        |          | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $3,0 \cdot 10^2 \pm 10^2$ |
| 8           | $\leq 200$  | $\leq 20$        |          | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $2,0 \cdot 10^2 \pm 10^2$ |
| 9           | $\leq 200$  | $1,0 \cdot 10^2$ | $\pm 20$ | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $1,0 \cdot 10^3 \pm 10^2$ |
| 10          | $\leq 200$  | $1,0 \cdot 10^2$ | $\pm 20$ | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $1,0 \cdot 10^3 \pm 10^2$ |
| 11          | $\leq 200$  | $1,0 \cdot 10^2$ | $\pm 20$ | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $2,0 \cdot 10^3 \pm 10^2$ |
| 12          | $\leq 200$  | $\leq 20$        |          | $\leq 70$ | $\leq 30$ | $4,0 \cdot 10^2 \pm 10^2$ |

Tabelle                      Aktivitätskonzentrationen der natürlich vorkommenden Radionuklide  
 3.1.8.1.4/3                in Oberflächengewässern in Bq/m<sup>3</sup> ; Lfd. Nr. = Nr. der Probenahmeorte

#### 3.1.8.1.5 Radioaktivitätskonzentration im Boden und in terrestrischen Nahrungsketten

Die Aktivitätskonzentration in Weide- und Ackerlandböden wurde an Bodenproben ermittelt. Weiterhin wurden Proben von Ackerfrüchten, Milch und Fleisch untersucht.

Die beprobten Flächen lagen in der Mehrzahl in den Hauptausbreitungsrichtungen der Abwetter aus Schacht Konrad 2. Die Probenahmen erfolgten jeweils im Juni der Jahre 1979 und 1980. Da die Radionuklidkonzentration in den Böden im Verlauf eines Jahres nahezu konstant ist, erfolgte die Probenahme nur einmal im Jahr.

Die Entnahme der Proben pflanzlicher Produkte erfolgte jeweils zur Erntezeit, um die maximalen Konzentrationen zu bestimmen, die die Nahrungsmittel zum Zeitpunkt des Verzehrs durch Mensch oder Tier haben könnten. Hauptanbauprodukte im Untersuchungsbereich sind Puffbohnen, Weizen und Zuckerrüben. Es wurden repräsentative Mischproben entnommen.

Die Entnahme von Weidebewuchsproben erfolgte jeweils von dem Weidestück, auf dem die Kühe unmittelbar vor der Milchprobenahme geweidet hatten. Insgesamt wurden im Jahre 1979 zwei Probenahmen während der Weideperiode durchgeführt. Hinzu kamen zwei Rübenblattsilageproben, da diese im Untersuchungsbereich als Winterfutter verwendet wurden. Diese Silage von Rübenblättern stammte aus der Ernte des Vorjahres; eine Zuordnung zu einer bestimmten Bodenfläche war deshalb nicht möglich.

Milchproben wurden parallel zu den Weidebewuchsproben entnommen, eine weitere Probe während der Winterfütterung. Die Entnahmestelle für Milchproben befand sich in etwa 10 km Entfernung zu Schacht Konrad 2 in südwestlicher Richtung.

Bodenproben

Die Analysenergebnisse der 1979 entnommenen Bodenproben sind in Tabelle 3.1.8.1.5/1 und die der 1980 entnommenen in Tabelle 3.1.8.1.5/2 wiedergegeben. Neben den Spaltprodukten Sr 90 und Cs 137 konnten eine Reihe von natürlichen Radionukliden aus der U 238- und Th 232-Zerfallsreihe nachgewiesen werden.

Die ermittelten Aktivitätskonzentrationen liegen bei den Ackerflächen für Sr 90 zwischen 1,96 Bq/kg Trockensubstanz (TS) und 3,44 Bq/kg TS und für Cs 137 zwischen 5,55 Bq/kg TS und 7,40 Bq/kg TS.

In der Weidebodenprobe des Jahres 1979 (Tabelle 3.1.8.1.5/1, Probe Nr. 7) wurden Aktivitätskonzentrationen von 5,66 Bq/kg TS für Sr 90 und 19,24 Bq/kg TS für Cs 137 gemessen.

Neben den Aktivitäten der künstlichen Radionuklide sind in Tabelle 3.1.8.1.5/1 und Tabelle 3.1.8.1.5/2 die gemessenen Aktivitäten der natürlichen Radionuklide aufgeführt. Da für die Radionuklide Ac 228, Pb 212 und Bi 212 sowie für Pb 214 und Bi 214 jeweils ein radioaktives Gleichgewicht vorausgesetzt werden kann, sind die aus den Einzelbestimmungen berechneten Mittelwerte angegeben.

In Tabelle 3.1.8.1.5/3 sind die Nachweisgrenzen für die gammastrahlenden Radionuklide aufgelistet, die bei der spektrometrischen Analyse nicht identifiziert wurden.



Bewuchsproben

Die Ergebnisse der Aktivitätsbestimmung an Bewuchsproben sind in Tabelle 3.1.8.1.5/4 bis 3.1.8.1.5/6 zusammengefaßt. Dabei enthält Tabelle 3.1.8.1.5/4 die für das Jahr 1979 und Tabelle 3.1.8.1.5/5 die für das Jahr 1980 ermittelten Aktivitätskonzentrationen im Bewuchs der untersuchten Ackerflächen. Die Aktivitätskonzentrationen in den als Tierfutter dienenden Produkten (Weidebewuchs, Rübenblattsilage) sind in Tabelle 3.1.8.1.5/6 wiedergegeben.

Neben den Radionukliden natürlichen Ursprungs konnten die Spaltprodukte Sr 90 und Cs 137 in der Mehrzahl der untersuchten Proben nachgewiesen werden. In einigen Proben des Jahres 1979 wurde außerdem das Spaltprodukt Ce 144 als Folge eines im Dezember 1978 von der Volksrepublik China in der Atmosphäre durchgeführten Atombombentests identifiziert.

## 3.1.8-16

| Radionuklid          | Lfd. Nr. der Probe |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | 1                  | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Sr 90                | 2,89               | 2,74  | 3,37  | 3,22  | 2,48  | 3,07  | 5,66  |
| Cs 137               | 7,03               | 5,92  | 7,03  | 5,92  | 6,66  | 5,92  | 19,24 |
| Ac 228/Pb 212/Bi 212 | 35,89              | 36,63 | 32,93 | 33,30 | 27,38 | 34,78 | 33,67 |
| Tl 208               | 12,58              | 12,58 | 11,10 | 10,73 | 9,25  | 11,10 | 11,10 |
| Ra 226               | 28,5               | 27,6  | 23,9  | 26,5  | 20,9  | 27,2  | 25,7  |
| Pb 214/Bi 214        | 29,60              | 29,23 | 27,38 | 27,75 | 21,09 | 28,12 | 25,53 |

Tabelle  
3.1.8.1.5/1

Aktivitätskonzentrationen in den Bodenproben des Jahres 1979  
in Bq/kg Trockensubstanz (TS)

| Radionuklid          | Lfd. Nr. der Probe |       |       |       |       |       |
|----------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                      | 1                  | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| Sr 90                | 1,96               | 2,48  | 3,44  | 3,29  | 2,48  | 2,66  |
| Cs 137               | 6,29               | 5,92  | 7,03  | 7,40  | 7,03  | 5,55  |
| Ac 228/Pb 212/Bi 212 | 34,41              | 32,93 | 31,45 | 32,56 | 28,49 | 33,67 |
| Tl 208               | 11,47              | 11,10 | 10,73 | 11,10 | 9,25  | 11,47 |
| Ra 226               | 22,4               | 26,5  | 25,7  | 26,1  | 19,2  | 27,4  |
| Pb 214/Bi 214        | 25,16              | 28,49 | 27,38 | 27,75 | 21,09 | 27,75 |

Tabelle  
3.1.8.1.5/2

Aktivitätskonzentrationen in den Bodenproben des Jahres 1980  
in Bq/kg Trockensubstanz (TS)

| Radionuklid | Nachweisgrenze<br>Bq/kg TS |
|-------------|----------------------------|
| Cr 51       | 1,47                       |
| Mn 54       | 0,19                       |
| Fe 59       | 0,40                       |
| Co 57       | 0,16                       |
| Co 58       | 0,19                       |
| Co 60       | 0,21                       |
| Zn 65       | 0,47                       |
| Zr 95       | 0,34                       |
| Nb 95       | 0,20                       |
| Ru 103      | 0,16                       |
| Ru 106      | 1,70                       |
| Ag 110 m    | 0,26                       |
| Sb 124      | 0,17                       |
| Sb 125      | 0,54                       |
| Cs 134      | 0,18                       |
| Ba 140      | 0,68                       |
| La 140      | 0,15                       |
| Ce 141      | 0,29                       |
| Ce 144      | 1,62                       |

Tabelle      Nachweisgrenzen der Gammaskpektrometrie an  
3.1.8.1.5/3      den Bodenproben für die Radionuklide, die  
bei der spektrometrischen Analyse nicht  
identifiziert wurden



| Radio-<br>nuklid         | Zuckerrüben-<br>blatt | Zuckerrüben | Zuckerrüben-<br>blatt | Zuckerrüben | Winterweizen<br>blatt | Winterweizen | Puffbohnen | Puffbohnen |
|--------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------------|------------|------------|
| Be 7                     | 58,83                 | 0,37        | 66,60                 | 2,96        | 0,74                  | 0,37         | 1,85       | 1,11       |
| Sr 90                    | 2,22                  | 1,48        | 4,07                  | 2,59        | 0,37                  | 0,35         | 0,52       | 0,52       |
| Cs 137                   | 0,89                  | <0,07       | 1,55                  | <0,11       | 0,19                  | 0,20         | <0,15      | 0,32       |
| Cr 51                    | <2,22                 | <0,37       | <1,85                 | <0,74       | <0,26                 | <0,37        | <1,11      | <1,11      |
| Mn 54                    | <0,33                 | <0,04       | <0,37                 | <0,07       | <0,04                 | <0,04        | <0,15      | <0,15      |
| Fe 59                    | <0,74                 | <0,15       | <0,74                 | <0,22       | <0,11                 | <0,11        | <0,37      | <0,37      |
| Co 57                    | <0,22                 | <0,04       | <0,26                 | <0,07       | <0,02                 | <0,03        | <0,11      | <0,11      |
| Co 58                    | <0,33                 | <0,04       | <0,37                 | <0,07       | <0,04                 | <0,04        | <0,15      | <0,15      |
| Co 60                    | <0,37                 | <0,07       | <0,37                 | <0,11       | <0,04                 | <0,07        | <0,19      | <0,19      |
| Zn 65                    | <0,74                 | <0,15       | <1,11                 | <0,26       | <0,11                 | <0,11        | <0,37      | <0,37      |
| Zr 95                    | <0,74                 | <0,11       | <0,74                 | <0,15       | <0,07                 | <0,07        | <0,26      | <0,26      |
| Nb 95                    | <0,33                 | <0,04       | <0,37                 | <0,07       | <0,04                 | <0,04        | <0,15      | <0,15      |
| Ru 103                   | <0,30                 | <0,04       | <0,30                 | <0,07       | <0,04                 | <0,04        | <0,11      | <0,11      |
| Ru 106                   | <2,96                 | <0,37       | <2,96                 | <0,74       | <0,33                 | <0,41        | <1,11      | <1,11      |
| Ag 110 m                 | <0,30                 | <0,04       | <0,30                 | <0,07       | <0,04                 | <0,04        | <0,15      | <0,15      |
| Sb 124                   | <0,26                 | <0,04       | <0,26                 | <0,11       | <0,07                 | <0,11        | <0,37      | <0,37      |
| Sb 125                   | <1,15                 | <0,11       | <1,11                 | <0,22       | <0,07                 | <0,11        | <0,37      | <0,37      |
| Cs 134                   | <0,30                 | <0,04       | <0,26                 | <0,07       | <0,04                 | <0,04        | <0,15      | <0,15      |
| Ba 140                   | <1,11                 | <0,19       | <1,11                 | <0,30       | <0,11                 | <0,15        | <0,37      | <0,37      |
| La 140                   | <0,26                 | <0,04       | <0,26                 | <0,04       | <0,04                 | <0,04        | <0,11      | <0,11      |
| Ce 141                   | <0,33                 | <0,07       | <0,59                 | <0,07       | <0,04                 | <0,04        | <0,15      | <0,15      |
| Ce 144                   | <1,85                 | <0,26       | <1,85                 | <0,41       | <0,19                 | <0,26        | <0,74      | <0,74      |
| Tl 208                   | <0,37                 | <0,11       | <0,37                 | <0,11       | <0,02                 | <0,04        | <0,26      | <0,11      |
| Pb 212                   | 1,11                  | 0,26        | <0,26                 | 0,37        | <0,04                 | <0,04        | <0,11      | <0,11      |
| Pb 214                   | <1,85                 | 0,22        | 1,48                  | 0,37        | <0,11                 | <0,11        | <0,22      | <0,26      |
| Bi 212                   | <1,48                 | <0,30       | <2,22                 | <0,33       | <0,19                 | <0,19        | <0,07      | <0,07      |
| Bi 214                   | <2,59                 | <0,37       | <1,85                 | <0,41       | <0,11                 | <0,19        | <0,74      | <0,37      |
| Ra 226                   | <1,85                 | <0,26       | <1,48                 | <0,41       | <0,19                 | <0,22        | <0,74      | <0,74      |
| Ac 229                   | <3,33                 | <0,37       | <5,92                 | <0,52       | <0,33                 | <0,19        | <0,74      | <0,37      |
| Probe-<br>nahme<br>datum | 26.09.79              | 26.09.79    | 26.09.79              | 26.09.79    | 05.09.79              | 05.09.79     | 31.07.79   | 31.07.79   |

Tabelle 3.1.8.1.5/4: Aktivitätskonzentrationen im Bewuchs der untersuchten Ackerflächen des Jahres 1979 in Bq/kg Trockensubstanz

| Radio-<br>nuklid         | Zuckerrüben-<br>blatt | Zuckerrüben | Zuckerrüben-<br>blatt | Zuckerrüben | Winterweizen | Winterweizen | Puffbohnen | Puffbohnen |
|--------------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------------|--------------|------------|------------|
| Be 7                     | 59,57                 | 7,77        | 37,74                 | 4,81        | 1,48         | 1,48         | 1,30       | 1,52       |
| Sr 90                    | 3,33                  | 1,85        | 2,22                  | 1,48        | 0,25         | 0,28         | 0,23       | 0,23       |
| Cs 137                   | 0,74                  | <0,26       | 0,74                  | <0,11       | 0,17         | 0,19         | 0,14       | 0,17       |
| Cr 51                    | <1,85                 | <1,48       | <1,48                 | <0,74       | <0,33        | <0,22        | <0,26      | <0,19      |
| Mn 54                    | <0,30                 | <0,22       | <0,22                 | <0,07       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,26      |
| Fe 59                    | <0,74                 | <0,74       | <0,74                 | <0,26       | <0,11        | <0,07        | <0,11      | <0,07      |
| Co 57                    | <0,19                 | <0,19       | <0,15                 | <0,07       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,04      |
| Co 58                    | <0,30                 | <0,26       | <0,19                 | <0,11       | <0,07        | <0,04        | <0,04      | <0,04      |
| Co 60                    | <0,37                 | <0,37       | <0,30                 | <0,11       | <0,07        | <0,07        | <0,07      | <0,04      |
| Zn 65                    | <0,74                 | <0,74       | <0,37                 | <0,26       | <0,11        | <0,11        | <0,11      | <0,07      |
| Zr 95                    | <0,37                 | <0,37       | <0,37                 | <0,19       | <0,11        | <0,07        | <0,07      | <0,07      |
| Nb 95                    | <0,30                 | <0,26       | <0,19                 | <0,11       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,04      |
| Ru 103                   | <0,22                 | <0,19       | <0,19                 | <0,07       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,04      |
| Ru 106                   | <2,59                 | <1,85       | <1,85                 | <0,74       | <0,37        | <0,26        | <0,33      | <0,22      |
| Ag 110 m                 | <0,26                 | <0,22       | <0,19                 | <0,07       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,04      |
| Sb 124                   | <0,26                 | <0,22       | <0,26                 | <0,11       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,04      |
| Sb 125                   | <1,48                 | <1,11       | <0,37                 | <0,22       | <0,11        | <0,11        | <0,11      | <0,07      |
| Cs 134                   | <0,26                 | <0,26       | <0,22                 | <0,11       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,04      |
| Ba 140                   | <0,74                 | <0,74       | <0,74                 | <0,30       | <0,15        | <0,11        | <0,15      | <0,11      |
| La 140                   | <0,22                 | <0,37       | <0,33                 | <0,07       | <0,07        | <0,07        | <0,07      | <0,04      |
| Ce 141                   | <0,30                 | <0,26       | <0,22                 | <0,11       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,04      |
| Ce 144                   | <1,11                 | <1,11       | <1,11                 | <0,37       | <0,22        | <0,15        | <0,19      | <0,15      |
| Tl 208                   | <0,37                 | <0,15       | <0,11                 | <0,04       | <0,04        | <0,04        | <0,04      | <0,11      |
| Pb 212                   | <1,85                 | <0,11       | <0,37                 | <0,04       | <0,11        | <0,07        | <0,04      | <0,04      |
| Pb 214                   | <1,48                 | <0,07       | <0,15                 | <0,07       | <0,04        | <0,04        | <0,11      | <0,07      |
| Bi 212                   | <1,11                 | <0,11       | <0,74                 | <0,26       | <0,22        | <0,11        | <0,15      | <0,19      |
| Bi 214                   | <1,11                 | <0,07       | <1,11                 | <0,11       | <0,11        | <0,11        | <0,04      | <0,11      |
| Ra 226                   | <2,96                 | <0,19       | <2,59                 | <0,26       | <0,74        | <0,22        | <0,37      | <0,07      |
| Ac 229                   | <2,22                 | <0,11       | <0,37                 | <0,19       | <0,26        | <0,19        | <0,26      | <0,04      |
| Probe-<br>nahme<br>datum | 01.10.80              | 01.10.80    | 01.10.80              | 01.10.80    | 06.09.80     | 06.09.80     | 06.09.80   | 06.09.80   |

Tabelle 3.1.8.1.5/5: Aktivitätskonzentrationen im Bewuchs der untersuchten Ackerflächen des Jahres 1980 in Bq/kg Trockensubstanz

| Radionuklid               | Weidebewuchs |          | Rübenblattsilage |          |
|---------------------------|--------------|----------|------------------|----------|
| Be 7                      | 51,06        | 59,57    | <3,33            | <2,96    |
| Sr 90                     | 4,07         | 6,66     | 7,03             | 8,88     |
| Cs 137                    | 1,48         | 1,11     | 7,40             | 9,99     |
| Cr 51                     | <1,85        | <3,33    | <2,96            | <2,96    |
| Mn 54                     | <0,26        | <0,44    | <0,37            | <0,37    |
| Fe 59                     | <0,74        | <1,11    | <1,11            | <1,11    |
| Co 57                     | <0,19        | <0,30    | <0,30            | <0,26    |
| Co 58                     | <0,26        | <0,37    | <0,37            | <0,37    |
| Co 60                     | <0,26        | <0,74    | <0,37            | <0,37    |
| Zn 65                     | <0,74        | <1,11    | <1,11            | <1,11    |
| Zr 95                     | <0,37        | <0,74    | <0,74            | <0,74    |
| Nb 95                     | <0,26        | <0,37    | <0,37            | <0,37    |
| Ru 103                    | <0,22        | <0,37    | <0,37            | <0,37    |
| Ru 106                    | <2,22        | <3,70    | <3,70            | <3,33    |
| Ag 110 m                  | <0,26        | <0,37    | <0,37            | <0,37    |
| Sb 124                    | <0,33        | <0,37    | <0,37            | <0,74    |
| Sb 125                    | <1,11        | <1,11    | <2,22            | <1,11    |
| Cs 134                    | <0,22        | <0,37    | <0,37            | <0,37    |
| Ba 140                    | <0,74        | <1,48    | <1,48            | <1,48    |
| La 140                    | <0,22        | <0,37    | <0,37            | <0,30    |
| Ce 141                    | <0,30        | <0,37    | <0,37            | <0,44    |
| Ce 144                    | <2,59        | <2,22    | 8,88             | 9,62     |
| Tl 208                    | <0,37        | <0,37    | 4,44             | 1,85     |
| Pb 212                    | <0,74        | <1,11    | 15,91            | 8,88     |
| Pb 214                    | <1,48        | <1,85    | 15,17            | 9,25     |
| Bi 212                    | <2,96        | <2,22    | 15,17            | <1,48    |
| Bi 214                    | <1,48        | <2,59    | 14,06            | 7,77     |
| Ra 226                    | <1,48        | <3,70    | 20,35            | 9,62     |
| Ac 228                    | <2,22        | <2,96    | 16,28            | 8,14     |
| Probe-<br>nahme-<br>datum | 20.06.79     | 04.09.79 | 31.10.79         | 17.12.79 |

Tabelle 3.1.8.1.5/6 Aktivitätskonzentrationen im Weidebewuchs und in Rübenblattsilage in Bq/kg Trockensubstanz



Zur Bewertung der Ergebnisse der Messungen zu den Bewuchsproben können die Ergebnisse entsprechender Untersuchungen in den Jahren 1978 und 1979 in der weiteren Umgebung von Gorleben herangezogen werden /6/.

Die Cs 137-Konzentrationen im Winterweizen liegen mit etwa 150 mBq/kg TS bis 220 mBq/kg TS am unteren Ende der Bandbreite der für das Jahr 1979 in der Umgebung von Gorleben ermittelten Werte, die bei sieben Proben im Bereich zwischen 180 mBq/kg TS und 740 mBq/kg TS gemessen wurden. Die Konzentration von Sr 90 im Winterweizen zwischen etwa 220 mBq/kg TS und 370 mBq/kg TS befinden sich innerhalb des für Gorleben bestimmten Wertebereiches. Dort wurden Sr 90-Konzentrationen zwischen 220 mBq/kg TS und 1 260 mBq/kg TS ermittelt.

Die für Rübenblätter erhaltenen Cs 137-Konzentrationen liegen mit 740 mBq/kg TS bis 1 550 mBq/kg TS weit unter den für das Gebiet um Gorleben im Jahr 1978 mit 3,4 Bq/kg TS und 4,0 Bq/kg TS gemessenen Werten. Die Radionuklidkonzentrationen der natürlichen Zerfallsreihen bei der Rübenblattsilage gehen vermutlich auf beigemengte Bodenpartikel zurück.

Die im Weidebewuchs bestimmten Cs 137-Konzentrationen liegen ebenfalls am unteren Ende der Bandbreite der für Gorleben ermittelten Werte. Für Salzgitter wurden 1,1 Bq/kg TS und 1,5 Bq/kg TS gemessen, wohingegen im Jahr 1979 für Gorleben bei 30 Weidebewuchsproben von zehn Weiden Werte zwischen 1,5 Bq/kg TS und 7,4 Bq/kg TS gemessen wurden. Die Sr 90-Konzentrationen von 4,1 Bq/kg TS und 6,7 Bq/kg TS befinden sich innerhalb des Wertebereiches, der für Gorleben mit 2,6 Bq/kg TS bis 20,7 Bq/kg TS bestimmt wurde.

### Milchproben

Die in den untersuchten Milchproben ermittelten Aktivitätskonzentrationen sind in Tabelle 3.1.8.1.5/7 zusammengefaßt.

Für Cs 137 betragen die gemessenen Aktivitätskonzentrationen 59 mBq/l bis 74 mBq/l. Werte in dieser Größe wurden für die Umgebung von Gorleben nur für Weiden mit lehmhaltigen Böden ermittelt. Für Weiden auf Podsolböden wurden erheblich höhere Werte bestimmt. Die relativ geringen Cs 137-Konzentrationen werden darauf zurückgeführt, daß Cs 137 an mit dem Futter aufgenommenen Bodenpartikeln gebunden ist.

Andere Radionuklide konnten, da die Nachweisgrenzen nicht erreicht wurden, nicht gemessen werden. Die Nachweisgrenzen der wichtigsten gammastrahlenden Radionuklide sind in Tabelle 3.1.8.1.5/8 aufgeführt und stellen mit Ausnahme für Cs 137 die Obergrenzen der Aktivitätskonzentrationen in den untersuchten Milchproben dar.

### Fleischprobe

Bei Untersuchung der Fleischprobe ergab sich durch gammaspektrometrische Messung eine Cs 137-Aktivitätskonzentration von 780 mBq/kg TS. Der Wassergehalt der Rindfleischprobe wurde zu 67,3 % bestimmt. Damit errechnet sich ein Wert von 250 mBq/kg Fleischsubstanz (FS).

| Radionuklid | Probenahmedatum |          |          |
|-------------|-----------------|----------|----------|
|             | 20.06.79        | 07.09.79 | 21.10.79 |
| Sr 90       | 100             | 81       | 93       |
| Cs 137      | 74              | 67       | 59       |

Tabelle      Aktivitätskonzentrationen in Milch in mBq/l  
3.1.8.1.5/7



| Radionuklid | Nachweisgrenze<br>mBq/l |
|-------------|-------------------------|
| Cr 51       | 211                     |
| Mn 54       | 26                      |
| Fe 59       | 56                      |
| Co 57       | 22                      |
| Co 58       | 26                      |
| Co 60       | 26                      |
| Zn 65       | 63                      |
| Zr 95       | 48                      |
| Nb 95       | 26                      |
| Ru 103      | 26                      |
| Ru 106      | 241                     |
| Ag 110 m    | 26                      |
| Sb 124      | 26                      |
| Sb 125      | 70                      |
| Cs 134      | 26                      |
| Cs 137      | 30                      |
| Ba 140      | 96                      |
| La 140      | 22                      |
| Ce 141      | 37                      |
| Ce 144      | 167                     |

Tabelle  
3.1.8.1.5/8

Nachweisgrenzen der  
Gammaspektrometrie  
an den Milchproben

### 3.1.8.1.6 Radiologische Grundbelastung nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl

In den folgenden sieben Tabellen sind die Ergebnisse von Messungen der Radioaktivität in Oberflächengewässern und in Gras- und Bodenproben der weiteren Umgebung der Schachtanlage Konrad sowie in Proben von pflanzlichen Lebensmitteln, die im Raum Salzgitter geerntet wurden, zusammengestellt.

Tabelle 3.1.8.1.6/1 zeigt gemessene Aktivitätskonzentrationen in den Flüssen Innerste, Fuhse, Ilse, Oker und Aller in dem Zeitraum Mai bis August 1986. Die Messungen wurden vom Niedersächsischen Landesamt für Wasserwirtschaft in Hildesheim im Rahmen eines Sonderprogramms infolge des Reaktorunfalls durchgeführt. Da aus der engeren Umgebung der Schachtanlage Konrad keine Messungen in Oberflächengewässern vorliegen, wurde auf die Meßwerte für die genannten Flüsse zurückgegriffen.

Die Tabellen 3.1.8.1.6/2 bis 3.1.8.1.6/6 beinhalten vom Niedersächsischen Landesamt für Immissionsschutz in Hannover ermittelte Aktivitätskonzentrationen in Gras- und Bodenproben für die Monate Mai, Juni und August 1986. Da auch für diese Stoffe Messungen in der unmittelbaren Umgebung der Schachtanlage Konrad nicht vorliegen, wurden Messungen in Braunschweig und den umliegenden Landkreisen Peine, Hildesheim, Goslar und Wolfenbüttel herangezogen.

Die Tabelle 3.1.8.1.6/7 zeigt für ausgewählte pflanzliche Lebensmittel (Pilze und Getreide), die im Raum Salzgitter im September 1986 geerntet wurden, die vom Staatlichen Chemischen Untersuchungsamt Braunschweig gemessenen Aktivitätskonzentrationen.

| Gewässer | Probenahme-<br>stelle | Probenahme-<br>datum | Co 58                | Ru 103               | Ru 106               | I 131                | Cs 134               | Cs 137               | Ba 140               | La 140               | Cel41                | Cel44                |
|----------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Innerste | Hildesheim            | 05.05.86             | $<6,7 \cdot 10^{-1}$ | $2,9 \cdot 10^{+1}$  | $2,0 \cdot 10^{+1}$  | $1,2 \cdot 10^{+2}$  | $2,0 \cdot 10^{+0}$  | $5,5 \cdot 10^{+0}$  | $<2,7 \cdot 10^{+0}$ | $5,7 \cdot 10^{+0}$  | $<1,0 \cdot 10^{+0}$ | $<4,7 \cdot 10^{+0}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 05.05.86             | $<6,0 \cdot 10^{-1}$ | $2,9 \cdot 10^{+1}$  | $<7,8 \cdot 10^{+0}$ | $1,2 \cdot 10^{+2}$  | $2,1 \cdot 10^{+0}$  | $5,9 \cdot 10^{+0}$  | $<4,1 \cdot 10^{+0}$ | $<1,8 \cdot 10^{+0}$ | $<1,5 \cdot 10^{+0}$ | $<7,0 \cdot 10^{+0}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 07.05.86             | $2,0 \cdot 10^{+0}$  | $3,3 \cdot 10^{+1}$  | $1,7 \cdot 10^{+1}$  | $8,1 \cdot 10^{+1}$  | $5,3 \cdot 10^{+0}$  | $9,9 \cdot 10^{+0}$  | $6,8 \cdot 10^{+0}$  | $9,5 \cdot 10^{+0}$  | $<5,0 \cdot 10^{-1}$ | $<2,4 \cdot 10^{+0}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 08.05.86             | $<3,5 \cdot 10^{-1}$ | $2,6 \cdot 10^{+1}$  | $<5,1 \cdot 10^{+0}$ | $2,8 \cdot 10^{+1}$  | $1,3 \cdot 10^{+0}$  | $3,1 \cdot 10^{+0}$  | $<2,1 \cdot 10^{+0}$ | $<9,9 \cdot 10^{-1}$ | $<5,6 \cdot 10^{-1}$ | $<2,6 \cdot 10^{+0}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 09.05.86             |                      | $2,5 \cdot 10^{+0}$  |                      | $8,2 \cdot 10^{+0}$  |                      | $1,3 \cdot 10^{+0}$  |                      |                      |                      |                      |
| Innerste | Hildesheim            | 10.05.86             |                      | $1,6 \cdot 10^{+0}$  |                      | $5,2 \cdot 10^{+0}$  |                      | $4,5 \cdot 10^{-1}$  |                      |                      |                      |                      |
| Innerste | Hildesheim            | 11.05.86             |                      | $2,0 \cdot 10^{+0}$  |                      | $4,3 \cdot 10^{+0}$  |                      | $8,7 \cdot 10^{-1}$  |                      |                      |                      |                      |
| Innerste | Hildesheim            | 12.05.86             |                      | $2,4 \cdot 10^{+0}$  |                      | $3,7 \cdot 10^{+0}$  |                      | $6,6 \cdot 10^{-1}$  |                      |                      |                      |                      |
| Innerste | Hildesheim            | 16.05.86             |                      | $2,1 \cdot 10^{+0}$  |                      | $2,2 \cdot 10^{+0}$  |                      | $6,5 \cdot 10^{-1}$  |                      |                      |                      |                      |
| Innerste | Hildesheim            | 19.05.86             |                      | $5,4 \cdot 10^{+0}$  |                      | $3,1 \cdot 10^{+0}$  |                      | $2,8 \cdot 10^{+0}$  |                      |                      |                      |                      |
| Innerste | Hildesheim            | 23.05.86             |                      | $2,6 \cdot 10^{+0}$  | $<1,3 \cdot 10^{+0}$ | $1,1 \cdot 10^{+0}$  | $<2,4 \cdot 10^{-1}$ | $<2,7 \cdot 10^{-1}$ | $<7,3 \cdot 10^{-1}$ | $<3,5 \cdot 10^{-1}$ | $<2,1 \cdot 10^{-1}$ | $<9,1 \cdot 10^{-1}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 24.05.86             |                      | $1,0 \cdot 10^{+0}$  | $<1,1 \cdot 10^{+0}$ | $7,5 \cdot 10^{-1}$  | $<2,4 \cdot 10^{-1}$ | $8,8 \cdot 10^{-1}$  | $<6,9 \cdot 10^{-1}$ | $<3,6 \cdot 10^{-1}$ | $<1,7 \cdot 10^{-1}$ | $<9,9 \cdot 10^{-1}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 28.05.86             |                      | $2,4 \cdot 10^{+0}$  | $<1,2 \cdot 10^{+0}$ | $7,3 \cdot 10^{-1}$  | $4,4 \cdot 10^{-1}$  | $<2,0 \cdot 10^{-1}$ | $<5,0 \cdot 10^{-1}$ | $<2,9 \cdot 10^{-1}$ | $<1,9 \cdot 10^{-1}$ | $<8,1 \cdot 10^{-1}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 11.06.86             |                      | $8,0 \cdot 10^{-2}$  | $<7,0 \cdot 10^{-2}$ | $<1,0 \cdot 10^{-2}$ | $5,0 \cdot 10^{-2}$  | $6,0 \cdot 10^{-2}$  | $<3,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<9,0 \cdot 10^{-3}$ | $<4,0 \cdot 10^{-2}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 26.06.86             |                      | $1,3 \cdot 10^{-1}$  | $<3,8 \cdot 10^{-1}$ | $<3,0 \cdot 10^{-2}$ | $<4,0 \cdot 10^{-2}$ | $<5,0 \cdot 10^{-2}$ | $<1,4 \cdot 10^{-1}$ | $<7,0 \cdot 10^{-2}$ | $<5,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,6 \cdot 10^{-1}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 11.07.86             |                      | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<1,7 \cdot 10^{-1}$ | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $1,0 \cdot 10^{-1}$  | $<8,0 \cdot 10^{-2}$ | $<4,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-3}$ | $<7,0 \cdot 10^{-3}$ |
| Innerste | Hildesheim            | 05.08.86             |                      | $<3,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,7 \cdot 10^{-1}$ | $<3,0 \cdot 10^{-2}$ | $<4,0 \cdot 10^{-2}$ | $2,3 \cdot 10^{-1}$  | $<1,1 \cdot 10^{-1}$ | $<5,0 \cdot 10^{-2}$ | $<4,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-1}$ |
| Fuhse    | Uetze                 | 04.06.86             |                      | $3,4 \cdot 10^{-1}$  | $<4,6 \cdot 10^{-1}$ | $2,1 \cdot 10^{-1}$  | $<7,0 \cdot 10^{-2}$ | $<7,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-1}$ | $<6,0 \cdot 10^{-2}$ | $<5,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,6 \cdot 10^{-1}$ |
| Ilse     | Börßum                | 30.05.86             |                      | $<4,1 \cdot 10^{-1}$ |                      | $<4,0 \cdot 10^{-1}$ |                      | $<4,1 \cdot 10^{-1}$ |                      |                      |                      |                      |
| Okar     | Gr.Schwülper          | 04.06.86             |                      | $<1,3 \cdot 10^{-1}$ | $<1,2 \cdot 10^{+0}$ | $<1,3 \cdot 10^{-1}$ | $<1,5 \cdot 10^{-1}$ | $<1,5 \cdot 10^{-1}$ | $<4,8 \cdot 10^{-1}$ | $<1,3 \cdot 10^{-1}$ | $<1,7 \cdot 10^{-1}$ | $<8,0 \cdot 10^{-1}$ |
| Aller    | Müden                 | 01.05.86             | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<1,5 \cdot 10^{-1}$ | $1,6 \cdot 10^{-1}$  | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<6,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<2,0 \cdot 10^{-2}$ | $<1,1 \cdot 10^{-1}$ |
| Aller    | Verden                | 04.05.86             | $<5,0 \cdot 10^{-2}$ | $1,8 \cdot 10^{-1}$  | $<4,3 \cdot 10^{-1}$ | $8,6 \cdot 10^{-1}$  | $<5,0 \cdot 10^{-2}$ | $<6,0 \cdot 10^{-2}$ | $<1,8 \cdot 10^{-1}$ | $<5,0 \cdot 10^{-2}$ | $<7,0 \cdot 10^{-2}$ | $<3,1 \cdot 10^{-1}$ |
| Aller    | Schwarmstedt          | 05.05.86             | $<3,6 \cdot 10^{-1}$ | $3,8 \cdot 10^{+0}$  | $<3,4 \cdot 10^{+0}$ | $1,6 \cdot 10^{+1}$  | $1,6 \cdot 10^{+0}$  | $2,7 \cdot 10^{+0}$  | $<1,6 \cdot 10^{+0}$ | $<3,9 \cdot 10^{-1}$ | $<7,8 \cdot 10^{-1}$ | $<3,8 \cdot 10^{+0}$ |
| Aller    | Oldau                 | 13.05.86             |                      | $<4,5 \cdot 10^{-1}$ |                      | $4,4 \cdot 10^{+0}$  |                      | $8,1 \cdot 10^{-1}$  |                      |                      |                      |                      |
| Aller    | Celle                 | 22.05.86             |                      | $<1,8 \cdot 10^{-1}$ | $<1,3 \cdot 10^{+0}$ | $9,7 \cdot 10^{-1}$  | $<1,6 \cdot 10^{-1}$ | $<1,3 \cdot 10^{-1}$ | $<6,2 \cdot 10^{-1}$ | $<3,1 \cdot 10^{-1}$ | $<1,9 \cdot 10^{-1}$ | $<8,2 \cdot 10^{-1}$ |
| Aller    | Müden                 | 25.05.86             |                      | $6,5 \cdot 10^{+0}$  | $4,6 \cdot 10^{+0}$  | $7,1 \cdot 10^{-1}$  | $<1,7 \cdot 10^{-1}$ | $2,8 \cdot 10^{-1}$  | $<4,5 \cdot 10^{-1}$ | $<3,5 \cdot 10^{-1}$ | $<2,0 \cdot 10^{-1}$ | $<9,6 \cdot 10^{-1}$ |
| Aller    | Vorsfelde             | 02.06.86             |                      | $<4,1 \cdot 10^{-1}$ |                      | $<4,0 \cdot 10^{-1}$ |                      | $<4,1 \cdot 10^{-1}$ |                      |                      |                      |                      |
| Aller    | Oldau                 | 04.06.86             |                      | $2,3 \cdot 10^{-1}$  | $<2,2 \cdot 10^{-1}$ | $2,1 \cdot 10^{-1}$  | $1,4 \cdot 10^{-1}$  | $2,0 \cdot 10^{-1}$  | $<1,1 \cdot 10^{-1}$ | $<6,0 \cdot 10^{-2}$ | $<3,0 \cdot 10^{-2}$ | $<1,4 \cdot 10^{-1}$ |

Tabelle 3.1.8.1.6/1: Radioaktivität von ausgewählten oberflächengewässern für die Monate Mai bis August 1986, Werte in Bq/l.



| Probenahme<br>Datum | Probenart: Gras   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                  |                  |
|---------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
|                     | Co 58             | Ru 103           | Ru 106           | I 131            | Cs 134           | Cs 137           | Ba 140           | La 140            | Ce 141           | Ce 144           |
| 04.05.86            |                   |                  |                  | $2,5 \cdot 10^3$ |                  | $1,0 \cdot 10^2$ |                  |                   |                  |                  |
| 06.05.86            |                   | $1,3 \cdot 10^3$ | $7,0 \cdot 10^2$ | $1,6 \cdot 10^2$ | $3,4 \cdot 10^2$ | $6,7 \cdot 10^2$ | $8,5 \cdot 10^2$ | $1,0 \cdot 10^3$  | $1,2 \cdot 10^2$ |                  |
| 07.05.86            | $<1,7 \cdot 10^0$ | $6,9 \cdot 10^2$ | $3,5 \cdot 10^2$ | $8,1 \cdot 10^2$ | $1,6 \cdot 10^2$ | $3,0 \cdot 10^2$ | $3,2 \cdot 10^2$ | $<1,0 \cdot 10^0$ | $5,7 \cdot 10^1$ | $6,2 \cdot 10^1$ |
| 08.05.86            |                   |                  |                  | $1,9 \cdot 10^3$ |                  | $1,4 \cdot 10^3$ |                  |                   |                  |                  |
| 09.05.86            |                   |                  |                  | $1,5 \cdot 10^3$ |                  | $1,2 \cdot 10^3$ |                  |                   |                  |                  |
| 10.05.86            |                   |                  |                  | $1,1 \cdot 10^3$ |                  | $1,0 \cdot 10^2$ |                  |                   |                  |                  |
| 11.05.86            |                   |                  |                  | $7,5 \cdot 10^2$ |                  | $6,2 \cdot 10^2$ |                  |                   |                  |                  |
| 12.05.86            |                   |                  |                  | $8,2 \cdot 10^2$ |                  | $6,7 \cdot 10^2$ |                  |                   |                  |                  |
| Probenart: Boden    |                   |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                   |                  |                  |
| 06.05.86            |                   |                  |                  | $6,0 \cdot 10^2$ |                  | $2,0 \cdot 10^2$ |                  |                   |                  |                  |
| 07.05.86            |                   |                  |                  | $5,3 \cdot 10^2$ |                  | $2,3 \cdot 10^2$ |                  |                   |                  |                  |
| 08.05.86            |                   |                  |                  | $5,8 \cdot 10^3$ |                  | $1,9 \cdot 10^2$ |                  |                   |                  |                  |
| 09.05.86            |                   |                  |                  | $6,3 \cdot 10^2$ |                  | $3,7 \cdot 10^3$ |                  |                   |                  |                  |
| 12.05.86            |                   |                  |                  | $1,3 \cdot 10^2$ |                  | $5,6 \cdot 10^1$ |                  |                   |                  |                  |

Tabelle 3.1.8.1.6/2: Aktivitätskonzentration in Gras (Frischsubstanz) und Boden in Braunschweig, Werte in Bq/kg.

| Probenahme-<br>datum | Probenart: Gras  |                  |
|----------------------|------------------|------------------|
|                      | I 131            | Cs 137           |
| 12.05.86             | $7,8 \cdot 10^2$ | $7,7 \cdot 10^2$ |
| 15.05.86             | $7,2 \cdot 10^2$ | $8,3 \cdot 10^2$ |
| 16.05.86             | $7,2 \cdot 10^2$ | $8,3 \cdot 10^2$ |
| 27.05.86             | $1,3 \cdot 10^2$ | $3,8 \cdot 10^2$ |
| 03.06.86             | $2,5 \cdot 10^1$ | $1,7 \cdot 10^2$ |
| 10.06.86             | $1,9 \cdot 10^1$ | $1,8 \cdot 10^2$ |
| Probenart: Boden     |                  |                  |
| 12.05.86             | $1,2 \cdot 10^2$ | $5,4 \cdot 10^1$ |
| 16.05.86             | $6,3 \cdot 10^1$ | $3,8 \cdot 10^1$ |
| 20.05.86             | $7,3 \cdot 10^2$ | $1,0 \cdot 10^3$ |
| 21.05.86             | $5,3 \cdot 10^1$ | $5,3 \cdot 10^1$ |
| 28.05.86             | $2,4 \cdot 10^1$ | $3,5 \cdot 10^1$ |
| 03.06.86             | $1,4 \cdot 10^1$ | $4,4 \cdot 10^1$ |
| 11.06.86             | $1,0 \cdot 10^1$ | $5,1 \cdot 10^1$ |

Tabelle      Aktivitätskonzentrationen in Gras (Frisch-  
3.1.8.1.6/3 substanz) und Boden in Peine, Werte in  
Bq/kg.

| Probenahme-<br>datum | Probenart: Gras       |                     |                      |                       |                       |                       |                      |                       |                      |                      |
|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|                      | Co 58                 | Ru 103              | Ru 106               | I 131                 | Cs 134                | Cs 137                | Ba 140               | La 140                | Ce 141               | Ce 144               |
| 06.05.86             |                       | 2,1·10 <sup>3</sup> | 1,0·10 <sup>3</sup>  | 1,8·10 <sup>3</sup>   | 9,3·10 <sup>2</sup>   | 1,7·10 <sup>3</sup>   | 1,4·10 <sup>3</sup>  | 1,9·10 <sup>3</sup>   | 1,4·10 <sup>2</sup>  |                      |
| 07.05.86             | 1,2·10 <sup>2</sup>   | 2,9·10 <sup>3</sup> | 1,3·10 <sup>3</sup>  | 2,7·10 <sup>3</sup>   | 9,6·10 <sup>2</sup>   | 1,9·10 <sup>3</sup>   | 1,6·10 <sup>3</sup>  | 2,2·10 <sup>3</sup>   | 2,8·10 <sup>2</sup>  | 5,5·10 <sup>2</sup>  |
| 08.05.86             |                       | 2,2·10 <sup>3</sup> | 8,3·10 <sup>2</sup>  | 1,3·10 <sup>3</sup>   | 4,3·10 <sup>2</sup>   | 8,1·10 <sup>2</sup>   | 7,9·10 <sup>2</sup>  | 1,1·10 <sup>3</sup>   | 2,1·10 <sup>2</sup>  |                      |
| 09.05.86             |                       | 1,9·10 <sup>3</sup> | 8,4·10 <sup>2</sup>  | 1,0·10 <sup>3</sup>   | 6,2·10 <sup>2</sup>   | 1,3·10 <sup>3</sup>   | 1,1·10 <sup>3</sup>  | 1,3·10 <sup>3</sup>   | 2,1·10 <sup>2</sup>  | 2,1·10 <sup>2</sup>  |
| 10.05.86             |                       | 9,2·10 <sup>2</sup> | 3,7·10 <sup>2</sup>  | 3,9·10 <sup>2</sup>   | 1,6·10 <sup>2</sup>   | 3,0·10 <sup>2</sup>   | 2,3·10 <sup>2</sup>  | 3,3·10 <sup>2</sup>   | 7,0·10 <sup>1</sup>  |                      |
| 11.05.86             |                       | 1,7·10 <sup>3</sup> | 7,6·10 <sup>2</sup>  | 5,5·10 <sup>2</sup>   | 5,4·10 <sup>2</sup>   | 1,0·10 <sup>3</sup>   | 6,5·10 <sup>2</sup>  | 9,1·10 <sup>2</sup>   | 1,7·10 <sup>2</sup>  |                      |
| 14.05.86             | <2,0·10 <sup>0</sup>  | 3,5·10 <sup>2</sup> | <2,2·10 <sup>1</sup> | 1,3·10 <sup>2</sup>   | 6,5·10 <sup>1</sup>   | 1,4·10 <sup>2</sup>   | 1,1·10 <sup>2</sup>  | <1,3·10 <sup>0</sup>  | <4,0·10 <sup>0</sup> | 1,8·10 <sup>1</sup>  |
| 17.05.86             | <1,1·10 <sup>0</sup>  | 3,1·10 <sup>2</sup> | 1,1·10 <sup>2</sup>  | 9,0·10 <sup>1</sup>   | 7,3·10 <sup>1</sup>   | 1,4·10 <sup>2</sup>   | 5,9·10 <sup>1</sup>  | <2,0·10 <sup>0</sup>  | 1,4·10 <sup>1</sup>  | <1,1·10 <sup>1</sup> |
| 22.05.86             | <1,8·10 <sup>0</sup>  | 1,5·10 <sup>2</sup> | <1,8·10 <sup>1</sup> | 4,2·10 <sup>1</sup>   | 4,4·10 <sup>1</sup>   | 8,5·10 <sup>1</sup>   |                      | <1,7·10 <sup>0</sup>  |                      | <1,4·10 <sup>1</sup> |
| 29.05.86             | <8,2·10 <sup>-1</sup> | 7,0·10 <sup>1</sup> | <1,1·10 <sup>1</sup> | <1,7·10 <sup>0</sup>  | 3,2·10 <sup>1</sup>   | 6,3·10 <sup>1</sup>   | <4,7·10 <sup>0</sup> | 1,5·10 <sup>1</sup>   |                      | <9,2·10 <sup>0</sup> |
| 04.06.86             | 7,9·10 <sup>-1</sup>  | 1,7·10 <sup>1</sup> | <7,6·10 <sup>0</sup> | <9,2·10 <sup>-1</sup> | <7,2·10 <sup>-1</sup> | <8,9·10 <sup>-1</sup> |                      | <9,3·10 <sup>-1</sup> |                      | <6,2·10 <sup>0</sup> |
| 11.06.86             | 6,1·10 <sup>-1</sup>  | 2,5·10 <sup>1</sup> | <7,5·10 <sup>0</sup> | <1,0·10 <sup>0</sup>  | 1,2·10 <sup>1</sup>   | 1,9·10 <sup>1</sup>   | <3,1·10 <sup>0</sup> | <1,2·10 <sup>0</sup>  | <1,4·10 <sup>0</sup> | <6,5·10 <sup>0</sup> |

| Probenahme-<br>datum | Probenart: Boden      |                     |                      |                     |                     |                     |                      |                       |                      |                      |
|----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|                      | Co 58                 | Ru 103              | Ru 106               | I 131               | Cs 134              | Cs 137              | Ba 140               | La 140                | Ce 141               | Ce 144               |
| 07.05.86             |                       | 2,3·10 <sup>2</sup> | 1,6·10 <sup>2</sup>  | 4,7·10 <sup>2</sup> | 6,1·10 <sup>1</sup> | 1,2·10 <sup>2</sup> | 1,2·10 <sup>2</sup>  |                       |                      |                      |
| 08.05.86             | 3,2·10 <sup>1</sup>   | 6,0·10 <sup>2</sup> | 3,4·10 <sup>2</sup>  | 1,1·10 <sup>3</sup> | 1,7·10 <sup>2</sup> | 3,5·10 <sup>2</sup> | 3,1·10 <sup>2</sup>  | 4,5·10 <sup>2</sup>   | 4,3·10 <sup>1</sup>  | <2,9·10 <sup>1</sup> |
| 09.05.86             |                       | 1,6·10 <sup>2</sup> |                      | 2,8·10 <sup>2</sup> | 3,6·10 <sup>1</sup> | 8,4·10 <sup>1</sup> | 5,9·10 <sup>1</sup>  | 6,9·10 <sup>1</sup>   |                      |                      |
| 10.05.86             | 2,5·10 <sup>1</sup>   | 4,4·10 <sup>2</sup> | 2,0·10 <sup>2</sup>  | 4,8·10 <sup>2</sup> | 8,6·10 <sup>1</sup> | 1,8·10 <sup>2</sup> | 1,5·10 <sup>2</sup>  | 1,5·10 <sup>2</sup>   |                      | <2,5·10 <sup>1</sup> |
| 11.05.86             |                       | 1,7·10 <sup>2</sup> | 9,1·10 <sup>1</sup>  | 2,6·10 <sup>2</sup> | 4,5·10 <sup>1</sup> | 9,4·10 <sup>1</sup> | 7,8·10 <sup>1</sup>  | 8,1·10 <sup>1</sup>   | 9,4·10 <sup>0</sup>  |                      |
| 14.05.86             | <2,3·10 <sup>1</sup>  | 6,3·10 <sup>1</sup> | 3,2·10 <sup>1</sup>  | 7,9·10 <sup>1</sup> | 2,0·10 <sup>1</sup> | 4,1·10 <sup>1</sup> | 1,7·10 <sup>1</sup>  | 3,0·10 <sup>1</sup>   | 3,7·10 <sup>0</sup>  | <3,8·10 <sup>0</sup> |
| 17.05.86             | <8,7·10 <sup>-1</sup> | 1,7·10 <sup>2</sup> | <1,5·10 <sup>1</sup> | 1,9·10 <sup>2</sup> | 5,1·10 <sup>1</sup> | 9,8·10 <sup>1</sup> |                      | 1,8·10 <sup>2</sup>   |                      | <1,5·10 <sup>1</sup> |
| 22.05.86             | <1,3·10 <sup>0</sup>  | 6,6·10 <sup>1</sup> | <1,5·10 <sup>1</sup> | 5,0·10 <sup>1</sup> | 1,6·10 <sup>1</sup> | 4,8·10 <sup>1</sup> |                      | <1,9·10 <sup>0</sup>  |                      | <1,3·10 <sup>1</sup> |
| 29.05.86             | <1,2·10 <sup>0</sup>  | 7,0·10 <sup>1</sup> | <1,3·10 <sup>1</sup> | 3,4·10 <sup>1</sup> | 2,2·10 <sup>1</sup> | 5,2·10 <sup>1</sup> |                      | <9,7·10 <sup>-1</sup> |                      | <1,1·10 <sup>1</sup> |
| 04.06.86             | <1,1·10 <sup>0</sup>  | 1,3·10 <sup>2</sup> | <1,6·10 <sup>1</sup> | 4,0·10 <sup>1</sup> | 6,2·10 <sup>1</sup> | 1,8·10 <sup>2</sup> |                      | <1,1·10 <sup>0</sup>  |                      | <1,4·10 <sup>1</sup> |
| 11.06.86             | <1,1·10 <sup>0</sup>  | 8,9·10 <sup>1</sup> | <1,4·10 <sup>1</sup> | 2,0·10 <sup>1</sup> | 4,4·10 <sup>1</sup> | 9,0·10 <sup>1</sup> | <5,6·10 <sup>0</sup> | <7,2·10 <sup>-1</sup> | <2,5·10 <sup>0</sup> | <1,2·10 <sup>1</sup> |

Tabelle 3.1.8.1.6/4 Aktivitätskonzentrationen in Gras (Frischsubstanz) und Boden in Hildesheim (bis 11.05.86) bzw. Diekholzen (ab 14.05.86), Werte in Bq/kg.



| Probenahme-<br>datum | Probenart: Gras      |                  |                   |                   |                  |                  |                  |                      |                      |                      |
|----------------------|----------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                      | Co 58                | Ru 103           | Ru 106            | I 131             | Cs 134           | Cs 137           | Ba 140           | La 140               | Ce 141               | Ce 144               |
| 12.05.86             |                      | $5,2 \cdot 10^2$ | $3,1 \cdot 10^2$  | $3,1 \cdot 10^2$  | $1,3 \cdot 10^2$ | $2,3 \cdot 10^2$ | $1,6 \cdot 10^2$ |                      | $1,6 \cdot 10^1$     |                      |
| 15.05.86             | $<6,6 \cdot 10^{-1}$ | $2,6 \cdot 10^2$ | $1,4 \cdot 10^2$  | $1,3 \cdot 10^2$  | $7,7 \cdot 10^2$ | $1,5 \cdot 10^2$ | $1,3 \cdot 10^2$ | $1,5 \cdot 10^2$     | $2,6 \cdot 10^1$     | $<1,1 \cdot 10^1$    |
| 20.05.86             | $<1,8 \cdot 10^0$    | $2,5 \cdot 10^2$ | $<1,9 \cdot 10^1$ | $1,0 \cdot 10^0$  | $8,0 \cdot 10^1$ | $1,5 \cdot 10^2$ |                  | $1,1 \cdot 10^3$     |                      | $<1,8 \cdot 10^1$    |
| 23.05.86             | $<9,0 \cdot 10^{-1}$ | $2,6 \cdot 10^1$ | $<9,8 \cdot 10^0$ | $1,4 \cdot 10^1$  | $2,3 \cdot 10^1$ | $4,4 \cdot 10^1$ |                  |                      | $<7,6 \cdot 10^{-1}$ | $<7,7 \cdot 10^1$    |
| 26.05.86             | $<9,2 \cdot 10^{-1}$ | $4,2 \cdot 10^2$ | $<6,5 \cdot 10^0$ | $1,7 \cdot 10^1$  | $1,4 \cdot 10^1$ | $3,0 \cdot 10^1$ | $1,5 \cdot 10^1$ | $<1,1 \cdot 10^0$    | $1,4 \cdot 10^1$     | $<7,0 \cdot 10^0$    |
| 02.06.86             | $<9,7 \cdot 10^{-1}$ | $4,5 \cdot 10^1$ | $<1,2 \cdot 10^1$ | $<1,7 \cdot 10^0$ | $2,6 \cdot 10^1$ | $4,2 \cdot 10^1$ |                  | $<8,9 \cdot 10^{-1}$ |                      | $<8,9 \cdot 10^0$    |
| 09.06.86             | $<1,7 \cdot 10^{-1}$ | $5,3 \cdot 10^1$ | $2,8 \cdot 10^1$  | $5,7 \cdot 10^0$  | $3,2 \cdot 10^1$ | $6,0 \cdot 10^1$ | $9,2 \cdot 10^0$ | $1,3 \cdot 10^1$     | $2,3 \cdot 10^0$     | $<1,8 \cdot 10^0$    |
|                      | Probenart: Boden     |                  |                   |                   |                  |                  |                  |                      |                      |                      |
|                      |                      |                  |                   |                   |                  |                  |                  |                      |                      |                      |
| 12.05.86             |                      | $2,2 \cdot 10^2$ |                   | $2,6 \cdot 10^2$  | $5,9 \cdot 10^1$ | $1,2 \cdot 10^2$ | $9,3 \cdot 10^1$ |                      |                      |                      |
| 15.05.86             | $<1,6 \cdot 10^0$    | $1,4 \cdot 10^2$ | $<1,7 \cdot 10^1$ | $1,4 \cdot 10^2$  | $3,7 \cdot 10^1$ | $7,3 \cdot 10^1$ | $5,5 \cdot 10^1$ | $<1,5 \cdot 10^0$    |                      | $<1,7 \cdot 10^1$    |
| 20.05.86             | $<1,2 \cdot 10^0$    | $6,0 \cdot 10^1$ | $<1,1 \cdot 10^1$ | $5,8 \cdot 10^1$  | $1,7 \cdot 10^1$ | $3,3 \cdot 10^1$ | $2,8 \cdot 10^1$ | $<1,3 \cdot 10^0$    |                      | $<1,1 \cdot 10^1$    |
| 23.05.86             | $<1,5 \cdot 10^0$    | $2,1 \cdot 10^2$ | $<1,7 \cdot 10^1$ | $8,6 \cdot 10^1$  | $6,5 \cdot 10^1$ | $1,3 \cdot 10^2$ |                  | $<2,7 \cdot 10^{-1}$ |                      | $<1,9 \cdot 10^1$    |
| 26.05.86             | $<2,3 \cdot 10^{-1}$ | $6,7 \cdot 10^1$ | $<3,0 \cdot 10^0$ | $3,1 \cdot 10^1$  | $2,1 \cdot 10^1$ | $4,5 \cdot 10^1$ | $1,6 \cdot 10^1$ | $2,1 \cdot 10^1$     | $2,7 \cdot 10^0$     | $<3,6 \cdot 10^{-1}$ |
| 02.06.86             | $<6,8 \cdot 10^{-1}$ | $1,4 \cdot 10^2$ | $6,5 \cdot 10^1$  | $3,5 \cdot 10^1$  | $5,3 \cdot 10^1$ | $1,1 \cdot 10^2$ | $2,2 \cdot 10^1$ | $5,9 \cdot 10^1$     |                      | $<9,0 \cdot 10^0$    |

Tabelle 3.1.8.1.6/5 Aktivitätskonzentrationen in Gras (Frischsubstanz) und Boden in Goslar, Werte in Bq/kg.

| Probe-<br>nahme-<br>datum | Meßstelle | Probenart: Gras  |                   |                   |                   |                   |                  |                   |                   |                   |                   |
|---------------------------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                           |           | Be 7             | Zr 95             | Nb 95             | Ru 103            | Ru 106            | I 131            | Cs 134            | Cs 137            | Ce 141            | Ce 144            |
| 02.06.86                  | 2         |                  |                   | $19,6 \cdot 10^1$ | $75,7 \cdot 10^1$ | $30,5 \cdot 10^1$ |                  | $24,1 \cdot 10^1$ | $45,5 \cdot 10^1$ |                   | $62,8 \cdot 10^0$ |
| 20.08.86                  | 2         | $1,6 \cdot 10^2$ |                   |                   | $1,4 \cdot 10^1$  | $2,1 \cdot 10^1$  |                  | $2,3 \cdot 10^1$  | $4,6 \cdot 10^1$  |                   |                   |
| 02.06.86                  | 3         |                  | $71,0 \cdot 10^0$ | $52,6 \cdot 10^1$ | $15,2 \cdot 10^2$ | $66,1 \cdot 10^1$ |                  | $36,9 \cdot 10^1$ | $72,9 \cdot 10^1$ | $11,0 \cdot 10^1$ | $19,1 \cdot 10^1$ |
| 20.08.86                  | 3         | $1,7 \cdot 10^2$ |                   | $5,6 \cdot 10^0$  | $7,6 \cdot 10^0$  | $1,6 \cdot 10^1$  |                  | $1,3 \cdot 10^1$  | $2,5 \cdot 10^1$  | $5,2 \cdot 10^0$  | $7,5 \cdot 10^0$  |
| 02.06.86                  | 4         |                  |                   | $12,5 \cdot 10^1$ | $11,0 \cdot 10^2$ | $54,0 \cdot 10^1$ |                  | $39,1 \cdot 10^1$ | $77,2 \cdot 10^1$ | $52,0 \cdot 10^0$ | $76,7 \cdot 10^0$ |
| 20.08.86                  | 4         | $4,2 \cdot 10^2$ |                   | $2,5 \cdot 10^1$  | $7,8 \cdot 10^1$  | $1,4 \cdot 10^2$  |                  | $1,9 \cdot 10^2$  | $4,0 \cdot 10^2$  |                   |                   |
| Probenart: Boden          |           |                  |                   |                   |                   |                   |                  |                   |                   |                   |                   |
| 02.06.86                  | 2         |                  |                   |                   | $3,7 \cdot 10^1$  |                   | $1,3 \cdot 10^1$ | $1,3 \cdot 10^1$  | $3,3 \cdot 10^1$  |                   |                   |
| 20.08.86                  | 2         |                  |                   |                   |                   |                   |                  | $4,6 \cdot 10^0$  | $1,3 \cdot 10^1$  |                   |                   |
| 02.06.86                  | 3         |                  |                   |                   | $5,0 \cdot 10^1$  |                   | $1,7 \cdot 10^1$ | $1,3 \cdot 10^1$  | $3,4 \cdot 10^1$  |                   |                   |
| 20.08.86                  | 3         |                  |                   |                   |                   |                   |                  | $2,8 \cdot 10^0$  | $7,4 \cdot 10^0$  | $4,4 \cdot 10^0$  |                   |
| 02.06.86                  | 4         |                  |                   |                   | $3,5 \cdot 10^1$  |                   | $1,0 \cdot 10^1$ | $1,4 \cdot 10^1$  | $3,1 \cdot 10^1$  |                   |                   |
| 20.08.86                  | 4         |                  |                   |                   | $2,1 \cdot 10^1$  |                   |                  | $1,4 \cdot 10^1$  | $3,1 \cdot 10^1$  |                   |                   |

Tabelle 3.1.8.1.6/6 Aktivitätskonzentrationen in Gras (Trockensubstanz) und Boden auf der Schachtanlage Asse, Werte in Bq/kg.

| Pflanzen                     | Ernteort           | Probe-<br>nahme-<br>datum | Zr 95 | Nb 95 | Ru 103 | Ru 106 | I 131 | Cs 134 | Cs 137 | Ba 140 | La 140 | Ce 141 |
|------------------------------|--------------------|---------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Wildblätterpilze             | Lichtenberge       | 03.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 35,5   | 70,2   | <1     | <1     | <1     |
| Wiesenchampignon             | Salzgitter-Bad     | 16.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | <1     | <1     | <1     | <1     | <1     |
| Stockschwämmchen             | Lichtenberge       | 03.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 14,2   | 38,5   | <1     | <1     | <1     |
| Waldröhrenpilze              | Lichtenberge       | 03.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 17,5   | 26,7   | <1     | <1     | <1     |
| (überw. Rotfuß-<br>röhrling) |                    |                           |       |       |        |        |       |        |        |        |        |        |
| Goldröhrling                 | Lichtenberge       | 03.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 40,5   | 141,0  | <1     | <1     | <1     |
| Maronenpilz                  | Lichtenberge       | 11.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 183,0  | 451,0  | <1     | <1     | <1     |
| Steinpilz                    | Lichtenberge       | 03.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 14,4   | 45,1   | <1     | <1     | <1     |
| Birkenpilz                   | Lichtenberge       | 03.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 2,6    | 4,5    | <1     | <1     | <1     |
| Gerstenkörner                | SZ-Ringelheim      | 17.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 9,4    | 20,6   | <1     | <1     | <1     |
| Haferkörner                  | SZ-Flachstöckheim  | 17.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | <1     | <1     | <1     | <1     | <1     |
| Weizenkörner                 | Vechelde-Köchingen | 17.09.86                  | <1    | <1    | <1     | <1     | <1    | 2,4    | 5,0    | <1     | <1     | <1     |

Tabelle 3.1.8.1.6/7 Aktivitätskonzentrationen in ausgewählten pflanzlichen Lebensmitteln, die im September 1986 im Raum Salzgitter geerntet wurden, Werte in Bq/kg.



### 3.1.8.2 Radiologische Grundbelastung im Grubengebäude

Die in den folgenden Unterkapiteln beschriebene radiologische Grundbelastung ist eine Folge der natürlichen Radioaktivität des Gebirges.

Die Gehalte an Thorium und Uran wurden an zehn Erzproben röntgenfluoreszenzanalytisch ermittelt und ergaben folgende Werte (in  $\mu\text{g/g}$  Erz) /7/:

|        | minimal | maximal | mittel |
|--------|---------|---------|--------|
| Th 232 | 9,9     | 53,2    | 23,6   |
| U 238  | 0,6     | 3,9     | 1,8    |

Hieraus ergeben sich rechnerisch die spezifischen Aktivitäten von 96,1 Bq/kg Erz für Th 232 und 22,2 Bq/kg Erz für Uran 238. Die spezifischen Radioaktivitäten des Nebengesteins liegen nach /7/ bei ähnlichen Werten.

Die natürliche Radioaktivität des Gebirges führt zu etwas erhöhten Ortsdosisleistungen im Grubengebäude, verglichen mit der Ortsdosisleistung über Tage.

Die Grubenwetter werden bei ihrem Durchgang durch das Grubengebäude mit Radionukliden angereichert, die aus dem umgebenden Gebirge (Gase und Aerosole), sowie aus Erzstaub stammen, der bei den bergmännischen Arbeiten anfällt.

#### 3.1.8.2.1 Ortsdosisleistung

Im Jahre 1982 wurde die Ortsdosisleistung an fünf Meßpunkten mit einem Dosisleistungsmeßgerät bestimmt /7/. Dabei wurden die in Tab. 3.1.8.2.1/1 aufgeführten Werte ermittelt. Messungen der PTB im Jahre 1987 lieferten Werte zwischen 0,08  $\mu\text{Sv/h}$  und 0,15  $\mu\text{Sv/h}$  mit einer Tendenz zum höheren Wert hin.

Meßort

Dosisleistung  
μSv/h

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| Schachthalle über Tage              | 0,085 |
| 1 000-m-Sohle, Füllort              | 0,075 |
| 1 200-m-Sohle, Füllort              | 0,100 |
| 1 200-m-Sohle vor Abzweig Rampe 570 | 0,180 |
| 1 200-m-Sohle, Abbaustrecke 522     | 0,180 |

Tabelle            Ortsdosisleistung im Grubengebäude  
3.1.8.2.1/1

Bei Unterstellung eines Wertes der Ortsdosisleistung von im Mittel 0,15 μSv/h und von 1500 Stunden jährlicher Arbeitszeit unter Tage ergibt sich eine jährliche Arbeitsdosis für die unter Tage Beschäftigten von ca.  $23 \cdot 10^{-5}$  Sv/a.

3.1.8.2.2 Radiologische Grundbelastung der Wetter  
aufgrund des aus dem Gebirge entweichenden  
Radons und seiner Folgeprodukte

Im Jahre 1983 wurden die Radonkonzentrationen an 20 Stellen im Grubengebäude mit Radondiffusionskammern gemessen. Mit diesen Diffusionskammern wird der zeitliche Mittelwert der Aktivitätskonzentration von Radon ermittelt; die Rn 220-Konzentration wird nur zu ca. 10 % miterfaßt. Es wurden Zweimonats-Mittelwerte der Radonaktivität bestimmt, um eine Übersicht über die örtliche Verteilung im Grubengebäude zu erhalten.

Innerhalb eines mehrmonatigen Zeitraumes in den Jahren 1983 und 1984 wurden an insgesamt 68 Stellen unter Tage 98 Messungen der Rn 222-Konzentration und 18 Messungen der Aktivitätskonzentration aerosolgebundener Rn 220- und Rn 222-Folgeprodukte durchgeführt. Eine direkte Messung der Rn 220-Konzentrationen war nicht, eine Abschätzung nur indirekt möglich.

Die Rn 222-Konzentrationen an frischbewetterten Betriebspunkten liegen in einer Größenordnung, die auch im Innern von Wohnhäusern gemessen wurde ( $30 \text{ Bq/m}^3$  bis  $50 \text{ Bq/m}^3$ ). Eine Zunahme infolge bergmännischer Tätigkeiten, wie Streckenvortrieb, konnte nicht festgestellt werden. Verringerte oder fehlende Bewetterung führen zu einer ausgeprägten Erhöhung der Radonkonzentration.

Der Bereich der Wendel Süd zwischen der 1 100-m-Sohle und der 850-m-Sohle nimmt hinsichtlich der Rn 222-Konzentration eine Sonderstellung ein; trotz größeren Wetterstromes liegen hier die Konzentrationen bis zu einer Größenordnung höher als auf den Hauptsohlen (Anstieg auf ca.  $100 \text{ Bq/m}^3$  bei 1 100 m und auf ca.  $650 \text{ Bq/m}^3$  bei 850 m Teufe). Es wurde an drei Stellen quantitativ nachgewiesen, daß diese hohen Konzentrationen durch den Zustrom von Schleichwettern mit hohem Radongehalt aus dem "Alten Mann" (LHD-Feld, Spülversatzfeld) verursacht



werden. Aus den dort vorhandenen großen Oberflächen können entsprechend große Radonmengen emanieren, die aufgrund relativ kurzer Verweilzeit (im wesentlichen kleiner als die Halbwertszeit des Rn 222 von 3,8 Tagen) zum großen Teil in die Wendel gelangen.

Die Rn 222-Gleichgewichtsfaktoren für die kurzlebigen Folgeprodukte liegen im Bereich von ca. 0,1 bis 0,5 mit steigender Tendenz entlang der Wetterwege in dem Grubengebäude. Für alle Grubenbereiche mit Ausnahme der Wendel und ihr wettermäßig nachgeschalteter Strecken kann konservativ ein Gleichgewichtsfaktor von 0,25 verwendet werden. Für die ausgenommenen Bereiche ist ein Wert von 0,4 realistisch. Die potentiellen Alpha-Energie-Konzentrationen der Rn 222-Folgeprodukte einerseits und der Rn 220-Folgeprodukte andererseits an einem Ort liegen in derselben Größenordnung. Für die potentiellen Strahlenexpositionen ergibt sich aufgrund des niedrigeren Dosisfaktors für die Rn 220-Folgeprodukte ein Verhältnis von ca. 3 : 1.

Diese Meßergebnisse bestätigen im wesentlichen die Ergebnisse der Messungen der GSF /7/ im Jahre 1981.

Es ist zu berücksichtigen, daß die Radonkonzentrationen an einer Stelle erheblichen zeitlichen Schwankungen unterliegen; dies ist im wesentlichen durch wechselnde Bewetterungszustände bedingt und wurde in den o. g. Meßergebnissen (1983 und 1984) sowie durch Wiederholungsmessungen bestätigt.

Zur Abschätzung der Strahlenexposition des Personals wird ein Arbeitsplatz zugrunde gelegt, der den starken zeitlichen und räumlichen Schwankungen der Radonkonzentration Rechnung trägt. Bei einer jährlichen Arbeitszeit unter Tage von 1500 Stunden, einer Atemrate von  $1,25 \text{ m}^3/\text{h}$  und unter Verwendung der Dosisfaktoren gemäß

ICRP 32 ergeben sich folgende Werte der Dosis:

|                    |                        |                               |
|--------------------|------------------------|-------------------------------|
| $D_{\text{eff}}$   | (Rn 222-Folgeprodukte) | ca. $280 \cdot 10^{-5}$ Sv/a  |
| $D_{\text{eff}}$   | (Rn 220-Folgeprodukte) | ca. $90 \cdot 10^{-5}$ Sv/a   |
|                    |                        | <hr/>                         |
| $D_{\text{eff}}$   | (Gesamt)               | ca. $370 \cdot 10^{-5}$ Sv/a  |
| $D_{\text{Lunge}}$ |                        | ca. $3080 \cdot 10^{-5}$ Sv/a |

Es ist geplant, die bereits heute abgeworfenen Feldesteile (LHD-Feld, Spülversatz-Feld) wettermäßig abzudämmen. Nach Abschluß dieser Arbeiten vor Einlagerungsbeginn wird mit einer deutlichen Reduzierung der in der Nähe dieser Feldesteile gemessenen hohen Radonkonzentrationen und damit der Strahlenexposition des Personals gerechnet.

### 3.1.8.2.3 Radiologische Grundbelastung der Wetter aufgrund des Staubgehaltes

Im Rahmen der Bestimmung der Staubausbreitung im Grubengebäude wurden zur Ermittlung der Staubmenge und Staubverteilung beim Auffahren einer Strecke vier Meßstellen eingerichtet /7, 8/. Diese Strecke wurde in Sprengtechnik aufgefahren und das Erz im LHD-Verfahren abtransportiert.

Die Staubkonzentration der Grubenwetter lag vor dem Beginn der einzelnen in Tabelle 3.1.8.2.3/1 genannten Arbeitsvorgänge zwischen  $0,1 \text{ mg/m}^3$  und  $2,2 \text{ mg/m}^3$ . Der Mittelwert aus 48 Messungen an 12 Tagen lag bei  $1,1 \text{ mg/m}^3$ . Diese Grundbelastung wurde im allgemeinen 15 min bis 25 min nach Beendigung der jeweiligen Arbeitsvorgänge wieder erreicht.

Die maximale Staubbelastung der Grubenwetter bei verschiedenen bergmännischen Tätigkeiten zeigt Tabelle 3.1.8.2.3/1 für verschiedene Entfernungen von der Ortsbrust.

Die Staubkonzentration nimmt mit der Entfernung vom Entstehungsort annähernd exponentiell ab. Bei Wettergeschwindigkeiten von ca.  $0,3 \text{ m/s}$  beträgt die Staubkonzentration in den Wettern nach 370 m noch die Hälfte der Ausgangskonzentration; nach einer Strecke von ca. 700 m nimmt die Staubkonzentration in den Wettern nur noch geringfügig ab. Der Staub breitet sich im Grubengebäude mit nahezu der gleichen Geschwindigkeit wie die Wetter aus.

Bei einem mittleren Staubgehalt der Wetter von  $1 \text{ mg/m}^3$ , der auch in neueren Messungen im Auftrag der PTB /10/ bestätigt wurde, ergibt sich aus der natürlichen Aktivität des Gebirges eine spezifische Aktivität von jeweils  $9,6 \cdot 10^{-5} \text{ Bq/m}^3$  für Th 232 und dessen Tochternuklide (Thorium-Zerfallsreihe) und von jeweils  $2,2 \cdot 10^{-5} \text{ Bq/m}^3$  für die Nuklide der Uran-Radium-Zerfallsreihe.



| Arbeitsvorgang   | Entfernung von der Ortsbrust |               |               |               |
|------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|                  | 120 m                        | 220 m         | 330 m         | 440 m         |
| Großlochbohren   | $2,0 \pm 1,0$                | $1,5 \pm 0,7$ | $0,8 \pm 0,4$ | $0,8 \pm 0,6$ |
| Schießen         | $> 100$                      | $> 100$       | $> 70$        | $\geq 40$     |
| Berauben         | $5,3 \pm 1,7$                | $3,9 \pm 1,0$ | $1,9 \pm 0,5$ | $1,3 \pm 0,3$ |
| Laden und Fahren | $3,3 - 7,1$                  | $2,2 - 4,9$   | $1,8 - 4,2$   | $2,5 - 7,4$   |

Tabelle      Maximale Staubbelastung der Wetter bei verschiedenen Arbeitsvor-  
 3.1.8.2.3/1      gängen in  $\text{mg/m}^3$

Für die Strahlenexposition des Personals errechnet sich unter der Annahme einer vollständigen Lungengängigkeit der mittleren Staubbkonzentration bei einer jährlichen Arbeitszeit unter Tage von 1500 Stunden und einer Atemrate von  $1,25 \text{ m}^3/\text{h}$  ein Wert der effektiven Äquivalentdosis von  $\text{ca. } 8 \cdot 10^{-5} \text{ Sv/a}$ .

#### 3.1.8.2.4 Bestehende Aktivitätskonzentrationen in den Grubenwässern

Zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen in den Grubenwässern wurden an folgenden Stellen Proben genommen: Sumpf Schacht Konrad 1, Sumpf Schacht Konrad 2, obere Träufelrinne im Schacht Konrad 2 und Rückhaltebecken über Tage am Schacht Konrad 1.

Die nachzuweisenden Radionuklide und die erforderlichen Nachweisgrenzen gemäß /4/ i. V. mit Anlage IV StrlSchV (Fassung 1976) wurden nach den im Kapitel 3.1.8.1.4 genannten Gesichtspunkten ausgewählt (Tabelle 3.1.8.2.4/1). Bei Zugrundelegung der Grenzwerte gemäß Anlage IV StrlSchV (Fassung 1989) ergeben sich höhere Werte für die erforderlichen Nachweisgrenzen. Wie bei den Oberflächengewässern wurden auch hier die angestrebten Nachweisgrenzen für die natürlich vorkommenden Radionuklide u. a. wegen des hohen Salzgehaltes der Wässer nicht erreicht.

Die Tabelle 3.1.8.2.4/2 enthält für H 3, Cs 137, U 238, Ra 226, Ra 228,  $\beta$ -Gesamt und K 40 die aus jeweils sechs Einzelmessungen an einem Meßort über ein Jahr gemittelten Meßwerte der Aktivitätskonzentrationen in den beprobten Grubenwässern und ihre maximale Streuung um diesen Mittelwert. Die Streuwerte geben einen Anhalt für die Schwankungen der Aktivitätskonzentrationen innerhalb eines Jahres, die aus dem Betrieb des Bergwerkes resultieren. Für Cs 137 und U 238, bei denen alle Meßwerte unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenzen lagen, ist kein Streuwert angegeben. Die Tabelle 3.1.8.2.4/2 enthält ferner die Werte der Aktivitätskonzentration für Sr 90, I 129, Pb 210 und Pu 239/240 in den Grubenwässern, die in diesen Fällen nur einmal beprobt wurden.

Die Meßergebnisse zeigen, daß die Konzentrationen der untersuchten künstlich erzeugten Radionuklide (H 3, Sr 90, I 129, Cs 137, Pu 239/240) umso geringer sind,

je weniger Brauchwasser von über Tage eingeleitet wird. Die geringsten Werte ergeben sich für Wässer aus der Träufelrinne, wo vorwiegend Formationswasser auftritt.

Für die natürlich vorkommenden Radionuklide gilt das Umgekehrte. Die größten Werte wurden im Sumpf Schacht 2 gemessen. Die Konzentration von Ra 228 aus der Th-Zerfallsreihe korreliert in allen Proben eng mit den Ra 226-Gehalten.

| Radio-nuklid      | Nachweisgrenzen gemäß /4/<br>i.V.m. Anlage IV StrlSchV<br>(Fassung 1976)<br>Bq/m <sup>3</sup> | erreichte<br>Nachweisgrenzen<br>Bq/m <sup>3</sup> |
|-------------------|---|---|
| H 3               | $2,2 \cdot 10^5$  | $1,0 \cdot 10^2$                                  |
| Sr 90             | $2,7 \cdot 10^1$  | $1,1 \cdot 10^1$                                  |
| I 129             | $1,2 \cdot 10^1$  | $1,3 \cdot 10^{-2}$                               |
| Cs 137            | $1,0 \cdot 10^3$  | $2,0 \cdot 10^1 - 8,0 \cdot 10^1$                 |
| Pb 210            | $8,0 \cdot 10^0$  | $3,0 \cdot 10^1$                                  |
| Ra 226            | $8,0 \cdot 10^{-1}$   | $2,0 \cdot 10^1$                                  |
| U <sub>nat</sub>  | $3,8 \cdot 10^1$  | ca. $2,0 \cdot 10^3$                              |
| Pu 239/240        | $3,0 \cdot 10^2$  | $2,0 \cdot 10^{-1}$                               |
| Th <sub>nat</sub> | $8,0 \cdot 10^1$  | $5,0 \cdot 10^2$                                  |

Tabelle                      Gegenüberstellungen von Nachweisgrenzen in Grubenwässern  
3.1.8.2.4/1



| Radio-<br>nuklid | Rückhaltebecken           | Meßorte                    |                            |                           | obere Träufelrinne<br>Schacht 2 |
|------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
|                  |                           | Sumpf<br>Schacht 1         | Sumpf<br>Schacht 2         | Sumpf<br>Schacht 2        |                                 |
| H 3              | $1,0 \cdot 10^3 \pm 30\%$ | $3,1 \cdot 10^3 \pm 2\%$   | $5,5 \cdot 10^2 \pm 140\%$ | $2,2 \cdot 10^2 \pm 19\%$ |                                 |
| Sr 90            | $\leq 1,1 \cdot 10^1$     | $\leq 1,1 \cdot 10^1$      | $\leq 1,1 \cdot 10^1$      | $\leq 1,1 \cdot 10^1$     |                                 |
| I 129            | $3,7 \cdot 10^{-2}$       | $2,5 \cdot 10^{-2}$        | $\leq 1,3 \cdot 10^{-2}$   | $\leq 1,3 \cdot 10^{-2}$  |                                 |
| Cs 137           | $\leq 4,3 \cdot 10^1$     | $\leq 2,8 \cdot 10^1$      | $\leq 4,8 \cdot 10^1$      | $\leq 2,0 \cdot 10^1$     |                                 |
| Pu 239/240       | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$  | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$   | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$   | $\leq 2,0 \cdot 10^{-1}$  |                                 |
| U 238            | $\leq 2,5 \cdot 10^3$     | $\leq 2,0 \cdot 10^3$      | $\leq 2,5 \cdot 10^3$      | $\leq 1,5 \cdot 10^3$     |                                 |
| Ra 226           | $2,0 \cdot 10^3 \pm 0\%$  | $3,0 \cdot 10^2 \pm 115\%$ | $6,3 \cdot 10^3 \pm 64\%$  | $1,0 \cdot 10^3 \pm 0\%$  |                                 |
| Pb 210           | $\leq 3,0 \cdot 10^1$     | $\leq 3,0 \cdot 10^1$      | $\leq 3,0 \cdot 10^1$      | $\leq 3,0 \cdot 10^1$     |                                 |
| Ra 228           | $1,2 \cdot 10^4 \pm 12\%$ | $1,3 \cdot 10^3 \pm 61\%$  | $1,2 \cdot 10^4 \pm 75\%$  | $1,0 \cdot 10^3 \pm 0\%$  |                                 |
| β-Gesamt         | $2,5 \cdot 10^4 \pm 15\%$ | $1,9 \cdot 10^4 \pm 25\%$  | $3,1 \cdot 10^4 \pm 53\%$  | $\leq 5,7 \cdot 10^3$     |                                 |
| K 40             | $6,2 \cdot 10^3 \pm 12\%$ | $1,4 \cdot 10^4 \pm 18\%$  | $7,2 \cdot 10^3 \pm 39\%$  | $2,0 \cdot 10^3 \pm 0\%$  |                                 |

Tabelle      Jahresmittelwerte der Aktivitätskonzentrationen in den Grubenwässern in Bq/m<sup>3</sup>  
 3.1.8.2.4/2      und beobachtete Streuung (soweit ermittelt, siehe Text)  $\leq$  angegebener Wert  
 heißt unterhalb der Nachweisgrenze

### 3.1.8.3 Radiologische Grundbelastung in der Umgebung der Schachtanlage infolge der radiologischen Grundbelastung der Wetter und der Grubenwässer

#### 3.1.8.3.1 Ableitung natürlicher Aktivität mit den Abwettern

Aus dem Erz und dem angrenzenden Gebirge werden mit den Abwettern Radon und Radon-Folgeprodukte in die Umgebung abgeleitet. Nach neueren Messungen /9/ über die Radon-Konzentration in den Wettern der Schachtanlage Konrad beträgt die Abgabe an Rn 222 bis zu etwa  $1,9 \cdot 10^{12}$  Bq/a.

Außerdem werden - infolge der Staubkonzentration in den Wettern - mit den Abwettern Radionuklide der Thorium- und der Uran-Radium-Zerfallsreihe in die Umgebung abgeleitet. Nach Messungen des Staubgehalts in den Wettern /7 (S. D 4-43), 10/ und der spezifischen Aktivitäten im Erz /7 (S. B 2-28)/ muß mit einer jährlichen Ableitung von jeweils  $7,6 \cdot 10^5$  Bq/a für die Nuklide der Thorium-Zerfallsreihe und jeweils  $1,7 \cdot 10^5$  Bq/a für die Nuklide der Uran-Radium-Zerfallsreihe gerechnet werden.

#### 3.1.8.3.2 Ableitung natürlicher Aktivität mit den Grubenwässern

Die natürliche Aktivität der Grubenwässer besteht im wesentlichen aus Nukliden der Thorium- und der Uran-Radium-Zerfallsreihe. Nach Messungen der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF), die neben der Alpha- und Betaaktivitätskonzentration auch die Aktivitätskonzentration der Nuklide U 238, Ra 226 sowie Th 232 bestimmt hat, kann nicht ausgeschlossen werden, daß sich beide Zerfallsreihen in den Grubenwässern weitgehend im radioaktiven Gleichgewicht befinden. Aus den Meßwerten der GSF über die Aktivität von Th 232 bzw.

Ra 226 in den Grubenwässern kann unter der Annahme des radioaktiven Gleichgewichts in der entsprechenden Zerfallsreihe die Aktivität der anderen Nuklide dieser Zerfallsreihe bestimmt werden. In 10 000 m<sup>3</sup> Grubenwasser mit einer natürlichen Gesamtaktivität von ca.  $1,3 \cdot 10^9$  Bq beträgt danach die Gleichgewichtsaktivität eines Nuklids der Thoriumzerfallsreihe  $6,7 \cdot 10^7$  Bq und die der Uran-Radiumzerfallsreihe  $4,5 \cdot 10^7$  Bq.

Für die Radionuklide der Thorium- und Uran-Radium-Zerfallsreihe werden die entsprechenden o. a. Werte als jährliche Abgaberate zur Ermittlung der radiologischen Grundbelastung in der Umgebung infolge der Ableitung der natürlichen Aktivität mit den Grubenwässern herangezogen.

#### 3.1.8.3.3 Spezifische Aktivität von Radionukliden im Boden und Bewuchs als Folge der Ableitung der natürlichen Aktivität

Die Berechnungen erfolgten unter den gleichen Randbedingungen und mit denselben Modellen wie im Kapitel 3.4.7.

##### Abwetter

Die Berechnung der spezifischen Aktivität von Radionukliden im Boden als Folge der Ableitung natürlicher Aktivität mit den Abwettern erfolgte für einen Anreicherungszeitraum der Nuklide im Boden von 50 Jahren. Am Ende dieses Zeitraums haben sich die spezifischen Aktivitäten um folgende Werte erhöht:



| Radionuklid               | spez. Aktivität in Bq/kg<br>Trockenmasse (TM) |                        |
|---------------------------|---|------------------------|
|                           | Weideboden                                    | Ackerboden             |
| Nuklide der Thorium-Reihe | $\leq 3 \cdot 10^{-3}$                        | $\leq 2 \cdot 10^{-3}$ |
| Nuklide der Uran-Reihe    | $\leq 7 \cdot 10^{-4}$                        | $\leq 3 \cdot 10^{-4}$ |
| Pb 210                    | $\leq 5 \cdot 10^{-3}$                        | $\leq 2 \cdot 10^{-3}$ |
| Bi 210                    | $\leq 5 \cdot 10^{-3}$                        | $\leq 2 \cdot 10^{-3}$ |
| Po 210                    | $\leq 5 \cdot 10^{-3}$                        | $\leq 2 \cdot 10^{-3}$ |

Diese Werte liegen weit unterhalb der Meßwerte für die Aktivitätskonzentrationen im Boden am Standort Konrad in den Jahren 1979 und 1980 nach /11/ von 27 Bq/kg TM bis 37 Bq/kg TM für Ac 228/Pb 212/Bi 212, 9 Bq/kg TM bis 13 Bq/kg TM für Tl 208 sowie von 40 Bq/kg TM bis 57 Bq/kg TM für Ra 226 und 20 Bq/kg TM bis 30 Bq/kg TM für Pb 214/Bi 214.

Die Kontamination von Weidebewuchs und pflanzlichen Produkten durch Ablagerung auf der Oberfläche und Transfer aus dem Boden zur Zeit der Ernte infolge der betrachteten Aktivitätsableitung beträgt:

| Radionuklid               | spez. Aktivität in Bq/kg Frischmasse (FM) |                        |                        |
|---------------------------|---|------------------------|------------------------|
|                           | Weidebewuchs                              | Blattgemüse            | pfl. Produkte          |
| Nuklide der Thorium-Reihe | $\leq 5 \cdot 10^{-4}$                    | $\leq 4 \cdot 10^{-4}$ | $\leq 3 \cdot 10^{-4}$ |
| Nuklide der Uran-Reihe    | $\leq 2 \cdot 10^{-4}$                    | $\leq 8 \cdot 10^{-5}$ | $\leq 6 \cdot 10^{-5}$ |
| Pb 210                    | $\leq 2 \cdot 10^{-3}$                    | $\leq 9 \cdot 10^{-4}$ | $\leq 7 \cdot 10^{-4}$ |
| Bi 210                    | $\leq 2 \cdot 10^{-3}$                    | $\leq 1 \cdot 10^{-3}$ | $\leq 1 \cdot 10^{-3}$ |
| Po 210                    | $\leq 3 \cdot 10^{-4}$                    | $\leq 2 \cdot 10^{-4}$ | $\leq 2 \cdot 10^{-4}$ |

## Abwasser

Die Berechnung der spezifischen Aktivität von Radionuklid-  
liden im Boden als Folge der Ableitung der natürlichen  
Aktivität mit dem Abwasser und anschließender Beregnung  
von Weiden und Äckern erfolgte gleichfalls für einen An-  
reicherungszeitraum von ebenfalls 50 Jahren. Am Ende  
dieses Zeitraums haben sich die spezifischen Aktivitäten  
um folgende Werte erhöht:

| Radionuklid<br>der | spez. Aktivität in Bq/kg TM |            |
|--------------------|-----------------------------|------------|
|                    | Weideboden                  | Ackerboden |
| Thorium-Reihe      | $\leq 0,4$                  | $\leq 0,2$ |
| Uran-Reihe         | $\leq 0,3$                  | $\leq 0,1$ |

Diese Werte liegen für die Radionuklide der Thorium-  
Reihe um mehr als einen Faktor 20 und für Radionuklide  
der Uran-Reihe um mehr als einen Faktor 60 unterhalb der  
Meßwerte für die Aktivitätskonzentrationen im Boden am  
Standort Konrad in den Jahren 1979 und 1980 nach /11/  
von 27 Bq/kg TM bis 37 Bq/kg TM für Ac 228/Pb 212/Bi 212  
und 9 Bq/kg TM bis 13 Bq/kg TM für Tl 208 (alles Nuklide  
der Thorium-Reihe) sowie von 40 Bq/kg TM bis 57 Bq/kg TM  
für Ra 226 und 20 Bq/kg TM bis 30 Bq/kg TM für Pb  
214/Bi 214 (alles Nuklide der Uran-Radium-Reihe).

Die Kontamination von Weidebewuchs und pflanzlichen  
Produkten durch Beregnung und Transfer aus dem Boden zur  
Zeit der Ernte infolge der betrachteten Aktivitätsablei-  
tung beträgt:

| Radionuklide<br>der | spez. Aktivität in Bq/kg FM |             |               |
|---------------------|-----------------------------|-------------|---------------|
|                     | Weidebewuchs                | Blattgemüse | pfl. Produkte |
| Thorium-Reihe       | $\leq 0,04$                 | $\leq 0,04$ | $\leq 0,03$   |
| Uran-Reihe          | $\leq 0,05$                 | $\leq 0,03$ | $\leq 0,03$   |

#### 3.1.8.4 Radiologische Vorbelastung durch den Umgang mit radioaktiven Stoffen und durch den Betrieb kerntechnischer Anlagen

Im Umkreis von etwa 30 km um den Standort der Schachtanlage Konrad gibt es etwa zehn Anlagen, in denen aufgrund von Genehmigungen nach Strahlenschutzrecht mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird oder die nach § 7 AtG betrieben werden und somit Emittenten über den Luftpfad darstellen. Den Genehmigungen liegt das Recht zugrunde, welches zum Zeitpunkt der Genehmigungserteilung Anwendung gefunden hat. Aufgrund ihrer Entfernung vom Standort und der Höhe der genehmigten Emissionen ist ein nennens Beitrag zur Strahlenexposition am Standort auszuschließen.

Im Einzugsbereich des Vorfluters (Aue-Erse-System) ist kein Verwender offener radioaktiver Stoffe ansässig. Es ist jedoch denkbar, daß aufgrund nuklearmedizinischer Verwendung radioaktiver Stoffe geringe Mengen dieser Stoffe durch Patienten in den Vorfluter gelangen können.



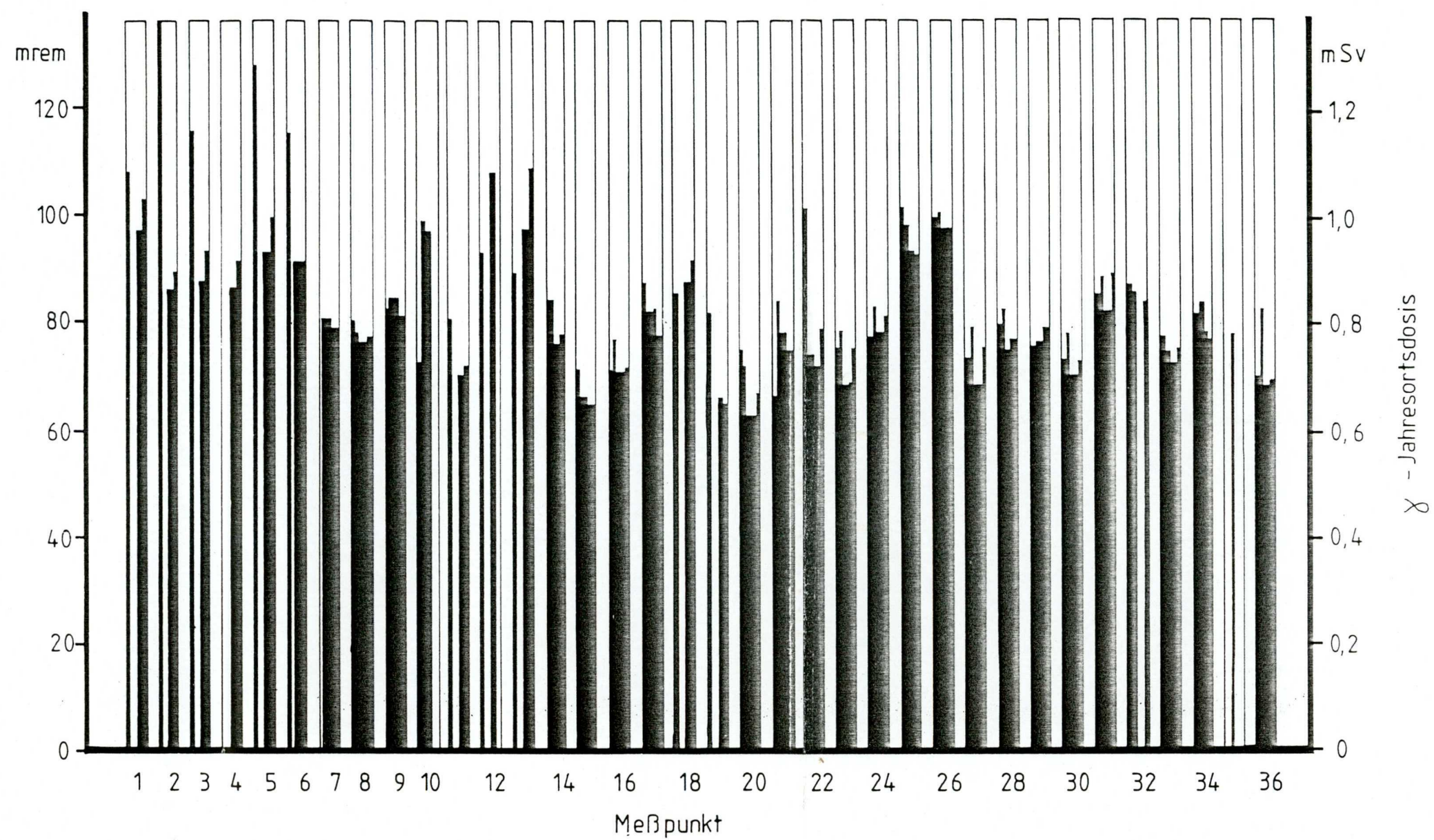
Literaturverzeichnis

- / 1/ Der Bundesminister des Innern:  
Die Strahlenexposition von außen in der Bundesrepublik Deutschland durch natürliche radioaktive Stoffe im Freien und in Wohnungen unter Berücksichtigung des Einflusses von Baustoffen. BMI-Forschungsbericht, Bonn 1978.
  
- / 2/ Umweltradioaktivität der KfA Jülich.  
ZST-Berichte 1. Quartal 1980-1. Quartal 1981,  
K. J. Vogt, K. Frenkler, H. Nordsieck, G. Polster.
  
- / 3/ Deutscher Wetterdienst:  
Radiochemische Berichte der Überwachungsstelle  
Offenbach, Januar 1980 - März 1981.
  
- / 4/ Der Bundesminister des Innern:  
Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung  
kerntechnischer Anlagen.  
GMB1.31 (1979) S. 668 - 683.
  
- / 5/ Der Bundesminister des Innern:  
Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 1981, Bonn (1982).
  
- / 6/ K. HEINE, A. WIECHEN: Untersuchungen zum Cs 137-Übergang in der Nahrungskette Boden-Bewuchs-Milch an einem gegebenen Standort. Milchwissenschaft 34 (1979). S. 275 - 280.
  
- / 7/ Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, Abschlußbericht GSF-T 136, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (Institut für Tieflagerung) München, 1982.

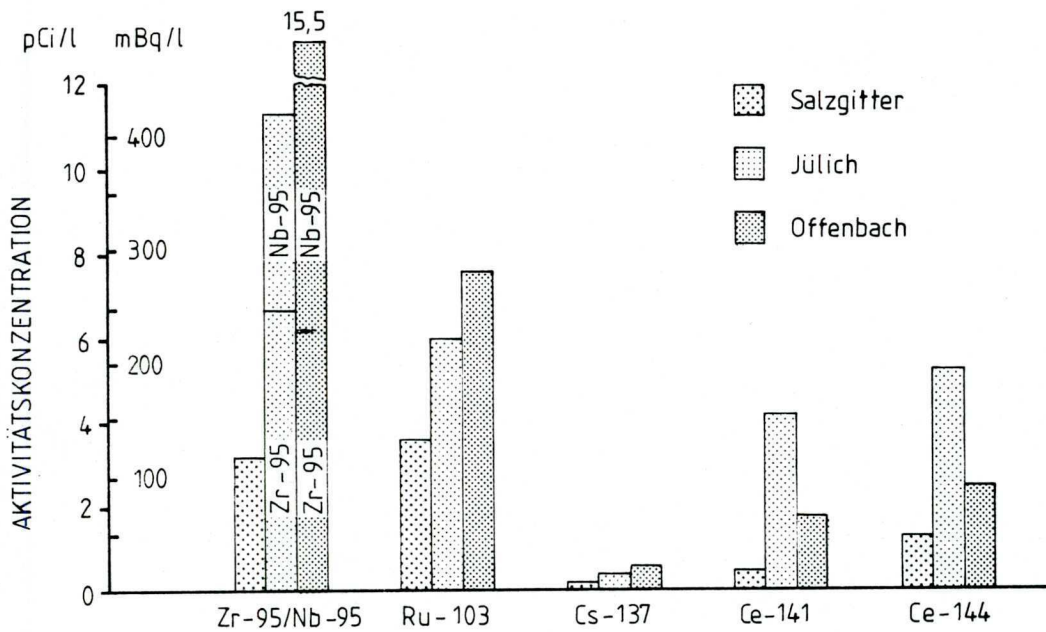
- / 8/ W. BECHTHOLD et. al: Kerntechnische Untersuchungen im Rahmen des Forschungsvorhabens "Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle" KfK-Bericht Nr. 3428, März 1983.
- / 9/ Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (Institut für Tieflagerung): Ergänzende Unterlagen zum Plan Endlager Schachtanlage Konrad, Messung der Radon- und Thoron-Aktivitätskonzentration in den Grubenwettern, München, Mai 1984.
- /10/ Denkhorst, W., et. al.,  
Ergänzende Untersuchungen zum untertägigen Ausbreitungsverhalten von Aerosolen unter Berücksichtigung des Abwetterschachtes und großer Partikel. Endbericht 1984, Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Aerosolforschung, Hannover.
- /11/ Gesellschaft für Umweltüberwachung mbH, Beweissicherungsmaßnahmen, Schachtanlage Konrad, Abschlußbericht, Aldenhoven, Juli 1981.







Errechnete Jahresortsdosen an den 36 Meßpunkten (jeweils vier Meßkampagnen pro Meßort, vgl. Tab. 3.1.8.1.1 / 1)



Gegenüberstellung der Spaltproduktkonzentrationen im Niederschlag von Salzgitter, Jülich und Offenbach im 1. Quartal 1981.

Abb. 3.1.8.1.2/1

Radiologische Vorbelastung, Spaltproduktkonzentrationen im Niederschlag





## UNTERKAPITEL

- 3.1.9            Geologische, hydrologische und hydrogeologische Verhältnisse
- 3.1.9.1        Stratigraphie und Sedimentpetrographie
- 3.1.9.2        Strukturgeologie
- 3.1.9.3        Seismologische Verhältnisse und Lastannahmen
- 3.1.9.4        Lagerstätte
- 3.1.9.5        Hydrologie und Wasserwirtschaft
- 3.1.9.5.1      Abgrenzung der Abflußgebiete
- 3.1.9.5.2      Abflußverhältnisse
- 3.1.9.5.3      Grundwasserneubildung
- 3.1.9.5.4      Wassernutzung
- 3.1.9.6        Hydrogeologie
- 3.1.9.6.1      Einführung
- 3.1.9.6.2      Regionaler hydrogeologischer Bau und Abgrenzung des Bearbeitungsgebietes
- 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
- 3.1.9.6.6      Zusammenfassung der hydrogeologischen Gegebenheiten
- 3.1.9.7        Gebirgsmechanik



### 3.1.9 Geologische, hydrologische und hydrogeologische Verhältnisse

#### 3.1.9.1 Stratigraphie und Sedimentpetrographie

Die Beschreibung der Schichtenfolge berücksichtigt im Detaillierungsgrad die Bedeutung der Schichten für das Endlager:

- 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 und
- Zechstein.

Eine geologische Übersichtskarte der Region und ein schematisches Profil (stratigraphische Tabelle) der geologischen Schichten finden sich in Anlage 3.1.9.1/2. Einen Überblick über die in den Schächten Konrad 1 und Konrad 2 durchteuften Schichten gibt Abbildung 3.1.9.1/1.

Im folgenden werden die Schichten vom Liegenden zum Hangenden beschrieben:

Die ältesten in der Umgebung der Schachtanlage Konrad untersuchten Schichten gehören zum Zechstein. Sie kommen in den Salzstöcken Thiede, Broistedt, Vechelde, Flachstöckheim und in der Struktur des Salzgitter-Höhenzugs



vor sowie als Unterlage der mesozoischen Schichten im Gebiet zwischen den Salzstöcken.

Aufschlüsse des Zechstein gab es durch das bereits 1924 stillgelegte Bergwerk Thiederhall im Salzstock Thiede, das 1925 stillgelegte Bergwerk Friedrichroda im Salzstock Flachstökheim, den Schacht Bismarck im Salzgitter-Höhenzug und einige Bohrungen auf dem Salzstock Broistedt.

Nähere Aussagen über Mächtigkeiten und Ausbildung der Zechsteinschichten im Standortbereich können nicht gemacht werden, da nur sehr allgemein gehaltene Beschreibungen vorliegen /1/. Der einzige modern beschriebene Aufschluß liegt in der Schachtanlage Asse, ca. 15 km südöstlich der Schachtanlage Konrad. Durch den Bergbau wurden hier die Staßfurt-, Leine- und Aller-Serie erschlossen /2/. 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.

Die Schichten des Unteren bis Mittleren Buntsandstein sind in der Umgebung der Schachtanlage flächenhaft verbreitet. Sie fehlen lediglich dort, wo sie durch aufgedrungene Salze des Zechstein verdrängt wurden und in einem kleinen Bereich östlich von Cramme.

Die Schichten treten in großer Verbreitung im Kern des Salzgitter-Höhenzugs und in einem kleineren Vorkommen am Salzstock Thiede zu Tage. Bohraufschlüsse liegen von der Nordflanke des Salzstocks Broistedt vor.

Die Mächtigkeiten sind östlich der Immendorfer Störung mit bis zu 600 m am größten, sonst betragen sie meist ca. 300 m bis 400 m. Die geringsten Werte werden westlich der Immendorfer Störung angetroffen. Diese Hochlage

der Westscholle war östlich Barum so akzentuiert, daß hier die Schichten unter transgressivem Röt bis zur Basis erodiert wurden (Abb. 3.1.9.1/2). Es ist allenfalls möglich, daß die Einheit über der Diskordanz noch einige Meter der Sollingfolge umfaßt.

Der Untere Buntsandstein besteht aus roten und blaugrauen Tonmergeln mit Sand- und Kalksandsteinlagen und enthält karbonatische Rogensteinbänke. Die geringmächtigen Feinsandsteinlagen weisen Schrägschichtung auf. Auf den Schichtflächen zeigen sich vielfach Trockenrisse und Rippelmarken.

Der Mittlere Buntsandstein wird in die Volpriehausen-, Detfurth-, Hardeggen- und Solling-Folge unterteilt. Die Volpriehausen-Folge beginnt mit dem grobkörnigen Volpriehausen-Sandstein. Darüber folgen die Volpriehausen-Wechselfolge und das Haupt-Gervillienlager, bestehend aus tonig-sandigen Lagen im Wechsel mit Sandsteinbänken. Die Sandsteinbänke des mittleren Haupt-Gervillienlagers sind oolithisch-sandig ausgebildet. Die dreigeteilte Detfurth-Folge setzt sich aus der grobsandigen "Unterbank", einem vorwiegend tonigen "Zwischenmittel" und dem Sandstein der "Oberbank" zusammen. Mit einem basalen Sandstein setzt die ansonsten vorwiegend tonige Hardeggen-Folge ein. Die Solling-Folge transgrediert mit mächtigem Sandstein von Nordwest nach Südost über die Hardeggen-, Detfurth- und Volpriehausen-Folge.

Die Verbreitung von Oberem Buntsandstein bis Muschelkalk ist, abgesehen von den Salzstöcken und einigen zentralen Teilen des Salzgitter-Höhenzuges, vollständig.

Anstehende Schichten finden sich in weiter Verbreitung im Salzgitter-Höhenzug und lokal bei Thiede. Bohraufschlüsse liegen von der Nordflanke des Salzstocks Broistedt und vom Salzstock Thiede vor.



Die Mächtigkeiten betragen meist etwa 400 m bis 450 m.

Der Obere Buntsandstein (Röt) 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 einer Folge dünner, schwach mergeliger, flaserig-welliger Kalksteinlagen (Wellenkalk) zusammen. Darin enthalten sind markante Kalksteinbänke (Oolithbank, Terebratelbänke und Schaumkalkbänke). Im Mittleren Muschelkalk kommen neben klastischen und karbonatischen Gesteinen Anhydrit, Gips und Steinsalz vor. Aufgrund paläogeographischer Erkenntnisse aus Nachbargebieten, z. B. /3, 4/, ist damit zu rechnen, daß im Mittleren Muschelkalk ein fast 100 m mächtiges Steinsalzlager vorhanden ist. Ausgenommen hiervon sind lediglich einige Bereiche mit Hochlagen (z. B. am Salzstock Thiede), bzw. solche, die in der erdgeschichtlichen Vergangenheit einmal Hochlagen waren (z. B. an den Flanken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde, die zum ehemals dort vorhandenen Salzkissen gehören). Im Oberen Muschelkalk ist die Faziesentwicklung wieder normalmarin. Dies kennzeichnen die bankigen Kalksteine der Encrinus-Schichten (Trochitenkalk) und der hangenden Kalkstein-Tonstein-Wechselfolge der Ceratiten-Schichten.

Für die Verbreitung des Keuper gilt das über Oberen Buntsandstein bis Muschelkalk Gesagte.

Anstehender Keuper findet sich im Salzgitter-Höhenzug und in einem kleinen Vorkommen bei Thiede. Bohraufschlüsse gibt es an der Nordflanke des Salzstocks Broistedt und an der Struktur Thiede, wo auch der Schacht Thiede 3 Keuper durchteuft hat.



Die Verteilung der Mächtigkeiten zeigt eine starke Differenzierung. Mit etwa 760 m werden die größten Mächtigkeiten auf der Westscholle der Immendorfer Störung angetroffen, die kleinsten Werte betragen dagegen ca. 200 m. Sie kommen an den Flanken der Salzstöcke Vechelde und Broistedt vor und weisen auf ein dort kräftig entwickeltes Salzkissen hin. Im übrigen beträgt die Mächtigkeit des Keuper in weiten Bereichen etwa 400 m.

Die Fazies des Unteren Keuper (Lettenkohlenkeuper) zeigt eine regressive, brackisch-lagunäre bis fluviatil-limnische Entwicklung mit Fein- bis Mittelsandsteinen. Der Mittlere Keuper (Gipskeuper) ist marin beeinflusst. Die Sedimente entstanden auf einem flachen Schelf. Schichten des Mittleren Keuper streichen am Nordosthang des Thieder Lindenberg's zutage aus. Dabei handelt es sich vorwiegend um grün-graue, graue und violette Mergel. Im Mittleren Gipskeuper treten in der fluviatil-kontinentalen Fazies lokal Wechselfolgen von dünnen Sand- und Tonsteinlagen auf. Im Oberen Keuper (Rhät) folgen weitere Ton-Sandstein-Wechselfolgen, jedoch nehmen die marinen Einflüsse zu. Das Rhät wird in vorwiegend toniges Unterrhät, sandsteinführendes Mittelrhät und wieder vorwiegend toniges Oberrhät gegliedert /5/. Im Unterrhät herrscht marin-brackische, z. T. limnische Fazies vor. Der stärkste marine Einfluß deutet sich im Mittelrhät an. Dagegen liegt im Oberrhät eine regressive Fazies vor.

Auch der Lias (hier nur Hettangium bis Untertoarcium) ist ähnlich verbreitet wie Oberer Buntsandstein bis Muschelkalk. Kleinere Unterschiede ergeben sich an den Salzstöcken. So ist die Verbreitung an den Flanken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde etwas geringer, in der Überdeckung des Salzstocks Thiede dagegen etwas größer, ferner fehlt Lias in zentralen Teilen des Salzgitter-Höhenzugs.

Die Schichten des Lias stehen lediglich an den Flanken des Salzgitter-Höhenzugs in größerer Verbreitung an. Sie sind jedoch in erheblichem Umfang unter der auflagernden Unterkreide gekappt und stellenweise sogar vollständig erodiert. Bohrungen wurden meist nach Erreichen des Lias eingestellt, so daß insgesamt wenig Informationen vorliegen.

Die Mächtigkeitsverteilung ähnelt der des Keuper. Während die Mächtigkeiten in der Nähe des Salzstocks Thiede und auf der Westscholle der Immendorfer Störung um 400 m betragen, sind sie in der Nähe der Salzstöcke Vechelde und Broistedt mit ca. 150 m bis 250 m deutlich geringer.

Mit Beginn des Lias dehnt sich das epikontinentale Meer nach Süden und Südosten aus und greift dabei mit vorwiegend tonigen Schichten auf das Harzvorland über. Die Artenvielfalt und Häufigkeit von Ammoniten und Belemniten belegen die Verbindung mit dem offenen Meer. Im Hettangium treten noch Wechsel von vollmarinen und terrigenen Sedimenten auf. Diese beinhalten tonflaserige und karbonatische Sandsteinbänke. Das Sinemurium ist vollmarin in toniger Fazies entwickelt. Gelegentlich kommen kalkige Bänke vor. Im Sinemurium und Unterpliensbachium kam es im nördlichen Harzvorland zur Entstehung von Eisenoolitherzen, Kalk- und Kalkoolithgesteinen /6, 7, 8/. Das Oberpliensbachium baut sich aus schluffreichen Tonsteinen mit wechselnden Kalkgehalten auf. Die Sedimente des Untertoarcium bestehen aus bituminösen Ton- und Mergelsteinen, den sogenannten Posidonien-schiefern. In diesen finden sich lagig angeordnete karbonatische Geoden und fossilreiche Kalkbänke. In der vorgefundenen Fauna fehlen die benthonischen "Schlammfresser". Dies bedeutet, daß die Sedimentation am Boden eines schlecht durchlüfteten Beckens unter anoxischen Bedingungen erfolgte /9/.



Der Dogger wird mit dem Obertoarcium zusammengefaßt. Wegen der Sandsteinführung des Unterbathonium, wird die Bearbeitung in den unteren Teil "Obertoarcium bis Bajocium" und den oberen Teil "Bathonium bis Callovium" getrennt.

Infolge verschiedener späterer Abtragungsvorgänge ist die Verbreitung von Obertoarcium bis Bajocium wesentlich kleiner als die der älteren Einheiten. Die Schichten fehlen an den Flanken der Strukturen Thiede, Vechelde und Broistedt und im Bereich des Salzgitter-Höhenzugs weitgehend, d. h. die Verbreitung ist vorwiegend auf das Gebiet zwischen den Strukturen beschränkt. Unter dem Endlager ist mit einer flächenhaften Verbreitung der Schichten zu rechnen.

Nur in kleinen Teilen des Salzgitter-Höhenzugs stehen die Schichten zu Tage an. Einige Bohraufschlüsse umfassen jeweils nur Abschnitte der Schichtenfolge.

Die Mächtigkeiten betragen in den Gebieten ohne spätere Abtragung meist 200 m bis 250 m. In Bereichen mit späteren Kappungen gehen sie zurück bis zum vollständigen Ausbeißen. Im Ausbißbereich an den Flanken der Salzstrukturen Broistedt und Vechelde dürften schon primär geringe Mächtigkeiten vorgelegen haben, entsprechend der halokinetischen Position am Rande eines Salzkissens. In Annäherung an die Struktur Thiede gibt es dagegen keinen Hinweis auf primäres Ausdünnen.

Im Obertoarcium liegen über einem basalen organo-detritischen Konglomerathorizont schluffige und schwach kalkige Tonsteine. Im Aalenium setzt sich zunächst ohne Änderung der tonig-schluffigen Fazies die aus dem Lias bekannte Stillwassersedimentation fort. Im höheren Aalenium schalten sich Sandsteine ein, die als Erdölträger Explorationsziel entlang der Westflanke der Oderwaldstruktur zwischen Wolfenbüttel und Braunschweig waren.



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. Im Unterbajocium setzten sich die vorwiegend tonig-schluffig bis feinstsandigen Sedimente fort. Mittelbajocium wurde durch die Bohrungen Bleckenstedt 3 und Konrad 101 in mehr toniger Ausbildung nachgewiesen. Die tonig-schluffige Fazies reicht bis in die Oberen Parkinsonschichten des Oberbajocium. In dieser Zeit wurden von Nordosten her Deltasande geschüttet. In Tiefbohrungen am Ostrand des "Gifhorner Troges" wurde eine Oberbajocium-Transgression über Mittelbajocium festgestellt /10/. In der Bohrung Konrad 101 liegt höheres Oberbajocium transgressiv über tieferem Oberbajocium. Eine vergleichbare Schichtlücke existiert in der Gegend von Wendhausen am Hildesheimer Wald /7/.

Das Verbreitungsgebiet von Bathonium bis Callovium ist gegenüber dem des tieferen Dogger deutlich verlagert und verkleinert. Die geringere Ausdehnung im Osten und Süden ist durch Kappungen vor der Unterkreidetransgression bedingt. An den Flanken des Salzstocks Vechelde haben sich die Schichten dagegen transgressiv über tieferen Dogger und Lias bis an den Salzstock vorge-schoben (Abb. 3.1.9.1/3).

Die Schichten streichen nicht zu Tage aus. Die höheren Teile der Schichtenfolge sind in der Schachtanlage Konrad, besonders im Schacht Konrad 2 und seiner Umgebung, angefahren worden. Einen vollständigen Aufschluß hat die Bohrung Konrad 101 gebracht.

Die Mächtigkeiten sind im Norden am größten. Sie erreichen in der westlichen Randsenke des Salzstocks Vechelde ca. 500 m und in der östlichen ca. 400 m.

Diese Mächtigkeitsentwicklung wird als Äquivalent des Salzstockdurchbruchs angesehen. Nach Süden geht die Mächtigkeit bereits vor Einsetzen der Kappung auf Werte um 150 m und 100 m zurück.

Der Unterbathonium-Sandstein ("Cornbrash") ist in den Bohrungen Bleckenstedt 1, Vechelde 2 a und 4 sowie Konrad 101 nachgewiesen. Die Mächtigkeit nimmt nach Süden zur Bohrung Konrad 101 hin ab. Hier wurde ein karbonatischer Feinsandstein mit geringem Porenvolumen in einer Mächtigkeit von ca. 9 m erbohrt. Vor der Transgression des Oberbathonium wurden Mittelbathonium und die höheren Teile des Unterbathonium erodiert. Nach Westen hin transgrediert das Oberbathonium auf immer ältere Schichten, ca. 1 km östlich der Salzstruktur Vechelde-Broistedt wird der Unterbathonium-Sandstein gekappt. Das Oberbathonium ist sowohl im Schacht Konrad 2 als auch in der Bohrung Konrad 101 in tonig-schluffiger pyritreicher Fazies ausgebildet. An der Wende Bathonium/Callovium ist die Schichtenfolge lückenhaft.

Das marine Untercallovium transgrediert mit den tonig-schluffigen Macrocephalen-Schichten. Durch die Bohrung Konrad 101 wird für den Bereich der Grube Konrad die Calloviense-Zone des höheren Untercallovium nachgewiesen, die im Raum Hildesheim nach /7, 11, 12, 13/ fehlt. Das Mittelcallovium transgrediert mit schluffigen Tonsteinen der Jason-Zone. Darin sind pyritisierte Grab- und Wühlspuren sowie karbonatische Geoden zu beobachten. Das Sediment kam in einem flachen Becken mit geringer Wasserbewegung zum Absatz. Im höchsten Teil des Mittelcallovium bildet die Gryphäenbank einen Leithorizont. Sie weist auf stärker bewegtes Wasser hin. Das Obercallovium ist tonig-schluffig ausgebildet. Seine Mächtigkeit schwankt zwischen wenigen Dezimetern und 6 m.



Die Verbreitung des Malm ist noch wesentlich kleiner als die des Dogger. Das Vorkommen ist auf die Randsenken des Salzstocks Vechelde und in geringerem Ausmaß auf die des Salzstocks Broistedt beschränkt. Die Salzabwanderung im Untergrund bedingte die Ablagerung von Sedimenten großer Mächtigkeit und ihren Schutz vor Abtragung in der Zeit vor der Unterkreidetransgression.

Tagesaufschlüsse des Malm gibt es in der Umgebung der Schachtanlage Konrad nicht. Die Kenntnisse über die Schichten basieren auf Bohrungsaufschlüssen, den Schachtprofilen Konrad 1 und Konrad 2 sowie Stoßaufnahmen in den Strecken.

Die Gesamtmächtigkeit des Malm ist im Norden in der Nähe von Alvesse mit ca. 800 m am größten. Nach Süden nimmt sie ab, und bei Salzgitter-Hallendorf beißt der Malm unter der Unterkreidetransgression aus. In der westlichen Randsenke beträgt die Maximalmächtigkeit nur ca. 500 m.

Da der Malm die Endlagerformation Korallenoolith und ihr unmittelbar Hangendes enthält, wird er im folgenden entsprechend seiner Stufengliederung detailliert beschrieben.

Das Vorkommen des Oxford ist Teil des Randsenkensystems der Salzstöcke Vorhop, Gifhorn, Rolfsbüttel-Wendeburg, Vechelde und Broistedt. Es hat eine Längserstreckung in NNE-SSW-Richtung von knapp 60 km und bei Zusammenrechnung der östlichen und westlichen Randsenken und Abzug der Salzstockbreite eine Maximalbreite von ca. 14 km.

Näher zu betrachten ist der südöstlichste Abschnitt dieses Systems, in dem die Schachtanlage Konrad steht. Hier hat das Vorkommen des Oxford eine Breite von 3 700 m bis 4 000 m, wovon im Osten ein ca. 400 m bis 600 m breiter Streifen infolge Kappung vor der Unter-



kreidetransgression nicht mehr die volle Schichtenfolge umfaßt. Eine vergleichbare Kappung liegt auch im Süden und Südwesten vor.

Die Mächtigkeiten des Oxford sind von der Basis des Mittleren Korallenoolith aufwärts gut belegt. Über den unteren Teil der Folge liegen dagegen nur wenige Informationen aus Bohrungen vor. Aus einigen Grubenaufschlüssen ist zu entnehmen, daß gerade im Unteren Korallenoolith stärkere Mächtigkeitsschwankungen auftreten, die die Gesamtmächtigkeit durchaus beeinflussen. Ein Teufendifferenzplan zwischen Basis und Oberfläche des Oxford bildet in den nicht gekappten Bereichen, abgesehen von kleinen Verfälschungen infolge von Schrägstellungen, die Mächtigkeit des Oxford ab. Im Zentralgebiet beträgt sie generell über 150 m (Abb. 3.1.9.1/4). Zu den Rändern hin, nach Osten, Süden und Westen, erfolgt eine Abnahme, die sich auch in der Fazies widerspiegelt.

Unteroxford transgrediert mit schluffigen bis feinsandigen, bioturbaten Tonmergelsteinen bzw. verkieselten Kalken der Heersumer Schichten, zu denen auch die oolithischen Kalksteine des Trümmerkalk gehören. Die Heersumer Schichten umfassen noch den tieferen Teil des Mitteloxford. Der höhere Teil des Mitteloxford besteht aus den Fladentonsteinen des Unteren Korallenoolith.

Die Brauneisensedimentation des Oberoxford setzt mit dem Erzkalk ein, dem höheren Teil des Unteren Korallenoolith. Beim Vergleich der Bohrung Konrad 101 mit entsprechenden untertägigen Aufschlüssen wird deutlich, daß vor allem die Fladentonsteine und Teile der Erzkalkserie ausfallen können. Mit voranschreitender Einsenkung erweiterte sich der Sedimentationsraum. Der Mittlere Korallenoolith enthält zwei durch ein tonmergeliges Zwischenmittel getrennte Erzlager, das so-

genannte Untere und Obere Lager. Erzführung und Sedimentationsablauf sind im Kapitel 3.1.9.4 dargestellt. Der Obere Korallenoolith setzt sich aus dickbankigen festen oolithischen Kalken und einzelnen Tonmergelsteinlagen zusammen. Der Grenzhorizont zum Kimmeridge, die Humeralisschicht des Oberen Korallenoolith, ist im Bereich der Schachtanlage Konrad nicht vorhanden. Die Grenzziehung ist nicht lithologisch sondern nur mikropaläontologisch durchführbar.

Die Verbreitung des Kimmeridge ähnelt sehr der des Oxford. Sie ist jedoch geringer, so daß das Vorkommen im Südostabschnitt in der Umgebung der Schachtanlage eine Breite von etwa 3 200 m aufweist.

Die Maximalmächtigkeiten liegen mit etwa 300 m im Gebiet nördlich von Schacht Konrad 1, nach Süden erfolgt bis zum Einsetzen der Kappung eine Abnahme auf ca. 150 m.

Im Unterkimmeridge setzt sich zunächst die Ablagerung von marinen mikritischen Kalken und Tonmergelsteinen fort. Darüber folgt die Untere Anhydritserie mit mehreren 0,5 m bis 1 m mächtigen Anhydritbänken in Wechsellagerung mit rotbraunen, grünen und dunkelgrauen Tonmergeln. Im Übergangsbereich zum Mittelkimmeridge treten limnische Kalke auf. Die darüber folgende Obere Anhydritserie besteht aus geringmächtigen Anhydritbänken sowie Tonmergel-, Kalkmergel- und Kalkstein. Die beiden Anhydritserien wurden unter hypersalinaren Bedingungen abgelagert. Mit dem Übergang zum Oberkimmeridge endet hier die Sulfatsedimentation. Der Oberkimmeridge besteht aus Tonmergelsteinen mit wechselnden Kalkgehalten. Er fehlt vermutlich über dem Grubengebäude, ist jedoch durch die Bohrung Hüttenberg 1 im tieferen Teil der Randsenke nachgewiesen.



Die Verbreitung des Portland ist geringer als die der übrigen Stufen des Jura. Im Süden und Südwesten greift es jedoch etwas über das Verbreitungsgebiet des Kimmeridge hinaus. Die Breite des Vorkommens beträgt im Bereich der Schachtanlage Konrad etwa 2 000 m bis 2 800 m. Als Portland werden hier die Bereiche der Gigas-Schichten bis Münster-Mergel (Obermalm 1 bis 5) und des Serpulit (Obermalm 6) zusammengefaßt.

Infolge präkretazischer Kappung scheint die Schichtenfolge nirgends vollständig erhalten zu sein. Es sind daher nur Restmächtigkeiten zu betrachten, deren Maxima mit etwa 350 m im Norden liegen.

Durch das Aufleben der im Kimmeridge zeitweilig unterbrochenen Verbindung des Niedersächsischen Beckens mit dem süddeutschen Malmmeer über die Hessische Straße treten erneut marine Verhältnisse ein /14/. Die Gigas-Schichten bestehen im Untersuchungsraum aus hellen Kalksteinen und Kalkmergelsteinen. Die Münster-Mergel bestehen aus rotbraunen bis grüngrauen gefleckten Tonmergelsteinen, denen im Mittleren Münster-Mergel am Schacht Konrad 1 Kalkoolithe, Schillkalke und Kalksandsteine eingeschaltet sind /15/. Mit dem über dem Münster-Mergel folgenden Serpulit, der im wesentlichen aus Kalkabscheidungen von Würmern besteht, endet das Portland.

Die Unterkreide wird in zwei Abschnitten beschrieben. Der tiefere Abschnitt umfaßt Wealden bis Apt, der höhere das Alb.

Vom tieferen Abschnitt sind Wealden und Valangin nur lokal vorhanden, vor allem im Westen der Salzstöcke Vechelde und Broistedt. Erst das Hauterive breitet sich transgressiv im Gesamtgebiet aus und ist ebenso wie Barrême und Oberapt flächenhaft verbreitet. Ausgenommen



sind lediglich die höher herausgehobenen Salzstöcke Broistedt und Vechelde, Teile des Salzstocks Thiede und der Salzgitter-Höhenzug. Die Abfolge ist jedoch nicht vollständig. Viele Bohrungen belegen eine Schichtlücke an der Grenze Mittel-/Oberbarrême und das Fehlen des gesamten Unterapt.

Aufschlüsse für den tieferen Abschnitt der Unterkreide finden sich an den Flanken des Salzgitter-Höhenzugs, wo einst die Eisenerze der Unterkreide über und unter Tage abgebaut wurden. Weitere Aufschlüsse wurden durch die Schächte Konrad 1 und Konrad 2, Thiede 2 und Thiede 3 sowie zahlreiche Bohrungen geschaffen.

Ein Teufendifferenzplan zwischen Basis und Oberfläche dieser Schichten (Abb. 3.1.9.1/5) bildet die Mächtigkeiten der Schichten recht gut ab. Lediglich die Steilstellungen am Nord- und Ostrand des Salzstocks Broistedt täuschen zu große Werte vor. Im Bereich der Schachanlage Konrad bildet sich der Konrad-Graben (Kap. 3.1.9.2) durch deutlich größere Mächtigkeiten ab. Während im Graben die Mächtigkeiten zwischen etwa 250 m und 450 m liegen, betragen sie in den angrenzenden Bereichen der Hochschollen im Norden und Süden etwa 150 m bis 350 m. Mächtigkeiten um 600 m finden sich bei Lengede nördlich des Salzstocks Broistedt in weiter Verbreitung sowie östlich des Salzstocks in einem eng begrenzten Bereich. Hier wurde in der Bohrung Engelnstedt 1 flache Lagerung angetroffen, während in Engelnstedt 2 unter dem Überhang des Salzstocks der obere Teil der Schichtenfolge steil aufgerichtet ist.

Im Wealden wurden in der westlichen Randsenke der Salzstöcke Vechelde und Broistedt in größerer Mächtigkeit feinkörnige Sandsteine mit Pflanzenresten (limnische Fuhse-Fazies) abgelagert. Östlich der Salzstöcke kommt Wealden nur in den Bohrungen Engelnstedt 1, Broistedt 34

und Gebhardshagen 3 sowie von der Bohrung Wedtlenstedt 3 an nach Norden vor. Die Revision der übrigen Bohrungen mit als Wealden angesprochenen Schichten ergab, daß diese Schichten als Münder-Mergel, Serpulit bzw. Unterhauterive einzustufen sind.

Im Valangin wurden von Südwesten her geringmächtige mittel- bis grobkörnige marine Sande abgelagert (Bohrungen Engelnstedt 1 und Broistedt 34). Die Bohrung Watenstedt 1 führt nur toniges Obervalangin. Weiter nach Norden und Osten, also auch im Deckgebirge der Schachtanlage Konrad, fehlt Valangin. Erst nördlich der Bohrung Bortfeld Erz 3 setzt tonig-sandiges Valangin wieder ein.

Die Transgression des Unterhauterive wird durch lokal auftretende dünne Lagen von Geröllen, glaukonitischen Sanden oder Anreicherungen von Brauneisenooïden (Bohrung Konrad 101) belegt. Darüber folgen Tonsteine und Tonmergelsteine mit geringmächtigen karbonatischen Bänken. Von Westen nach Osten nimmt die Unterhauterive-Mächtigkeit bis zum Auskeilen bei Thiede stetig ab. Im Oberhauterive dehnt sich das Meer noch weiter aus. Es werden eintönige Folgen von mächtigen Ton- und Tonmergelsteinen gebildet. Der Massenanteil der Tonminerale liegt bei ca. 40 % bis 55 %, der Karbonatgehalt reicht von ca. 15 % bis 30 %. In den höheren Partien treten Schluffgehalte bis ca. 40 % auf. Die Hangendgrenze des Oberhauterive, die "Untere Thieder Steinmergelbank" /16/ ist mit der Bohrung Konrad 101 bestätigt worden.

Das Barrême besteht aus marinen Ton- und Tonmergelsteinen mit erheblichen Gehalten an organischem Material. Im Unterbarrême wurden vorwiegend Blättertone (Schwarzschiefer) mit ca. 4 % organischem Kohlenstoff (C-org) abgelagert /17/. Auch im Mittelbarrême hält die Sedimentation von Blättertonen an /18, 19/, die Gehalte an C-org nehmen jedoch ab. Die Tonsteine enthalten mehr



als 60 % Tonminerale, ca. 20 % Schluff und Feinsand, weniger als 5 % Karbonat, sowie reichlich Pyrit und etwas Glaukonit. Über unterschiedlich stark gekapptem Mittelbarrême liegt Oberbarrême mit Ton- und Tonmergelsteinen, die an der Basis dünne Feinsandlagen enthalten.

Die "Fischschiefer" des Unterapt erinnern mit ihrem Gehalt an C-org an die Blättertone des Unter- und Mittelbarrême. Unterapt ist nur südöstlich der Schachtanlage Konrad in der Tongrube Fümmelse und am Heidberg bei Adersheim nachgewiesen. Infolge der lückenhaften Verbreitung des Unterapt transgrediert Mittelapt vorwiegend über Oberbarrême. Die Tonmergel- und Tonsteine des Mittel- und Oberapt weisen im allgemeinen 45 % bis 60 % Tonminerale, 12 % bis 35 % Quarz, mehr als 10 % Karbonat und ca. 5 % Pyrit auf. In einzelnen Lagen ist Glaukonit angereichert. Vom Schacht Konrad 1 über Schacht Konrad 2 nimmt in Richtung auf die Bohrung Konrad 101 der Tonanteil von 60 % auf 45 % ab und der Quarzanteil von 12 % auf 35 % zu. Dadurch deutet sich die Nähe des Beckenrandes an. In der Bohrung Konrad 101 wurden mehrere Tuffhorizonte nachgewiesen, die wahrscheinlich den Tuffen aus dem Apt von Sarstedt /20/ entsprechen.

Das Alb ist ebenfalls in den Gebieten zwischen den Strukturen flächenhaft verbreitet. In den Bereichen der strukturellen Hochlagen sind jedoch im Vergleich zur Verbreitung der tieferen Unterkreide einige Unterschiede festzustellen. Im Bereich des Salzstocks Thiede ist infolge Heraushebung und Abtragung die Verbreitung des Alb geringer. Der Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Vechelde und Broistedt sowie Teile des Salzstocks Vechelde sind von Alb überdeckt; über dem Salzstock Broistedt und im Salzgitter-Höhenzug fehlt es dagegen.



Anstehend und mehr oder weniger aufgeschlossen ist das Alb an den tiefen Flanken des Salzgitter-Höhenzugs und in einigen Randbereichen der Struktur Thiede, so östlich von Adersheim, bei Salzgitter-Thiede, südlich und nördlich von Geitelde und südlich von Braunschweig-Broitzem. Weitere Ausstriche finden sich südlich und nordöstlich von Salzgitter-Engelnstedt an den Flanken der Salzstöcke Broistedt und Vechelde. Schließlich sind noch die Aufschlüsse durch die Schächte Konrad 1 und Konrad 2 und zahlreiche Bohrungen zu nennen.

Der Teufendifferenzplan zwischen Basis und Oberfläche des Alb (Abb. 3.1.9.1/6) zeigt die Schichtmächtigkeiten. Nur an der Nord- und der Ostflanke des Salzstocks Broistedt werden durch Steilstellung der Schichten wesentlich zu große Mächtigkeiten vorgetäuscht.

Über dem Grubengebäude Konrad beträgt die Mächtigkeit des Alb etwa 200 m bis 300 m. Betrachtet man das Gesamtgebiet zwischen den Strukturen Thiede und Vechelde - Broistedt, liegt die Mächtigkeit zwischen etwa 100 m und 450 m. Wenig mehr als 450 m betragen auch die größten Mächtigkeiten in den Randsenken südlich des Salzstocks Broistedt und nördlich bzw. westlich der Salzstöcke Broistedt und Vechelde. Kleinere Mächtigkeiten als ca. 100 m kommen nur dort vor, wo ein Teil der Schichten wieder abgetragen wurde.

Das Unteralb beginnt mit dem durch Glaukonit grün gefärbten Hilssandstein, einem marinen Flachwassersediment, das im Zuge der Unteralbtransgression von einem Delta aus in eine durch Oberaptsedimente gebildete Gezeitenebene (Watt) geschüttet wurde.

Verbreitung und Mächtigkeit des Sandsteins gehen aus Abbildung 3.1.9.1/6 hervor. Nördlich der Verbreitungsgrenze wurden zur gleichen Zeit schluffige Tone abge-

lagert. Über dem Hilssandstein folgen mit scharfer Grenze schluffige bis feinsandige, bioturbate Tonsteine mit ca. 20 % an quellfähigen Tonmineralen. Das Mittelalb transgrediert mit einer geringmächtigen, tonflaserigen, glaukonitischen Sandschüttung. Über ihr folgt der Minimus-Ton mit ca. 55 % Tonmineralen und ca. 20 % Quarz. Der Massenanteil quellfähiger Tonminerale im Gestein beträgt etwa 27 %. Die Flammenmergel des Oberalb liegen konkordant über Mittelalb. Es sind schluffige bis feinsandige, unterschiedlich stark verkieselte Mergelsteine und Mergeltonsteine. Die vor allem in den höheren Lagen auftretende Verkieselung ist auf die Anreicherung von Kieselschwammnadeln zurückzuführen /21/.

Die Verbreitung der Oberkreide ist etwas geringer als die des Alb. Vertreten sind die Stufen Cenoman, Turon, Coniac und Santon ("Emscher-Mergel"). Die höheren Stufen fehlen. Die genannten Stufen sind durch Hebungen und Abtragungen teils noch in jüngerer Zeit reduziert worden.

Das Gebiet zwischen den Strukturen Thiede, Broistedt - Vechelde und dem Salzgitter-Höhenzug weist eine zusammenhängende Bedeckung von Oberkreide auf. Frei von Oberkreide sind der Salzgitter-Höhenzug, die Struktur Thiede einschließlich ihrer Flankenbereiche, die Salzstöcke Broistedt und Vechelde und ihre unmittelbare Umgebung. Der Übergangsbereich zwischen den Salzstöcken Broistedt und Vechelde hat dagegen eine Oberkreideüberdeckung.

Da Ablagerungen des Tertiär im Verbreitungsgebiet der Oberkreide fehlen, stehen die Schichten der Oberkreide teils unmittelbar zu Tage an, teils sind sie durch eine geringmächtige Quartärauflage verdeckt. Auffällig im Gelände sind die Erhebungen, die von den relativ ero-



sionsresistenten Kalkgesteinen des Obercenoman und Unterturon gebildet werden, so besonders im Bereich Broitzem, Geitelde und Salzgitter-Thiede.

Von der Oberkreide sind nur Restmächtigkeiten zu betrachten. Sie betragen zwischen den Strukturen Thiede und Broistedt - Vechelde 0 m bis etwa 400 m, wobei im Nordabschnitt das Maximum näher bei der Struktur Thiede, im Süden nahe beim Salzstock Broistedt liegt.

In den Randsenken um den Salzstock Broistedt werden noch größere Mächtigkeiten erreicht, so im Norden bei Broistedt ca. 500 m, im Süden bei Salzgitter-Bruchmachersen ca. 1.000 m sowie bei Salzgitter-Salder und nördlich von Salzgitter-Gebhardshagen ca. 800 m. Das Mächtigkeitsmaximum südlich des Salzstocks Broistedt ist polygenetisch bedingt, denn es leitet von der Salzstockrandsenke in einen Randtrog vor dem Schollenrand des Salzgitter-Höhenzugs über.

Das Untercentoman besteht an der Basis aus glaukonitischen "Tonsteinen" (ca. 60 % Tonminerale), darüber liegen zunehmend kalkigere Gesteine. Nahe der Hangend- und Liegendgrenze des Untercentoman treten Smektitgehalte von ca. 20 % in dünnen Mergelsteinlagen auf, die möglicherweise als umgebildete Tuffe anzusprechen sind. Das Mittelcentoman besteht aus grüngrauen und grauen Kalkmergelsteinen, das Obercentoman aus weißen Kalksteinen.

Unter Kappung der höheren Partien des Obercentoman transgrediert Unterturon in mehreren Phasen. Über der Aufarbeitungsbrekzie im Bereich der Plenus-Bank folgen knollige und flaserige graue Kalkmergel- und Kalksteine. Die überlagernden Rotpläner bestehen aus blaßroten Kalksteinen und braunroten Mergelsteinlagen. Im Mittelturon hält die Rotfärbung der flaserigen und plattigen, unterschiedlich mächtigen Kalksteinbänke noch an.



Darüber folgen helle Kalksteine und Kalkmergelsteine (Weißpläner). Im hohen Mittelturon tritt eine über weite Entfernungen verfolgbare Mergelsteinlage mit 15 % Smektit auf /22, 23/. Das Oberturon besteht aus grauweißen, plattigen Kalksteinen, in die sich geringmächtige, dunklere Mergelsteinlagen einschalten. Die klüftigen Kalksteine weisen sowohl horizontal als auch vertikal verlaufende Stylolithen auf. Auch im Oberturon kommen Tuffe bzw. Tuffite vor.

Die infolge Heraushebung und Erosion nur lückenhaft verbreiteten Schichten des Coniac und Santon sind nur im Norden, Süden und Südwesten der Schachtanlage Konrad in größerer Mächtigkeit erhalten (Kap. 3.1.10.3). Die Schichten des Coniac bestehen aus Kalkstein-Mergelkalkstein-Wechselfolgen, an deren Basis Feuersteinknollen auftreten. Das Santon liegt mit glaukonitischen, sandigen Mergelsteinen transgressiv vorwiegend über Turon. Coniac war vielfach bereits erodiert. Westlich der Struktur Vechelde - Broistedt entstanden im Unter- und Mittelsanton Trümmereisenerze. Darüber folgen Trümmerkalk-, Kalkmergel- und Mergelsteine.

Ablagerungen des Tertiär kommen über dem Salzstock Broistedt in einer Subrosionssenke vor. Sie gehören ins Alttertiär (etwa Oligozän) /24/. Ihre Mächtigkeit in Bohrungen wird mit ca. 50 m angegeben. Die Schichten setzen sich aus Kalksandstein und tonigschluffigen bis feinsandigen Gesteinen zusammen.

Erwähnt werden soll hier ein in /25/ beschriebenes Vorkommen von Basalt im Hutgestein des Salzstocks Rolfsbüttel-Wendeburg etwa 24 km nördlich der Schachtanlage Konrad, das in /26/, ohne daß eine Altersbestimmung vorlag, ins Tertiär gestellt wurde. Das Vorkommen ist zweifelhaft, da sich in den Schichtenverzeichnissen der in /25/ zitierten Bohrungen kein Hinweis auf Basalt findet. Magnetische Messungen in diesem Gebiet weisen auf einen

etwa Nord-Süd-streichenden Störkörper hin, dessen Oberfläche in einer Teufe von ca. 35 m bis 75 m liegen sollte /27/. 1985 wurden von der BGR im Zentrum der magnetischen Anomalie drei Bohrungen niedergebracht. Sie ergaben bis zur Endteufe von über 90 m keinen Hinweis auf Basalt. Unter mehr als 90 m Quartär wurden gelbliche Mergel vermutlich tertiären Alters erbohrt.

Die geringsten Quartärmächtigkeiten liegen auf den topographischen Erhebungen; sie tragen in der Regel nur eine geringe Quartärbedeckung von wenigen Dezimetern bis Metern. In den tieferliegenden, schwach welligen Landschaftsteilen mit durchschnittlich 10 m bis 20 m Quartärbedeckung findet sich ein System von Rinnen. Die Rinnenfüllungen weisen mit bis über 100 m (westlich Fömmelse und östlich Salzgitter-Lebenstedt) erheblich größere Mächtigkeiten als im Restgebiet auf (Anlage 3.1.9.1/1). Das heutige Gewässernetz zeichnet teilweise den Verlauf dieser Rinnen nach.

Die stärksten Eintiefungen und damit größten Sedimentmächtigkeiten werden über den Salzstrukturen Broistedt - Vechelde und Thiede erreicht. Ursache hierfür ist eine quartärzeitliche Ablaugung der Salzstöcke und die Ausbildung von Subrosionssenken.

Der Schacht Konrad 2 liegt am Schnittpunkt zweier Rinnen mit durchschnittlichen Quartärmächtigkeiten von 30 m bis 50 m. Eine Rinne erstreckt sich, südost-nordweststreichend von Salzgitter-Drütte bis zum Zweigkanal Salzgitter, die andere verläuft in Süd-Nord Richtung vom Werk Salzgitter der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG bis Groß Gleidingen. Dort knickt sie nach Westen in Richtung auf die Subrosionssenke über dem Salzstock Vechelde ab. Bei Schacht Konrad 1 und in seiner Umgebung ist das Quartär weniger als 5 m mächtig.



An Lockergesteinstypen sind im Standortbereich verbreitet

- fluviatile und glazifluviatile Sande und Kiese,
- Geschiebemergel und -lehme,
- Tone und Schluffe (kaltzeitliche Beckensedimente) und
- Löß und Lößlehm, Auelehm sowie Niedermoortorf.

Die quartären Sedimente zeichnen sich durch starke laterale und vertikale Wechsel aus. Nur Löß und Lößlehm sowie Geschiebemergel sind als dünne Deckschichten flächenhaft verbreitet.

Eine stratigraphisch eindeutige Zuordnung dieser Lockergesteine ist in vielen Fällen nicht möglich. Zum einen fehlen Ablagerungen der Holstein- und Eem-Warmzeit, zum anderen lassen sich die Kiesanalysen nicht mit anderen Kiesuntersuchungen der weiteren Umgebung korrelieren.

So können Ablagerungen der Elster-Kaltzeit, die in der weiteren Umgebung als älteste Quartäreinheit vereinzelt nachgewiesen wurden, im Standortbereich nicht zweifelsfrei belegt werden. Beckenschluffe und -tone sowie kiesige Sande mit nordisch geprägtem Kiesspektrum an der Basis des Quartär sind möglicherweise elsterzeitliche Bildungen.

Sedimente der Holstein-Warmzeit wurden nicht nachgewiesen.

Ablagerungen, die vermutlich der Saale-Kaltzeit zugehören, sind weit verbreitet. Die Grenze zwischen möglicherweise vorhandenen elsterzeitlichen und saalezeitlichen Sedimenten konnte nicht zweifelsfrei ermittelt werden. Vom Liegenden zum Hangenden folgen (generalisiertes Quartärprofil)



- kiesige Sande mit nordisch geprägtem Kiesspektrum, z. T. an der Quartärbasis durch Lokalkomponenten überprägt,
- Zwischenlagen von Beckenschluffen und Tonen (möglicherweise Elsterkaltzeit),
- Sande und Kiese mit vorwiegend einheimischem Kiesanteil, darin wenige Grauwacken und Tonschiefer, hoher Milchquarzanteil,
- Geschiebemergel mit nordisch geprägtem Kiesspektrum, wahrscheinlich drenthezeitlich und
- Sande und Kiese mit dominierendem einheimischen Kiesanteil, hoher Anteil an Grauwacke und Tonschiefer, stratigraphisch äquivalent sind Beckenschluffe.

Löß und Lößlehm der Weichsel-Kaltzeit bedecken weite Teile des Standortbereichs.

In den Fluß- und Bachniederungen stehen geringmächtige, holozäne Niedermoortorfe und Auelehme an.

Literaturverzeichnis

- / 1/ KÜHNE, F. (1932): Erläuterungen zu Blatt 2093, Barum (jetzt Blatt 3828, Lebenstedt-Ost). - Geol. Kt. von Preußen 1 : 25000: 53 S.; Berlin.
  
- / 2/ ESSAID, S. & KLARR, K. (1982): Zum Innenaufbau der Salzstruktur Asse. - Z. dt. geol. Ges., 133: 135 - 154, 2 Abb., 1 Tab.; Hannover.
  
- / 3/ ROLL, A. (1971): Der Salzstock von Mölme und seine Umgebung. - Beih. geol. Jb., 117: 109 S., 65 Abb., 2 Tab., 2 Taf.; Hannover.
  
- / 4/ PHILIPP, W. (1960): Zechstein und Buntsandstein in Tiefbohrungen zwischen Harz und Lüneburger Heide. - Geol. Jb., 77: 711 - 740, 7 Abb., 3 Tab.; Hannover.
  
- / 5/ SCHOTT, W. & JARITZ, W. & KOCKEL, F. & SAMES, C.-W. & STACKEL- BERG, U. v. & STETS, J. & STOPPEL, D. (1969): Paläogeographischer Atlas der Unterkreide von Nordwestdeutschland. - Erl. Paläogeograph. Atlas Unterkreide NW-Deutschland: 315 S., 18 Abb.; Hannover (Bundesanstalt für Bodenforschung).
  
- / 6/ FINKENWIRTH, A. (1964): Das Eisenerz des Lias  $\gamma$  am Kahlberg bei Echte und der Weißjura in Südhannover usw. - Beih. geol. Jb., 56: 131 S., 25 Abb., 2 Tab., 12 Taf.; Hannover.
  
- / 7/ VINKEN, R. (1971): Erläuterungen zu Blatt 3826, Dingelbe (Schellerten) - Geol. Kt. Niedersachsen 1: 25000: 225 S., 31 Abb., 23 Tab., 1 Taf., 2 Ktn.; Hannover.

- / 8/ HOFFMANN, K. (1982): Die Stratigraphie, Paläontologie und Ammonitenführung des Unter-Pliensbachium (Carixium, Lias gamma) in Nordwest-Deutschland. - Geol. Jb., A 55: 3 - 439, 32 Abb., 3 Tab., 40 Taf.; Hannover.
- / 9/ HOFFMANN, K. (1966): Die Stratigraphie der bituminösen Fazies des nord-westdeutschen Oberlias (Toarcium). - Beih. geol. Jb., 58: 443 - 498, 4 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.
- /10/ MÖCKEL, C. (1982): Dogger-Epsilon-Transgression im Niedersächsischen Becken. - Diss. TU Clausthal: 104 S., 20 Abb., 14 Taf., 18 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- /11/ LUTZE, G. F. (1960): Zur Stratigraphie und Paläontologie des Callovien und Oxfordien in Nordwest-Deutschland. - Geol. Jb., 77: 391 - 532, 21 Taf., 20 Abb.; Hannover.
- /12/ LUTZE, G. F. (1967): Ein Emersionshorizont im Bathonium von Hildesheim. - Senck. leth., 48 (6): 535 - 548, 23 Abb.; Frankfurt.
- /13/ WESTERMANN, G. (1958): Ammoniten-Fauna und Stratigraphie des Bathonien NW-Deutschlands. - Beih. geol. Jb., 32: 103 S., 49 Taf., 9 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- /14/ HERRMANN, A., et al. (1971): Die Asphaltkalk-Lagerstätte bei Holzen/Ith auf der Südwestflanke der Hils-Mulde. - Beih. geol. Jb., 95: 125 S., 9 Abb., 16 Tab., 15 Taf.; Hannover.



- /15/ KOLBE, H. (1975): Schichtenfolge im Oberjura-Eisenerz-Aufschlußgebiet der Schachtanlage Konrad der Salzgitter Erzbergbau A.G. - Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 44: 161 - 193, 6 Abb., 1 Taf.; Hamburg.
  
- /16/ STOLLEY, E. (1908): Über alte und neue Aufschlüsse und Profile in der unteren Kreide Braunschweigs und Hannovers. - Jber. Ver. Naturwiss. Braunschweig, 15: 1 - 44; Braunschweig.
  
- /17/ 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.
  
- /18/ ČEPEK, P. & KEMPER, E. (1981): Der Blätterton des nordwestdeutschen Barreme und die Bedeutung des Nannoplanktons für die fein laminierten, anoxisch entstandenen Gesteine. - Geol. Jb., A 58: 3 - 13, 2 Taf.; Hannover.
  
- /19/ KEMPER, E. & ZIMMERLE, W. (1978): Die anoxischen Sedimente der präoberaptischen Unterkreide NW-Deutschland und ihr paläogeographischer Rahmen. - Geol. Jb., A 45: 3 - 41, 2 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Hannover.
  
- /20/ 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.; Hannover.

- /21/ JORDAN, H. (1968): Zur Altersstellung und Gliederung des Flammenmergels (Oberalb) im Sackwald. - Geol. Jb., 85: 55 - 66, 1 Abb.; Hannover.
  
- /22/ SEIBERTZ, E. & VORTISCH, W. (1979): Zur Stratigraphie, Petrologie und Genese einer Bentonitlage aus dem oberen Mittel-Turon (Oberkreide) des südöstlichen Münsterlandes. - Geol. Rdsch., 68 (2): 649 - 679, 17 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
  
- /23/ KELLER, S. (1981): Die Oberkreide der Sackmulde bei Alfeld (Cenoman bis Unter-Coniac) - Lithologie, Biostratigraphie und Inoceramen. - Geol. Jb., A 64: 3 - 171, 61 Abb., 2 Tab., 8 Taf.; Hannover.
  
- /24/ PREUL, F. (1968): Die Subrosion am Salzstock von Salzgitter-Lebenstedt. - Geol. Jb., 85: 809 - 816, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
  
- /25/ HARBORT, E. (1910): Zur Geologie der nordhannoverschen Salzhorste. (Vortrag) - Z. dt. geol. Ges., 62 (1), 326 - 341; Berlin.
  
- /26/ DORN, P. (1957): Der junge Vulkanismus im Braunschweiger Raum. - Geol. Jb., 74: 105 - 116, 1 Abb.; Hannover.
  
- /27/ NAUWALD, K.-H. & HUNSCHE, U. (1975): Geomagnetische Messungen am Basaltvorkommen des Salzstocks von Rolfsbüttel. - GAMMA, 27: 18 S.; Braunschweig (Inst. f. Geophysik u. Meteorologie TU Braunschweig).

Erläuterung zu geologischen Profilen

Die Lage der Profile ist in allen Tiefenlinien- und Teufendifferenzplänen dargestellt (Abb. 3.1.9.1/4).

Erläuterung zu Tiefenlinien- und Teufendifferenzplänen

Abkürzungen der Namen von Bohrungen und Schächten

-----

|      |                 |
|------|-----------------|
| Av.  | Alvesse         |
| Bk.  | Bleckenstedt    |
| Bs.  | Broistedt       |
| Bz.  | Broitzem        |
| Eg.  | Engelnstedt     |
| Fm.  | Fümmelse        |
| Gh.  | Gebhardshagen   |
| Hd.  | Hallendorf      |
| Ht.  | Hüttenberg      |
| Kd.  | Konrad          |
| Sd.  | Salder          |
| Si.  | Sauingen        |
| Sn.  | Sonnenberg      |
| Td.  | Thiede          |
| Üf.  | Üfingen         |
| Vs.  | Vallstedt       |
| Wt.  | Watenstedt      |
| Wth. | Wierthe         |
| Z.A. | Zwerg Adersheim |

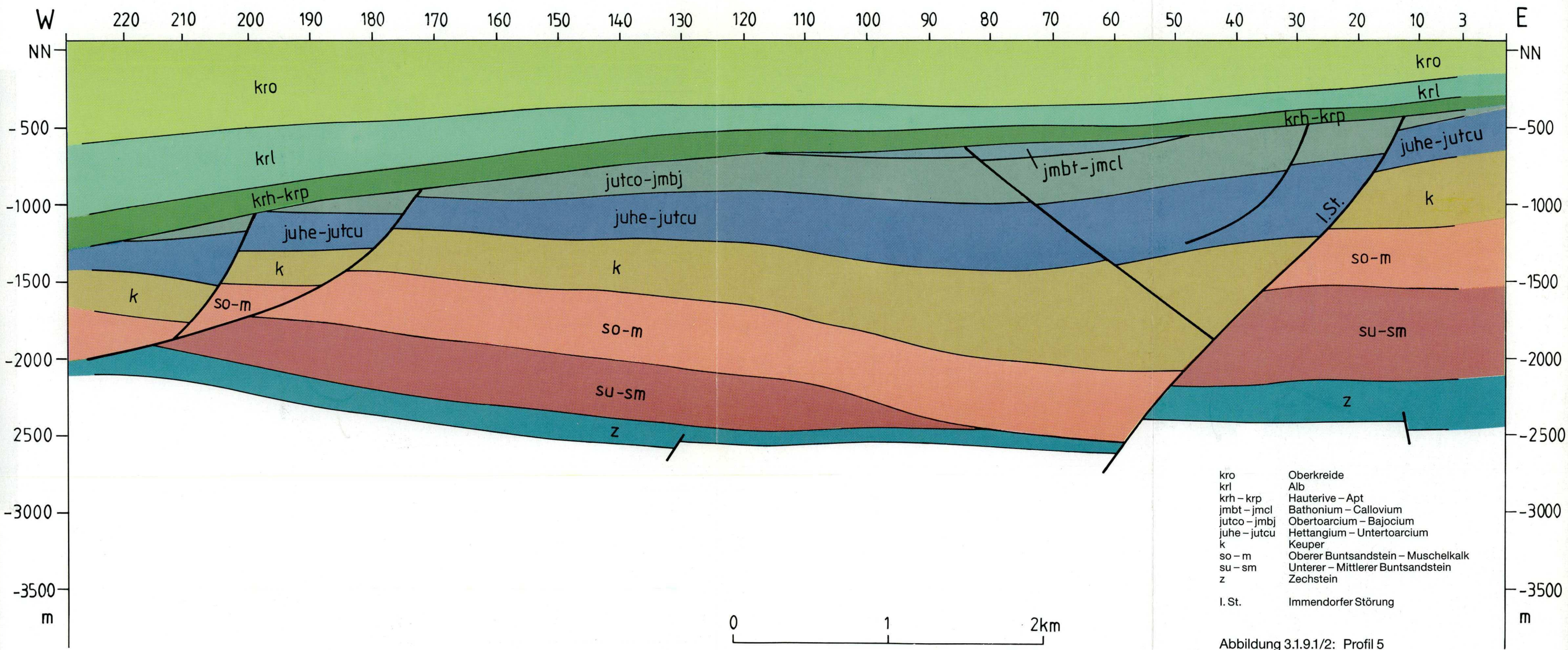


| Stratigraphie |             |                                      | Anmerkungen zur Petrographie und Wasserführung |   | Konrad 1             |                        | Konrad 2             |                        |
|---------------|-------------|--------------------------------------|--|---|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
|               |             |                                      |  |   | bis Tiefe<br>ca. (m) | Mächtigkeit<br>ca. (m) | bis Tiefe<br>ca. (m) | Mächtigkeit<br>ca. (m) |
| Quartär       |             |                                      | Lehm und Geschiebemergel,<br>trocken           |   | 3,5                  | 3,5                    | 3,5                  | 3,5                    |
|               |             |                                      | Kiese und Sande, wasserführend                 |   | -                    | -                      | 36                   | 32,5                   |
| Kreide        | Oberkreide  | Turon                                | O<br>M<br>U                                    | Plänerkalk, kluftwasserführend  | 107,4<br>132,5       | 103,9<br>25,1          | 145<br>170           | 109<br>25              |
|               |             | Cenoman                              | O<br>M<br>U                                    | Plänerkalk, in Klüften Salzwasser<br>Kalkstein, Mergelkalk,<br>Tonmergelstein                 | 190<br>229           | 57,5<br>39             | 190<br>245,8         | 20<br>55,8             |
|               | Unterkreide | Alb                                  | Oberalb  | Tonmergelstein in Flammen-<br>mergel-Fazies<br>und<br>Tonmergelstein                          | 348                  | 119                    | 335                  | 89,2                   |
|               |             |                                      | Mittelaib                                      | Ton- und<br>Tonmergelstein  | 421                  | 73                     | 396                  | 61                     |
|               |             |                                      | Unteralb                                       | Tonstein und Tonmergelstein<br>Hilssandstein, glaukonitischer<br>Feinsandstein mit Salzwasser | 500<br>-             | 79<br>-                | 468,7<br>470,05      | 72,7<br>1,35           |
|               |             | Apt                                  | O<br>M   | Tonstein<br>Tonmergelstein  | 515<br>546,4         | 15<br>31,4             | 480<br>501,5         | 9,95<br>21,5           |
|               |             | Barrême                              | O<br>M<br>U                                    | Ton- und Tonmergelstein,<br>lagenweise blättertartig<br>-Blättertön-                          | 598<br>662<br>683    | 51,6<br>64<br>21       | 535,5<br>560<br>584  | 34<br>24,5<br>24       |
|               |             |                                      | O<br>M<br>U                                    | Tonmergelstein u.<br>Kalkmergelbänke  | 765<br>799,8         | 82<br>34,8             | 625<br>645,5         | 41<br>20,5             |
|               |             | Hauterive                            | O<br>U   |   |                      |                        |                      |                        |
|               | Jura        | Münder-Mergel<br>und Gigas-Schichten |  | bunte Tonmergelsteine   | 850                  | 50,2                   | -                    | -                      |
|               |             | Kimmeridge                           |  | O<br>M<br>U   | 1110                 | 260                    | -<br>690<br>746,5    | -<br>44,5<br>56,5      |
|               |             | Malm                                 | Oxford   | Oberer Korallenoolith   | 1152                 | 42                     | 776,5                | 30                     |
|               |             |                                      |  | Mittlerer Korallenoolith  | 1185                 | 33                     | 820                  | 43,5                   |
|               |             |                                      |  | Unterer Korallenoolith  | 1224,5               | 39,5                   | 876,7                | 56,7                   |
|               |             |                                      |  | Bereich der<br>Heersumer Schichten  | 1232,5               | 8                      | -                    | -                      |
|               |             | Dogger                               | O<br>M<br>U                                    | Callovium   | -<br>-<br>-          | -<br>-<br>-            | 885<br>945<br>970    | 8,3<br>60<br>25        |
|               |             |                                      |  | Bathonium   | -                    | -                      | 999                  | 29                     |

Abbildung 3.1.9.1/1: Durch Schacht Konrad 1 und 2 aufgeschlossene Schichtenfolge (nach Werksunterlagen von P+S, abgeändert durch BGR Stand 11/88) O = Ober-, M = Mittel-, U = Unter-, - kein Nachweis, - - - - Transgression, Lücke









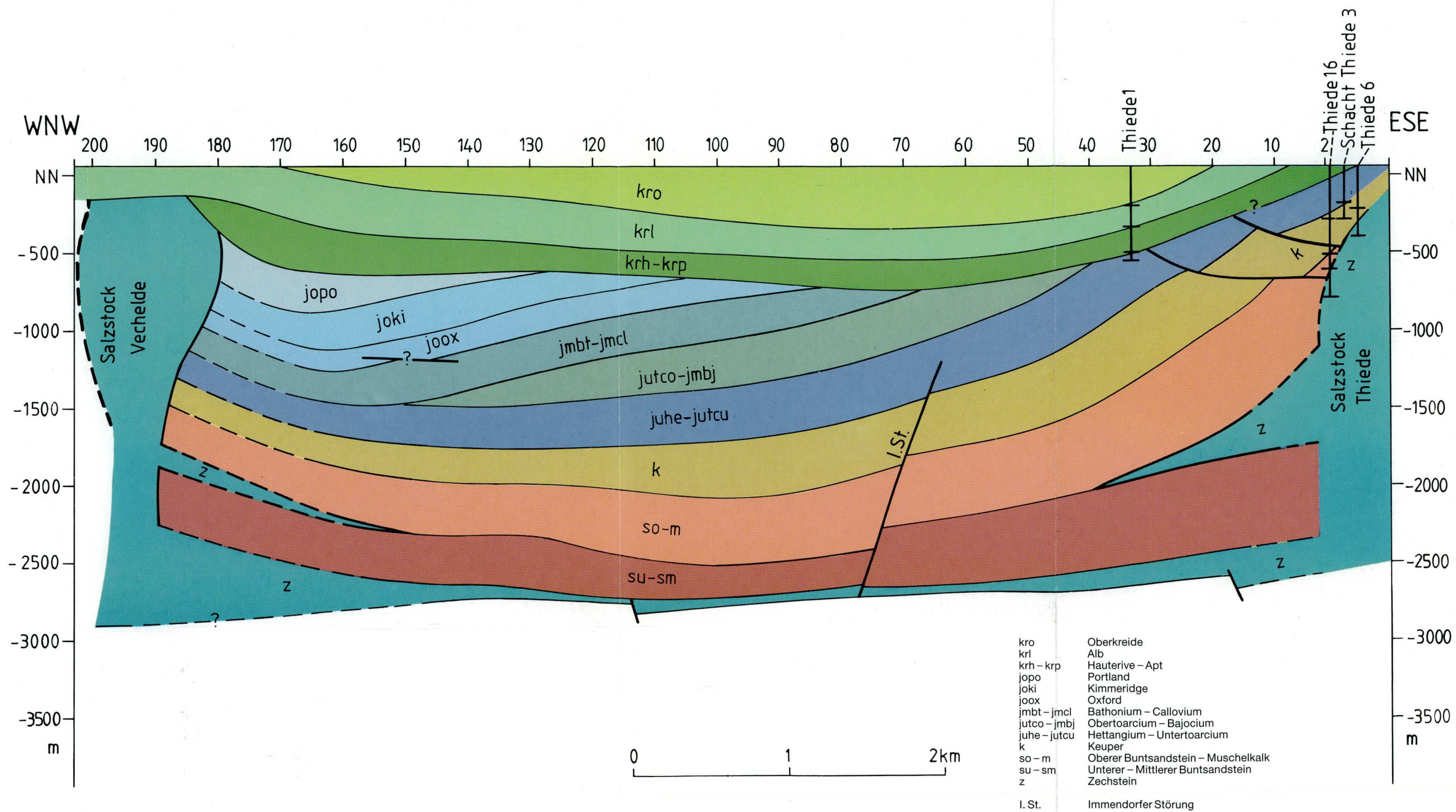
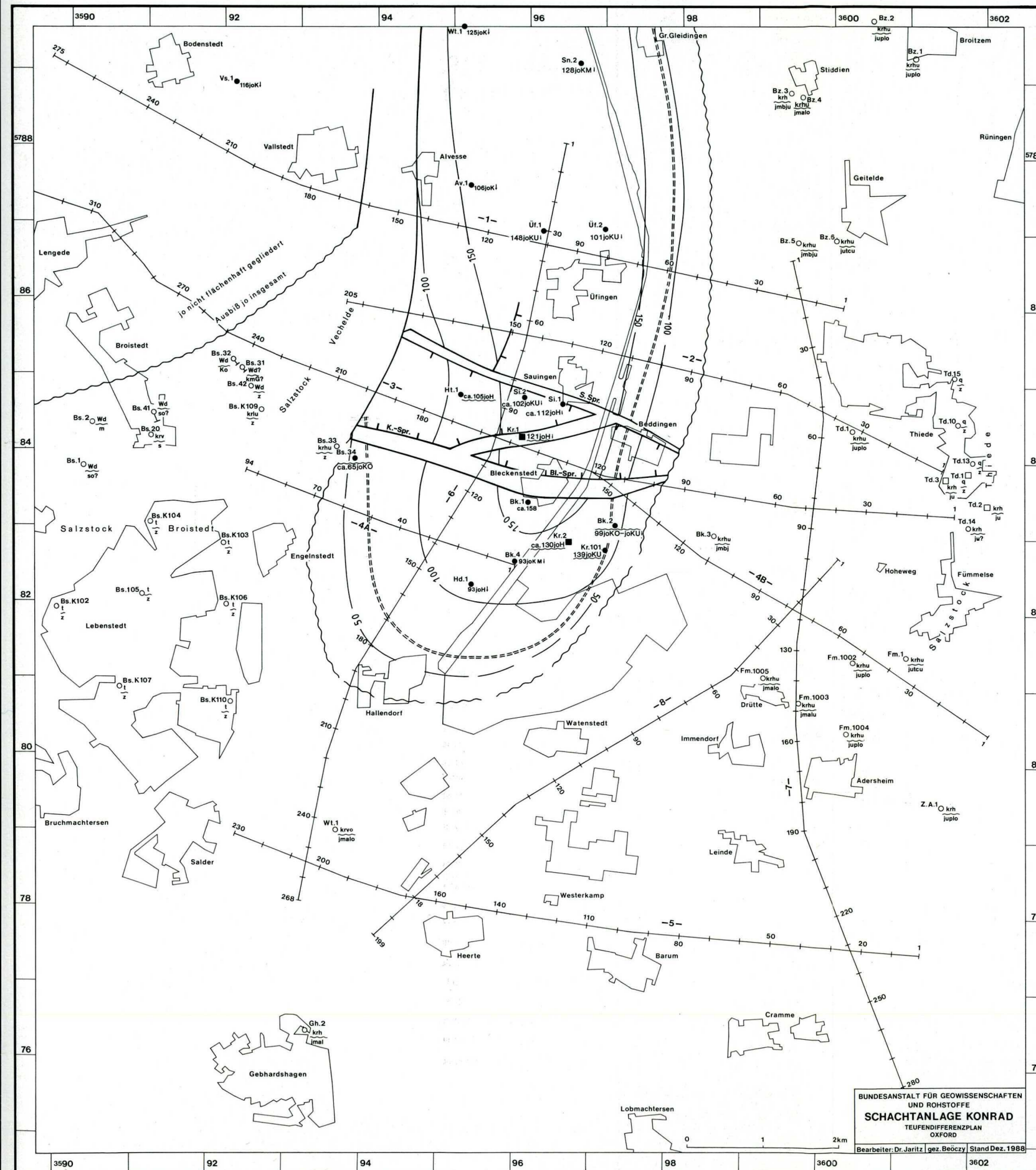


Abbildung 3.1.9.1/3: Profil 2



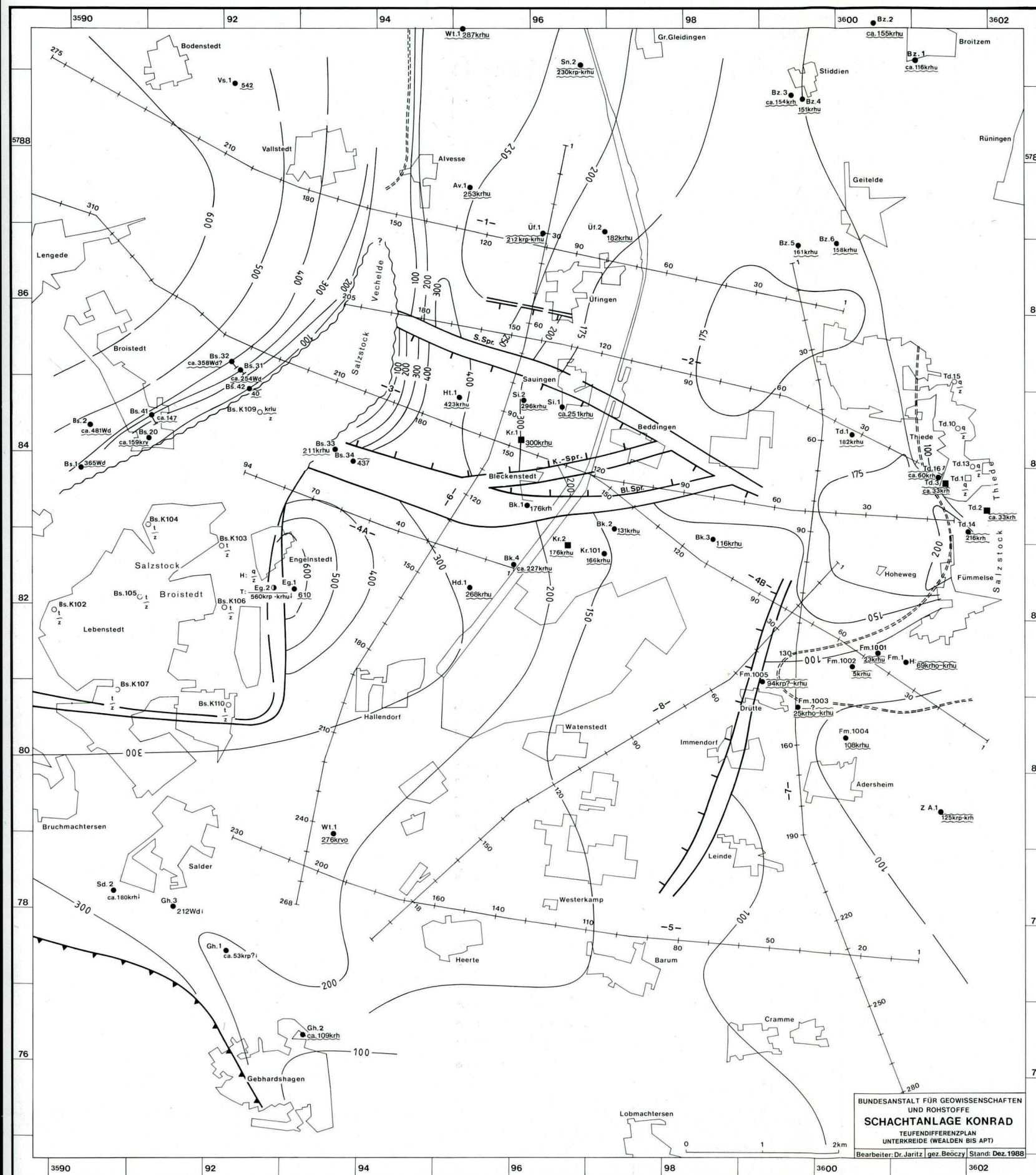
Abb. 3.1.9.1/4  
Teufendifferenzplan  
Oxford



- ○ Bohrung
- □ Schacht
- Hd. 1 Bohrungsname
- 480 Teufendifferenz bei konkordanter Überlagerung
- (88) Teufendifferenz Hilssandstein
- 116joK Teufendifferenz mit Angabe der transgressiven Stufe bei diskordanter Überlagerung
- 106joKl angegebene Stufe nicht durchteuft
- 208krp angegebene Stufe transgressiv und durch Abtragung reduziert
- 1/2 dargestellte Einheit fehlt
- H: Hochscholle
- U: überkippte Schichten
- T: Tiefscholle
- H: 1/2 T: 160 dargestellte Einheit fehlt in der Hochscholle und ist in der Tiefscholle vorhanden
- 900 Linie gleicher Teufendifferenz
- Linie gleicher Teufendifferenz des Hilssandsteins
- Ausbiß der dargestellten Einheit
- ==== Ausbiß der Obergrenze der dargestellten Einheit
- ||| Abschiebung
- ||| Aufschiebung
- Salzstockrand



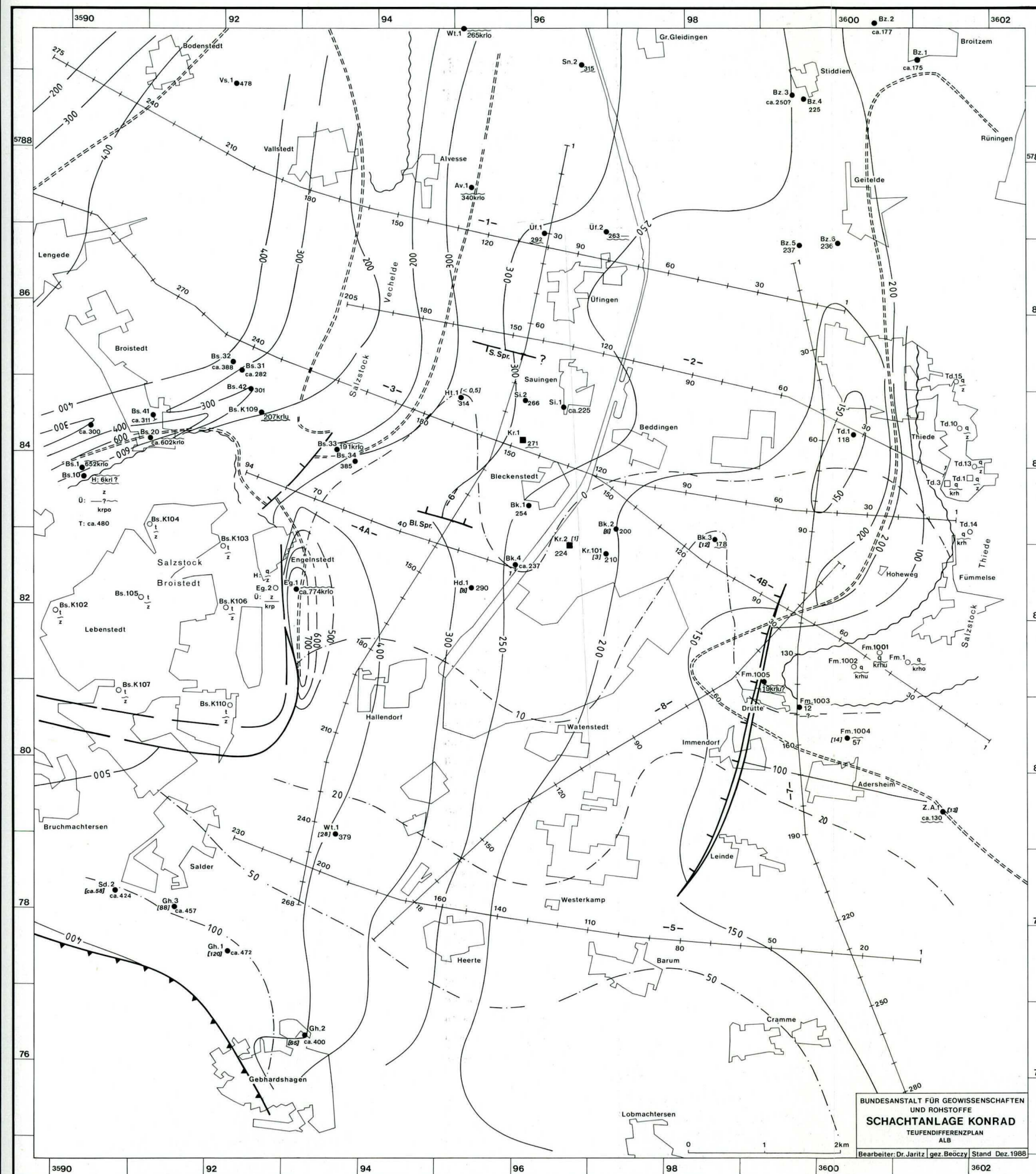
Abb. 3.19.1/5  
Teufendifferenzplan  
Unterkreide (Wealden bis Apt)





# Abb. 3.19.1/6 Teufendifferenzplan

Alb



BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN  
UND ROHSTOFFE  
**SCHACHTANLAGE KONRAD**  
TEUFENDIFFERENZPLAN  
ALB  
Bearbeiter: Dr. Jaritz | gez. Böcgy | Stand: Dez. 1988

### 3.1.9.2 Strukturgeologie

Die Beschreibung stützt sich in hohem Maße auf die Ergebnisse der 1984 durchgeführten reflexionsseismischen Messungen /1/. Darüber hinaus werden alle weiteren Informationsquellen wie die geologische Karte 1 : 25 000 (GK 25), alle Bohrungen, sonstige seismische Messungen, die Schächte und Grubenaufschlüsse herangezogen.

Anlage 3.1.9.2/5 zeigt die beiden Konrad-Schächte, das Gebiet um die Schachtanlage und das Gebiet des hydrogeologischen Modells (Kap. 3.1.10.3) im größeren strukturellen Rahmen. Am Ostrand und östlich des Modellgebietes liegt ein NNE-streichender Gebietsstreifen, der durch Bruchtektonik und eine Doppelkette von Salzstöcken (Werlaburgdorf, Flachstökheim, Neindorf, Thiede, Salz dahlum, Klein Schöppenstedt, Bechtsbüttel, Lehre, Ehmen, Calberlah und Weyhausen) gekennzeichnet ist. Den Westrand bilden die Salzmauer Broistedt - Vechelde - Rolfsbüttel-Wendeburg und der Salzstock Gifhorn. Die Nordbegrenzung bildet der Gifhorn-Calberlah-Graben, der wie die Allertal-Störung und der Salzstock des Allertales Teil eines großen ESE-streichenden Lineamentes ist. Genetisch verwandt hiermit ist der in gleicher Richtung streichende Konrad-Graben. Im Südwesten ist der Rahmen des Modellgebietes durch die Strukturkette Hohenassel - Lichtenberg - Salzgitter-Höhenzug abgesteckt, deren Hauptmerkmal Aufschiebungen sind. Aufschiebungen kennzeichnen ferner die im Modellgebiet gelegene Struktur Rühme-Vordorf.

Die Aufschiebungen sind mit Inversionsvorgängen verbunden, wie sie in /2/ aus dem Niedersächsischen Becken für die hohe Oberkreide beschrieben werden.

In der Literatur über die Schachtanlage Konrad und ihre Umgebung werden üblicherweise tektonische Begriffe gebraucht, die terminologisch unzutreffend sind und die



auch nicht ausreichend genau zu definieren sind. Dazu gehören "Gifhorner Mulde", "Gifhorner Trog", "Bleckenstedter Mulde", "Üfinger Teilmulde" und "Köchinger Teilmulde" /u. a. 3; 4, S. 266 ff./. Der "Gifhorner Trog" ist kein einheitliches tektonisches Gebilde sondern ein System von Randsenken der kettenförmig aufgereihten Salzstöcke Wittingen, Vorhop, Gifhorn und der Salzmauer Rolfsbüttel-Wendeburg - Vechelde - Broistedt /5, S. 22/. Daher ist auch die "Bleckenstedter Mulde" im Sinne der Definition des tektonischen Begriffes keine Mulde. Entsprechendes gilt für die "Köchinger" und die "Üfinger Teilmulde". Es handelt sich vielmehr um die westliche und die östliche Randsenke im Südabschnitt des Salzstocks Vechelde, und weiter im Süden um die Randsenke des Salzstocks Broistedt.

Der aus der Grube bekannte Bleckenstedter Sprung wurde auch durch die Seismik identifiziert. Von den Störungen des "Sauinger Grabens" läßt die Nordstörung einen bedeutenden Verwurf erkennen, der Verwurf an den übrigen Störungen ist so klein, daß diese nicht in der Seismik erkannt werden konnten. Im Sinne einer angemessenen Bewertung der einzelnen Elemente wird hier die Nordstörung des Sauinger Grabens "Sauinger Sprung" und der gesamte Bereich zwischen Sauinger und Bleckenstedter Sprung als "Konrad-Graben" bezeichnet. Die Begriffe Konrad-Sprung und Sauinger Graben werden wie bisher gebraucht. Da es sich um Erscheinungen innerhalb des Konrad-Grabens handelt, sind sie als untergeordnete Begriffe anzusehen.

Neu eingeführt wird der Begriff "Immendorfer Störung" für eine Nord-Süd-streichende westfallende Störung, die von Süden, etwa vom östlichen Rand des Salzstocks Flachstöckheim, über den Bereich Salzgitter-Immendorf- Adersheim bis etwa 1,5 km nordöstlich von Salzgitter- Beddingen reicht. Neu ist auch der Begriff "Drütter Störung",



eine NNE-SSW-streichende westfallende Abschiebung im Bereich Drütte-Immendorf.

Ein aus dem Südabschnitt der Struktur Thiede nach Westen vorspringendes Element wurde von /6/ als "Drütter Sporn" bezeichnet.

#### Beschreibung der Tiefenlinienpläne

Die nähere Umgebung der Schachtanlage wurde durch die Erstellung einer Serie von Tiefenlinienplänen bearbeitet. Drei von ihnen zeigen die Abb. 3.1.9.2/1 bis 3.1.9.2/3.

Die tiefste z. Z. bearbeitbare Grenzfläche ist die Basis des Zechstein. Sie liegt im Süden in etwa 2 500 m Tiefe und taucht nach Norden bis etwa 3 600 m ab. Im Südwesten ist dagegen ein deutlicher Anstieg zu beobachten. Von den im mesozoischen Oberbau bekannten Störungen dürften nur die Immendorfer Störung und der Sauinger Sprung die Zechsteinbasis betroffen haben.

Die Basis des Unteren Buntsandstein liegt allgemein in Tiefen von mehr als 2 000 m. Im Gebiet zwischen den Salzstöcken Broistedt - Vechelde und Thiede ist ein Abtauchen nach Norden auf mehr als 2 700 m zu beobachten, nach Nordwesten ein solches auf mehr als 3 500 m. Die geringste Tiefe liegt mit weniger als 1 300 m am Fuß des Ausläufers des Salzstocks Thiede bei Adersheim. Immendorfer Störung und Sauinger Sprung sind die bedeutendsten Verwerfungen.

Die Basis des Oberen Buntsandstein liegt meist in Tiefen zwischen ca. 1 700 m und 3 000 m, wobei ein Abtauchen nach Norden und besonders Nordwesten zu beobachten ist. Ausgeprägte Hochlagen finden sich am Westausläufer des Salzstocks Thiede. Immendorfer Störung und Sauinger Sprung sind die bedeutendsten Verwerfungen.

Die Keuperbasis liegt in weiten Teilen zwischen ca. 1 500 m und 2 000 m tief. Nördlich Lengede werden 2 600 m Tiefe erreicht, während über dem Salzstock Thiede und an seinen Flanken die Tiefen deutlich geringer sind. An der Immendorfer Störung ist die Keuperbasis mit einem Versetzungsbetrag von stellenweise ca. 800 m stärker als alle anderen kartierten Schichten verworfen (Abb. 3.1.9.1/2). Daneben sind Sauinger und Bleckenstedter Sprung deutlich im Tiefenlinienplan erkennbar.

Die Tiefe der Liasbasis liegt größtenteils zwischen 1 200 m und 1 800 m, bei Lengede und Bodenstedt werden jedoch Werte von mehr als 2 200 m erreicht. Deutlich geringere Tiefen von teilweise weniger als 200 m finden sich in der Überdeckung des Salzstocks Thiede und an seinen Flanken. An Verwerfungen treten im Tiefenlinienplan die Immendorfer Störung, der Sauinger Sprung und der Bleckenstedter Sprung in Erscheinung.

Die Basis des Obertoarcium liegt zwischen den Salzstrukturen Thiede und Broistedt - Vechelde maximal etwa 1 600 m tief. Westlich des Salzstocks Vechelde kommen auch Tiefen um 2 000 m vor. Nach Osten heben sich die Schichten heraus und kommen am Drütter Sporn unter geringer Unterkreideüberdeckung bis in Tiefen von ca. 100 m vor. Die wichtigsten Verwerfungen sind wie in den tieferen Schichten Immendorfer Störung, Sauinger Sprung und Bleckenstedter Sprung.

Die Basis der Einheit Bathonium bis Callovium (Abb. 3.1.9.2/1) liegt zwischen den Salzstrukturen Thiede und Broistedt - Vechelde in Tiefen zwischen etwa 500 m und 1 500 m. Die Achse der Maximaltiefen liegt etwa 1 km östlich der Salzstruktur Broistedt - Vechelde. Nördlich und westlich der Salzstruktur betragen die Tiefen dagegen etwa 1 000 m bis 2 000 m. Zum Drütter Sporn erfolgt ein Anstieg auf etwa 350 m Tiefe. Von den Verwerfungen



treten Sauinger Sprung und Bleckenstedter Sprung deutlich in Erscheinung, während der Verlauf von weiteren Störungen unklar ist.

In Abbildung 3.1.9.2/2 ist die Tiefenlage der Basis des Oxford dargestellt. Sie liegt östlich der Salzstruktur Broistedt - Vechelde in Tiefen zwischen ca. 500 m und ca. 1 430 m, nordwestlich davon zwischen ca. 700 m und ca. 1 700 m. Die drei Hauptstörungen des Konrad-Grabens, nämlich der Sauinger Sprung, Bleckenstedter Sprung und Konrad-Sprung, treten deutlich in Erscheinung. 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 jedoch etwa 100 m geringer.

Auch die Tiefenlinien des Portland zeigen ein ähnliches Bild. Nur am Südrand des Vorkommens, an der Ostflanke des Salzstocks Broistedt, taucht das Portland auf mehr als 1 300 m ab.

Der Tiefenlinienplan des unteren Abschnitts der Unterkreide (Wealden bis Apt) zeigt Tiefen zwischen oberhalb NN und mehr als 1 500 m (Abb. 3.1.9.2/3). An Störungen treten das System des Konrad-Grabens und im Bereich Drütte-Immendorf die Drütter Störung deutlich in Erscheinung. Nördlich des Sauinger Sprungs liegen die Maximaltiefen etwa in der Mitte zwischen den Salzstrukturen und betragen wenig mehr als 700 m. Im Konrad-Graben und südlich davon, sowie im Bereich Lengede - Broistedt sind die Tiefen wesentlich größer, und die Maxima liegen nahe an den Rändern des Salzstocks Broistedt. Zusätzlich tritt eine Tieflage nordöstlich des Salzgitter-Höhenzugs in Erscheinung. Die geringsten Tiefen sind in der Überdeckung des Salzstocks Thiede und seiner Randsenke einschließlich des Drütter Sporns zu beobachten.



Die Verteilung der Tiefenlinien des Alb ist der der tieferen Unterkreide im Hinblick auf die Lage der Achsen von Hoch- und Tieflagen sehr ähnlich. Die Tiefen sind entsprechend der stratigraphischen Position geringer. Die Tiefenmaxima betragen zwischen Salzgitter-Üfingen und Salzgitter-Thiede ca. 550 m, bei Broistedt ca. 750 m und bei Salzgitter-Salder in der dem Salzgitter-Höhenzug vorgelagerten Tieflage bis ca. 1 400 m. Die Drütter Störung ist zu erkennen. Ob am Sauinger und Bleckenstedter Sprung jeweils ein kleiner Verwurf (maximal ca. 20 m) vorliegt, ist dagegen unklar.

Die Tiefenlinien der Basis der Oberkreide zeigen eine gegenüber dem Alb unveränderte Lage von Hoch- und Tieflagen. Zwischen Salzgitter-Üfingen und Salzgitter-Thiede beträgt die Maximaltiefe ca. 350 m, bei Broistedt über 400 m und bei Salzgitter-Salder ca. 900 m. Am NE-Ende des Salzstocks Broistedt ist in der Salzstock-überdeckung mit einer Störung von ca. 100 m Versatz zu rechnen.

#### Kleintektonik

Die jurassischen Schichten besitzen im Bereich der Schachanlage Konrad ein N-S-Streichen, das nur im Süden und äußersten Norden des Abbaufeldes in NNE-SSW-Richtung umschwenkt. Das Einfallen liegt bei durchschnittlich 22° nach Westen. Im Süden weisen Mächtigkeitsverringerung und Vertaubung des Eisenerzlagere auf die südliche Begrenzung der Salzstockrandsenke hin. Die aus epirogen-tektonischen und Salzbewegungen resultierenden Beanspruchungen des Gesteinsverbandes bewirkten die Ausbildung von Klüften, Abschiebungen und schichtparallelen Gleitflächen. Das tektonische Inventar der Schachanlage Konrad wurde in /7/ analysiert. Ältere Beschreibungen sind in /4/ und /8/ enthalten. In /7/ werden die um N-S streichenden Trennflächen und Störun-

gen als ältestes Gefügesystem angesehen, welches vermutlich alten Sockelstrukturen folgt, die, später reaktiviert, sich nach oben durchgepaust haben. Die Trennflächen, die z. T. als Abschiebungen vorliegen, haben Trennbruchcharakter. Dieses älteste Gefügesystem ist zeitlich in den höheren Oberjura (später als Unterkimmeridge) zu stellen.

Über die zeitliche Entstehung der anderen Störungen und Trennflächen läßt sich keine gesicherte Aussage machen. Den um E-W, NW-SE und NE-SW streichenden Störungen, deren Richtungen vermutlich alt im tieferen Untergrund angelegt sind, werden Bewegungen in der Zeitspanne hoher Obermalm bis tiefere Unterkreide (etwa bis zur Albbasis) zugeordnet und mit den Trennflächen entsprechender Richtung als jüngeres Gefügesystem zusammengefaßt. Die in /7/ vorgenommene Zuordnung der NW-SE sowie der NE-SW-Trennflächen zu einem zweiten und die der E-W sowie NNE-SSW-Trennflächen zu einem dritten, jüngsten Gefügesystem läßt sich aus den vorliegenden Gefügedaten nicht belegen.

Eine Übersicht über die im Grubenrißwerk dokumentierten Klüfte und Störungen gibt die Anlage 3.1.9.2/1. Dargestellt sind vorwiegend solche Klüfte und Störungen, die auf beiden Streckenstößen beobachtet werden konnten. Die grundrißliche Darstellung wird durch das Nord-Süd-Profil (Anl. 3.1.9.2/2) sowie durch die beiden West-Ost-Profile (Anl. 3.1.9.2/3, Anl. 3.1.9.2/4) ergänzt. Die Profile zeigen die während des Produktionsbetriebes und in der Erkundungsphase erkannten Lagerungsverhältnisse (Kap. 3.1.9.1 und Kap. 3.1.9.4).

Die den Konrad-Graben begrenzenden Störungen, der Sauringer und der Bleckenstedter Sprung, werden von Kluftsystemen begleitet, die deren Streich- und Fallrichtungen entsprechen. Bei der Einsenkung des Konrad-Grabens wurde die Grabenscholle nach Westen verfrachtet. Darauf



lassen schräg nach Westen gerichtete starke Harnische auf den Störungsflächen des Sauinger und des Bleckenstedter Sprungs schließen. Harnische auf Störungsflächen im Bereich des Sauinger Sprungs zeigen Lineationen unterschiedlicher Richtung. Diese verschiedenen Bewegungsrichtungen sind als Folge von Schollenkippen und Rotationen erklärbar.

Konrad-Sprung und quer dazu streichende Störungen zerlegen den Konrad-Graben in mehrere große Blöcke. Analog zu den im Ort 300 aufgeschlossenen Klüften und Störungen dürften die weiter östlich liegenden Teile des Konrad-Grabens in kleinere Schollen zerlegt sein.

Das LHD-Feld Nord und der nördliche Teil des Spülversatzfeldes werden durch den nach SE staffelartig aufgliederten Bleckenstedter Sprung beeinflusst.

Sigmoidal NW-verlaufende Kluftscharen und Störungen, auch gering eingesenkte Gräben, spiegeln die bei der Entstehung des Konrad-Grabens wirkende Zerrungstektonik wieder. Diese erfaßte auch eine östlich des Spülversatzfeldes N-S streichende Störung ("Grabenstörung"), die sich bis in das LHD-Feld Süd hinein verfolgen läßt. Das Gebirge östlich der "Grabenstörung" wird durch NW-SE streichende und nach SW einfallende Störungen in keilförmige, staffelartig angeordnete Schollen zerlegt.

Auch im Westen des Spülversatzfeldes südlich des Bleckenstedter Sprungs wirkt sich die Zerrungstektonik während der Entstehung des Konrad-Grabens aus. Sie überprägt dort die alt angelegte N-S-Tektonik.

Südlich der Linie durch die Bohrungen Konrad 101 - Bleckenstedt 4 werden die N-S streichenden Klüfte und Störungen von relativ engständigen E-W streichenden Kleinstörungen orthogonal gequert, die eine E-W verlaufende "Einmuldung" des Unteren Lagers bewirken. Die



Umbiegungspunkte der dem Streichen des Lagers folgenden Strecken ordnen sich ebenfalls in E-W Richtung an. Die maximale Absenkung beträgt ca. 50 m.

Schichten der Oberkreide sind in einigen Steinbrüchen aufgeschlossen, deren Trennflächengefüge in /8/ beschrieben ist. Das Trennflächengefüge in den einzelnen Aufschlüssen ist von den tektonischen Strukturen in der weiteren Umgebung des Salzstocks Broistedt geprägt, die Trennflächen fallen überwiegend steil ein.

Im Aufschluß Woltwiesche nordwestlich des Salzstocks Broistedt herrschen Trennflächenrichtungen um  $70^\circ$  eindeutig vor, daneben treten Richtungen um  $155^\circ$  auf. Das Trennflächeninventar des Aufschlusses Cramme westlich des Oderwaldes besteht vorwiegend aus nahezu senkrechten, etwa  $70^\circ$  streichenden Trennflächen, die  $175^\circ$  Richtung ist schwächer vertreten.

Im Aufschluß Salder an der Nordflanke des Salzgitter-Höhenzuges sind überwiegend um  $25^\circ$  streichende Trennflächen vorhanden, daneben treten Richtungen um  $120^\circ$  auf.

Im Aufschluß Drütte südöstlich der Schachtanlage Konrad treten Trennflächenrichtungen um  $20^\circ$  (Richtung der östlichen Randsenke des Salzstocks Broistedt) am häufigsten auf, weitere Richtungen sind  $55^\circ$ ,  $135^\circ$  und  $150^\circ$ .

Die in den vier Aufschlüssen auftretenden Hauptrichtungen kommen auch im Trennflächeninventar des Jura der Schachtanlage Konrad vor.

#### Fernerkundung

Die Auswertung von Satellitenbildern ergab, daß die auf LANDSAT-Aufnahmen (MSS und TM) erkannten Lineationen

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

#### Die Strukturen und ihre Entwicklung

Das Gebiet zwischen den Salzstrukturen Broistedt - Vechelde, Thiede, Flachstöckheim und dem Salzgitter-Höhenzug hat seine Prägung durch das Zusammenwirken von epirogenen, bruchtektonischen und halokinetischen Vorgängen erfahren. Seine Entwicklungsgeschichte seit dem Ende des Zechstein kann von den erarbeiteten Profilen und Plänen abgeleitet werden.

Das älteste Strukturelement ist zweifellos die Immen-dorfer Störung. Sie trennte in der Zeitspanne Unterer bis Mittlerer Buntsandstein eine sich stark senkende Ost- von einer sich weniger senkenden West-Scholle (Abb. 3.1.9.1/2). Bereits in der Zeitspanne Oberer Buntsandstein bis Muschelkalk kam es zur Tendenzumkehr. Von nun an sank die West-Scholle stärker ein. Im Keuper und Lias war die Störung durch starkes Absinken der West-Scholle aktiv. Diese Tendenz ist noch bis in den



Dogger hinein nachweisbar, am nördlichen Ende hören die Bewegungen jedoch bereits im Lias auf. Vor Beginn der Unterkreide-Transgression ist die Störung vollständig zur Ruhe gekommen. Das gleiche gilt für ihre Begleitstörungen.

Der Konrad-Graben ist ein Störungssystem, das im wesentlichen vom Bleckenstedter Sprung im Süden und vom Sauinger Sprung im Norden begrenzt wird. Es gibt jedoch noch Begleitstörungen im Süden (Anl. 3.1.9.2/2) und auch eine solche im Norden. Die Hauptstörungen enden im Westen an der Salzstruktur Vechelde - Broistedt und im Osten etwa dort, wo sie zusammentreffen. Gesichert ist, daß in dem weiter östlich Nord-Süd-verlaufenden seismischen Profil 7 der in Frage kommende Bereich ungestört ist. Eine Verbindung zur Salzstruktur Thiede besteht demnach nicht. Die seigeren Verwerfungsbeträge betragen beim Bleckenstedter und Sauinger Sprung etwa 100 m, beim Konrad-Sprung ungefähr 30 m und bei der nördlichen Begleitstörung des Sauinger Sprungs etwa 40 m. Gruben-aufschlüsse und Reflexionsseismik weisen darauf hin, daß der Graben während der Entstehung der Erzlager im Oxford noch nicht bestand. Die aus Bohrungen und Seismik abgeleiteten Mächtigkeitsverteilungen zeigen, daß die Bewegungen an den Grabenstörungen im tieferen Abschnitt der Unterkreide, vor allem im Hauterive und Barrême stattfanden. Erste kleinere Bewegungen könnten schon im höchsten Malm erfolgt sein. Das zeitliche Ende der Aktivität der Hauptstörungen konnte nicht genau erfaßt werden. Oberapt und tiefstes Alb können jeweils noch um maximal 20 m verworfen worden sein. Für die Begleitstörung nördlich des Sauinger Sprungs ist gesichert, daß seit dem Oberapt keine Bewegungen mehr stattfanden. Die Ursache für die Entstehung des Konrad-Grabens dürften epirogen-tektonische Vorgänge im Zusammenhang mit der Einsenkung des Niedersächsischen Beckens sein. Dafür sprechen das Streichen und die Bewegungszeit der Störun-



gen. Halokinetische Ursachen sind auszuschließen, weil der Sauinger Sprung bis in den Präzechstein hinabreicht.

Die Drütter Störung hat einen seigeren Verwerfungsbetrag von ca. 100 m. Sie war nachweislich sowohl in der tieferen Unterkreide als auch während des Alb aktiv. Der räumliche Zusammenhang mit dem Drütter Sporn läßt an einen genetischen Zusammenhang mit dessen Hebung denken.

Einige weitere Störungen, deren Verlauf im einzelnen nicht geklärt ist, betreffen den präsalinaren Unterbau, die Trias sowie Lias und Dogger. Abgesehen vom strukturellen Bereich des Salzstocks Thiede ist jeweils nachgewiesen, daß an diesen Störungen seit Beginn des Malm bzw. seit der Überdeckung des Gebietes durch die transgressive Unterkreide keine Bewegungen mehr stattgefunden haben.

Der Salzstock Thiede ist bereits in der Trias durchgebrochen /1/. Die Verteilung der Tiefenlinien der Oberkreide weist auf weiteren Salzaufstieg in der Zeitspanne Oberkreide bis heute hin (Abb. 3.1.9.2/4).

Die Entwicklung der Salzstöcke Vechelde und Broistedt ist jünger als die des Salzstocks Thiede (Abb. 3.1.9.2/5 und Abb. 3.1.9.2/4). Für Vechelde und Broistedt ist ein Salzkissen bereits in der Zeitspanne Oberer Buntsandstein bis Muschelkalk nachweisbar. Es hat sich im Keuper, Lias und im tieferen Abschnitt des Dogger weiterentwickelt. Der Durchbruch des Salzstocks Vechelde fand etwa ab Bathonium statt. Die großen Mächtigkeiten im Bathonium, Callovium und Malm sind das Äquivalent des starken Salzaufstiegs. Zu dieser Zeit war auch schon der dem Erdölfeld Broistedt benachbarte Teil des Salzstocks Broistedt durchgebrochen. Denn, wie in /9/ gezeigt wird, greift die nachfolgende Wealden-Se-

dimentation bereits auf sehr steil aufgerichteten Buntsandstein und Zechstein transgressiv über. Dieser Salzstock kann zunächst aber nur sehr klein gewesen sein, denn aus der Randsenkenentwicklung ist ablesbar, daß der größte Teil des heute im Salzstock vorhandenen Salzes erst im Verlauf der Unterkreide zum Salzstock gewandert sein kann. Noch in der Oberkreide erfolgten kräftige Nachschübe. Auch am Salzstock Vechelde sind in Unter- und Oberkreide aus der Mächtigkeitsverteilung Salznachschübe abzuleiten, doch waren sie geringer als am Salzstock Broistedt. Sedimente des Tertiär fehlen in der Umgebung beider Salzstöcke, finden sich jedoch über dem Salzstock Broistedt in einer Subrosionssenke (Kap. 3.1.9.1).

Der Nordteil des Gebietes, das als hydrogeologisches Modellgebiet betrachtet wird (Kap. 3.1.10.3), wird von den Salzstöcken Rolfsbüttel-Wendeburg, Gifhorn, Calberlah und Bechtsbüttel sowie den zwischen diesen Salzstöcken befindlichen Störungszonen umrahmt.

Der kleine runde Salzstock Calberlah ist bereits in der Trias durchgebrochen. Schon im Keuper begann die wechselvolle Überlagerungs- und Abtragungsgeschichte des Salzstockdaches, die bis ins Tertiär anhielt.

Der langgestreckte Salzstock Bechtsbüttel, dessen Südeinde unter Braunschweiger Stadtgebiet liegt, ist in seiner Entwicklungsgeschichte nicht näher bekannt.

Der Salzstock Gifhorn hat einen auffällig unregelmäßigen Umriß, was mit Störungen im tieferen Untergrund im Zusammenhang steht. Seine Kissenentwicklung fand in Trias und Lias statt, sein Durchbruch im Dogger. Für Malm und Wealden sind sehr starke Nachbewegungen belegt. Das Wechselspiel von Überlagerung und Abtragung auf dem Salzstockdach ist vom Wealden bis ins Tertiär hinein zu verfolgen.



Der im Süden mit dem Salzstock Vechelde verbundene Salzstock Rolfsbüttel-Wendeburg hat sich weitgehend gleichzeitig mit dem Salzstock Gifhorn entwickelt. Der Durchbruch dieser Salzstöcke und die kräftige Nachförderung von Salz sind dafür verantwortlich, daß der Malmtrog östlich der Salzstöcke sich aus dem Gebiet der Schachthanlage Konrad bis zur Aller und weiter nach Norden erstreckt.

Folgende Störungssysteme im Nordteil des Modellgebietes sind zu nennen:

Die Störung zwischen den Salzstöcken Rolfsbüttel-Wendeburg und dem Salzstock Gifhorn ist eine westfallende Abschiebung die wahrscheinlich bis zum präsalinaren Sockel hinabreicht. Ihr Alter ist postunterkretazisch.

Der Gifhorn-Calberlah-Graben erstreckt sich zwischen den gleichnamigen Salzstöcken. Wahrscheinlich verflachen seine Randstörungen zur Tiefe hin und schneiden sich. Mindestens eine dieser Störungen versetzt auch den präsalinaren Untergrund. Die Aktivität des Grabens fällt z. T. in den Malm, hauptsächlich aber in die Unterkreide (einschließlich Wealden).

Ein weiteres Störungssystem verbindet die Salzstöcke Bechtsbüttel und Calberlah. Sein Hauptelement ist eine ostfallende Abschiebung.

Die Aufschiebungszone Rühme Vordorf besteht im wesentlichen aus zwei parallelen Nordnordwest-Südsüdost-streichenden westfallenden Aufschiebungen, von denen die westliche die bedeutendere ist. Im Norden enden die Aufschiebungen an einer Umbiegung nach Westen. Im Süden laufen sie wahrscheinlich zusammen und enden an der Nordspitze des Salzstocks Bechtsbüttel. Die Aufschiebungsvorgänge fanden wahrscheinlich in der Zeitspanne



Coniac-Santon statt, wobei die westliche Aufschiebung länger aktiv war als die östliche.

Im Südteil des Modellgebietes befinden sich der Salzstock Flachstöckheim und die Struktur des Salzgitter-Höhenzuges.

Flachstöckheim ist ein kleiner ovaler Nord-Süd-streichender Salzstock. Sein Durchbruch erfolgte im Keuper, kräftige Nachbewegungen fanden in Unter- und Oberkreide statt.

Die Struktur des Salzgitter-Höhenzuges ist im einzelnen sehr kompliziert. Seinen einzelnen Abschnitten ist - bei allen Unterschieden im Detail - gemeinsam, daß eine Kombination von nach Nordosten gerichteten Aufschiebungen mit weiteren Störungen und halokinetischen Phänomenen vorliegt. Dabei ist u. a. Zechsteinsalz im Niveau des Rötsalzes in die triadische Schichtenfolge eingedrungen. Die Mächtigkeitsentwicklung der Schichten weist auf Bewegungen an Störungen bereits in der tieferen Trias hin. Tektonische Aktivität ist ferner für die Zeiten vor und während der Unterkreide erkennbar, bis dann in der Oberkreide die Aufschiebungen erfolgten.

Literaturverzeichnis

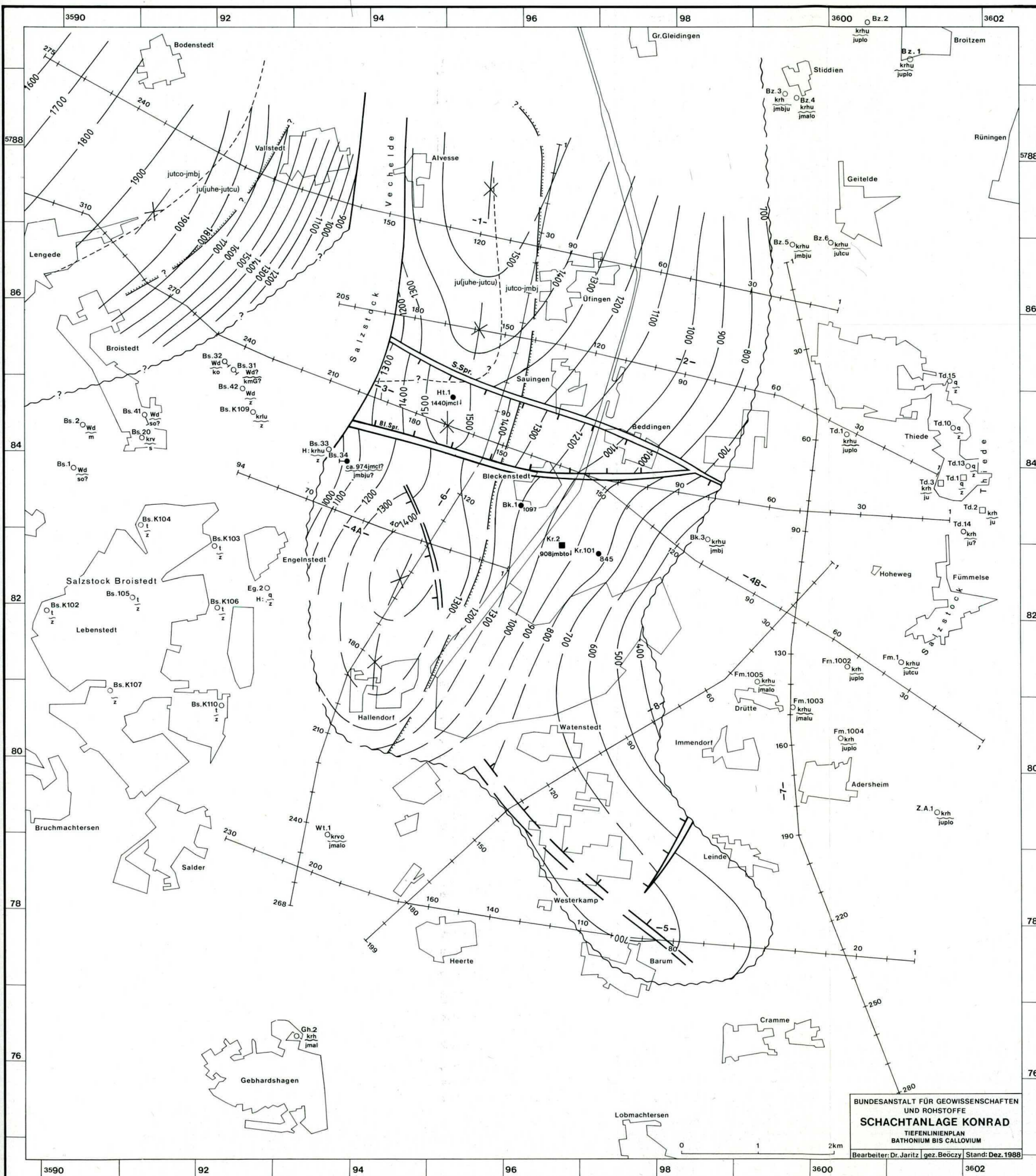
- /1/JARITZ, W. (1986): Zur Tektonik der Umgebung der Schachtanlage Konrad (Salzgitter) auf Grund reflexionsseismischer Untersuchungen. - Z. dt. geol. Ges., 137: 137 - 155, 11 Abb., 1 Tab.; Hannover.
  
- /2/ BALDSCHUHN, R. & FRISCH, U. & KOCKEL, F. (1985): Inversionsstrukturen in NW-Deutschland und ihre Genese. - Z. dt. geol. Ges., 136, 129 - 139, 4 Abb.; Hannover.
  
- /3/ 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.; Hannover, Celle.
  
- /4/ KOLBE, H. & SIMON, P. (1969): Die Eisenerze im Mittleren und Oberen Korallenoolith des Gifhorner Troges. - Beih. Geol. Jb., 79: 256 - 338, 36 Abb., 19 Tab.; Hannover.
  
- /5/ JARITZ, W. (1973): Zur Entstehung der Salzstrukturen Nordwestdeutschlands. - Geol. Jb., A 10: 77 S., 3 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Hannover.
  
- /6/ APPEL, D. & BERNING, J. & DETTMER, U. & FISCHER, B. & HIRSCH, H. & KREUSCH, H.-J. (1983): Gutachten zum Abschlußbericht der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH über die Untersuchungen der Eignung von Schacht Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle. - 387 S., 39 Abb., 35 Tab.; Hannover.

- /7/ 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.
  
- /8/ GEITNER, J. (1961): Anwendungsbeispiele für statistische Methoden in der Tektonik des Salzgittergebietes mit und ohne Lagekugelprojektion. Lagerstättenkundliche Studienarbeit. - Inst. f. Lagerstättenforsch. u. Rohstoffkde. der TU Berlin, 52 S., 12 Abb., 2 Tab., 7 Anl.; Berlin.
  
- /9/ 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.





Abb 3.192/1  
Tiefenlinienplan  
Bathonium bis Callovium



- ○ Bohrung
- □ Schacht
- Bohrungsname, siehe Abkürzung der Namen von Bohrungen und Schächten
- Hd 1
- 830
- Teufe unter NN bei konkordanter Überlagerung
- ca. 1422 juplo
- Teufe mit Angabe der angetroffenen Stufen bei diskordanter Überlagerung
- 449 juplo
- angegebene Stufe nicht durchteuft
- 1
- dargestellte Einheit fehlt
- H:
- U:
- T:
- Hochscholle
- überkippte Schichten
- Tiefscholle
- H: 1
- T: 1160 krhu
- dargestellte Einheit fehlt in der Hochscholle und ist in der Tiefscholle vorhanden
- 1000
- Linie gleicher Teufe unter NN
- Ausbiß der dargestellten Einheit
- Abschiebung
- Aufschiebung
- Salzstockrand
- Synklinenachse
- Antiklinenachse
- joox
- joki
- Schichtgrenze im Liegenden der dargestellten Einheit
- Nur bei Oberer Buntsandstein bis Muschelkalk: Unterlagerung durch intrudierte Zechsteinsalze
- Ausbiß Unterbathonium - Sandstein unter Oberbathonium

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN  
UND ROHSTOFFE  
**SCHACHTANLAGE KONRAD**  
TIEFENLINIENPLAN  
BATHONIUM BIS CALLOVIUM  
Bearbeiter: Dr. Jaritz, gez. Beöczy, Stand: Dez. 1988











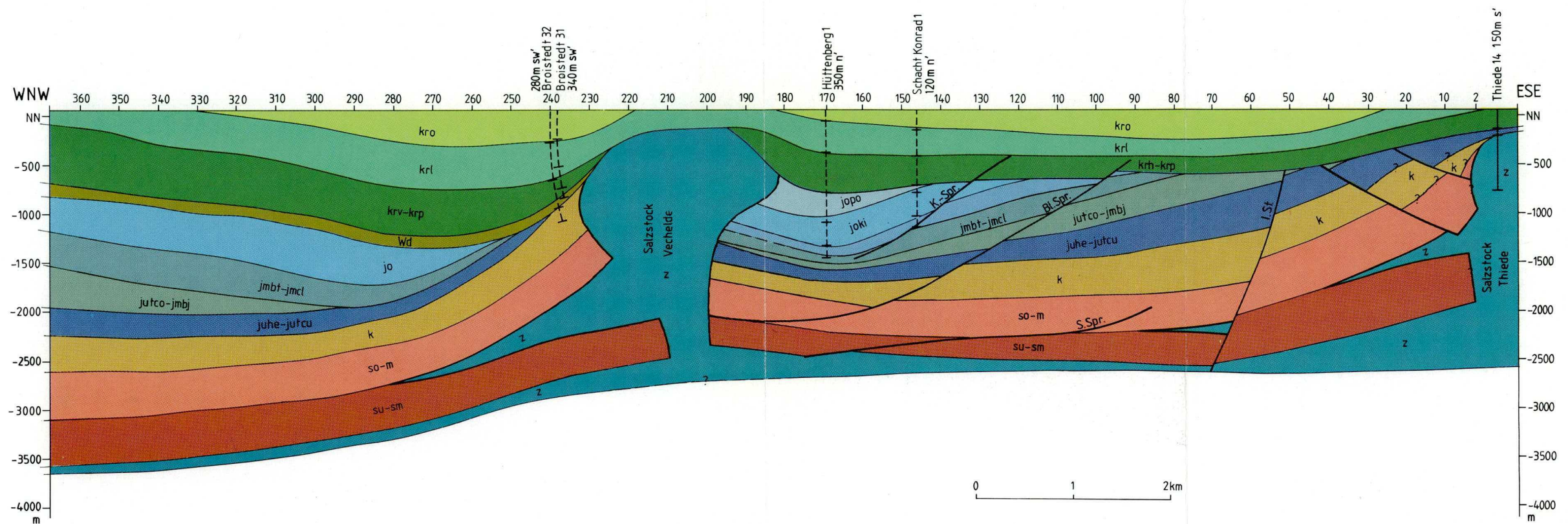


Abbildung 3.1.9.2/4: Profil 3

|           |                       |            |                                    |
|-----------|-----------------------|------------|------------------------------------|
| kro       | Oberkreide            | jutco-jmbj | Obertoarcium – Bajocium            |
| krl       | Alb                   | juhe-jutcu | Hettangium – Untertoarcium         |
| krh-krp   | Hauterive – Apt       | k          | Keuper                             |
| krv-krp   | Valangin – Apt        | so-m       | Oberer Buntsandstein – Muschelkalk |
| wd        | Wealden               | su-sm      | Unterer – Mittlerer Buntsandstein  |
| jo        | Oberjura              | z          | Zechstein                          |
| jupo      | Portland              | K.-Spr.    | Konradsprung                       |
| joki      | Kimmeridge            | Bl.Spr.    | Bleckenstedter Sprung              |
| joox      | Oxford                | S.Spr.     | Sauinger Sprung                    |
| jmbt-jmcl | Bathonium – Callovium | I.St.      | Immendorfer Störung                |



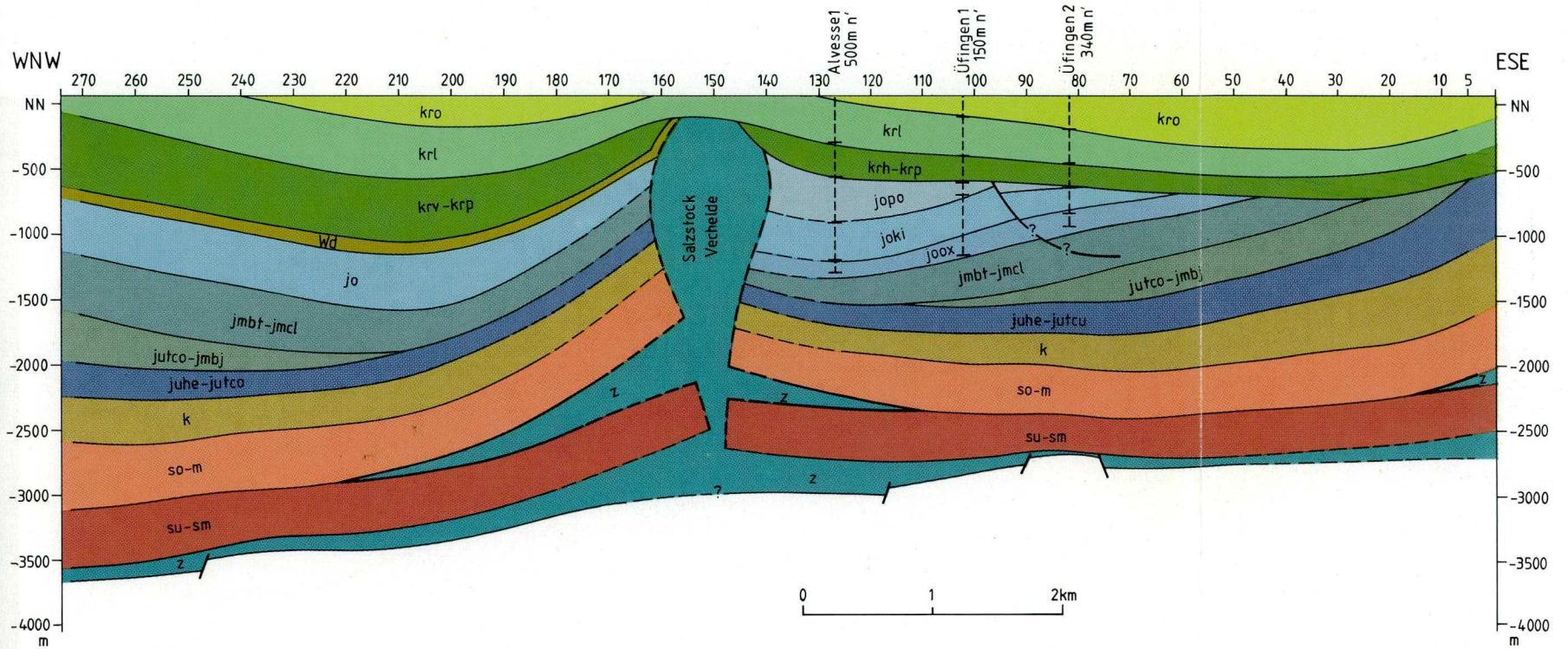


Abbildung 3.1.9.2/5: Profil 1

|         |                 |            |                                    |
|---------|-----------------|------------|------------------------------------|
| kro     | Oberkreide      | joox       | Oxford                             |
| krl     | Alb             | jmbt-jmcl  | Bathonium – Callovium              |
| krh-krp | Hauterive – Apt | jutco-jmbj | Obertoarcium – Bajocium            |
| krv-krp | Valangin – Apt  | juhe-jutcu | Hettangium – Untertoarcium         |
| wd      | Wealden         | k          | Keuper                             |
| jo      | Oberjura        | so-m       | Oberer Buntsandstein – Muschelkalk |
| jopo    | Portland        | su-sm      | Unterer – Mittlerer Buntsandstein  |
| joki    | Kimmeridge      | z          | Zechstein                          |



### 3.1.9.3 Seismologische Verhältnisse und Lastannahmen

#### Seismologische Verhältnisse

Der Standort der Schachtanlage Konrad liegt nach der Einteilung der Bundesrepublik Deutschland in erdbebengeographische Einheiten (Abb. 3.1.9.3/1) in der Zone "Norddeutsches Tiefland" /1/. Der Begriff erdbebengeographische Einheit beinhaltet Gleichartigkeit hinsichtlich des seismologischen Verhaltens und berücksichtigt damit die jeweiligen tektonischen Verhältnisse unter Einbeziehung der geologischen Entwicklung. In ähnlichem Sinne werden häufig die Begriffe seismotektonische Einheit oder tektonische Einheit verwendet. Ausgehend von der räumlich-zeitlichen und energetischen Verteilung der Erdbeben während der vergangenen 1 000 Jahre konnten Gebiete unterschiedlichen seismischen Gefährdungspotentials abgegrenzt werden. Zu den stärker erdbebengefährdeten Regionen zählen die Schwäbische Alb, der Oberrheingraben und die Niederrheinische Bucht. Der Norddeutsche Raum besitzt damit verglichen eine sehr geringe Seismizität, d. h. Erdbeben und dabei insbesondere Schadbegen stellen hier sehr seltene Ereignisse dar. Eine Bewertung der seismischen Gefährdung mit statistischen Verfahren ist deshalb nur eingeschränkt möglich. 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 künftig mögliche Erdbebenherde.

Die erdbebengeographische Einheit Norddeutsches Tiefland ist flächenmäßig ausgedehnt und ihre Begrenzung nicht streng definiert. Die benachbarten Bereiche sind im Westen das Ruhrgebiet und die Niederrheinische Bucht, im Süden das Rheinische Schiefergebirge und die Hessische Senke, im Osten, etwas unklar benannt, die Übergangszone /2/. Die in /3/ lediglich wegen der

Bebentätigkeit vor dem Jahr 1500 in dieser Übergangszone ausgewiesene Prignitz-Altmark-Zone erscheint unbegründet und wird hier nicht weiter berücksichtigt.

Erdbeben, die bei der Bestimmung des seismischen Risikos für den Standort des Endlagers Konrad in Anlehnung an KTA 2201 in einem Umkreis von ca. 50 km und ca. 200 km um den Standort zu berücksichtigen sind, enthält Tabelle 3.1.9.3/1. Angegeben sind, getrennt nach erdbebengeographischen Einheiten, alle bekannten Beben ab dem Jahre 1 000, sofern die zur Verfügung stehenden historischen Dokumente bzw. instrumentellen Aufzeichnungen die Festlegung des Epizentrums und der Bebenstärke zuließen und diese Beben entweder makroseismisch verspürt wurden oder eine Magnitude von  $M_l \geq 2.0$  hatten. In Abbildung 3.1.9.3/2 sind die Epizentren dieser Erdbeben dargestellt. Die Beschränkung auf einen Umkreis von 200 km erfolgt nicht streng, da sich die Epizentren aus vorinstrumenteller Zeit oft nur annähernd aus den bekanntgewordenen makroseismischen Wahrnehmungen abschätzen lassen. Nicht berücksichtigt sind in Tabelle 3.1.9.3/1 die Ereignisse aus dem Ruhrgebiet, da deren Energie zu gering ist und die Grenze zwischen Ruhrgebiet und Standortzone zu weit entfernt liegt, um noch auf den Standort Auswirkungen zu zeigen. Ereignisse nach 1984 konnten nicht berücksichtigt werden, da hierfür die Zusammenstellungen der Erdbeben durch die deutschen seismologischen Observatorien noch nicht publiziert sind.

Die meisten Erdbeben sind tektonischen Ursprungs; vulkanische Beben treten derzeit in Deutschland nicht auf, Einsturzbeben sind hier seltene Ereignisse. Erdbeben können auch in Folge menschlicher Tätigkeiten induziert werden, so z. B. in Bergbaugebieten durch die mit der Anlage von Grubenbauen einhergehende Störung des natürlichen Spannungszustandes. Tektonische Beben setzen neben einem ausreichenden Spannungsangebot Ge-



steinsformationen voraus, die fähig sind, elastische Deformationsenergie zu speichern und diese im Erdbebenprozeß zum Teil in Form von seismischer Wellenenergie abzugeben. Die zweite mögliche Bebenart sind Einsturzbeben, die in Gebieten mit oberflächennahen Vorkommen löslicher Gesteine (Salz-, Sulfat- und Karbonatgesteine) infolge unterirdischer Materialablaugung oder als Folgeerscheinungen bergmännischen Abbaus auftreten können. Da Norddeutschland reich an Salzstrukturen ist, wobei manche bis in die Grundwasserstockwerke aufgestiegen sind, erfolgt eine Bebenanalyse zur Ergründung der Ursachen. Das Hauptmerkmal von Beben mit geringer Herdtiefe, wie bei Einsturzbeben, ist eine punktuell hohe makroseismische Intensität mit nach außen rasch abnehmender Wirkung. Tektonische Beben dagegen verursachen wegen ihrer im allgemeinen tieferen Herdlage Erschütterungen über eine größere Fläche bei nach außen langsam abklingender Intensität.

Das bedeutendste Erdbeben im Norddeutschen Tiefland ereignete sich am 23.08.1410 in der Prignitz mit der Intensität VII /5/. Wegen des großen Schütterradius von ca. 180 km muß es tektonischen Ursprungs gewesen sein. Ein zweites tektonisches Schadbaben, ebenfalls mit der Intensität VII, erschütterte am 03.09.1770 das Gebiet um Alfhausen im nördlichen Vorland des Wiehengebirges. Das Erdbeben vom 02.06.1977 bei Soltau mit der Intensität V bis VI ist das erste im norddeutschen Flachland, das dort seit Beginn der instrumentellen Erdbebenaufzeichnung beobachtet worden ist. Die aus den Seismogrammen gewonnenen Informationen sind typisch für ein tektonisches Beben. Die beiden möglichen Verschiebungsflächen der Herdflächenlösung sind Schrägaufschiebungen mit vorherrschender horizontaler Bewegungskomponente. Die NNW-SSE streichende und steil einfallende Herdfläche läßt sich mit einer das Herdgebiet querenden und mehrere Kilometer tief liegenden tektonischen Verwerfung korrelieren.



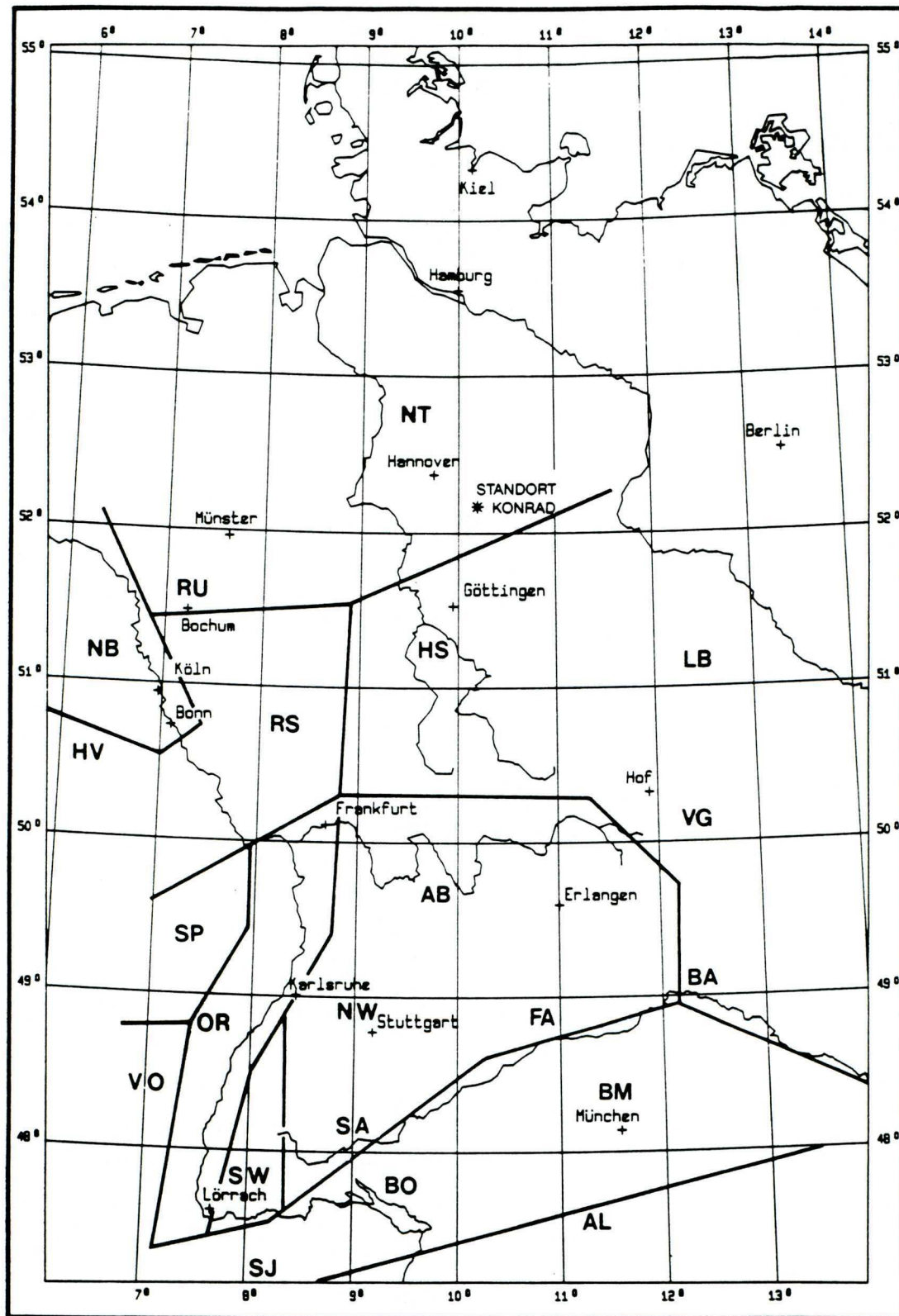


Abbildung 3.1.9.3/1: Erdbebengeographische Einteilung der Bundesrepublik Deutschland mit Randgebieten (nach /1/).

AB: Aschaffener Becken und Main-Gebiet, AL: Alpen, BA: Böhmisches Massiv, BM: Bayerische Molasse, BO: Bodenseegebiet und Oberschwaben, FA: Fränkische Alb, HS: Hessische Senke, HV: Hohes Venn, LB: Leipziger Bucht, NB: Niederrheinische Bucht mit Randgebieten, NT: Norddeutsches Tiefland, NW: Nordwürttemberg, OR: Oberrhein-Graben mit Randgebieten, RU: Ruhrgebiet, RS: Rheinisches Schiefergebirge (Hunsrück, Mittelrheintal, Taunus), SA: Schwäbische Alb, SJ: Schweizer Jura, SP: Saar-Nahe-Gebiet und Pfälzer Wald, SW: Schwarzwald, VG: Vogtland, VO: Vogesen.

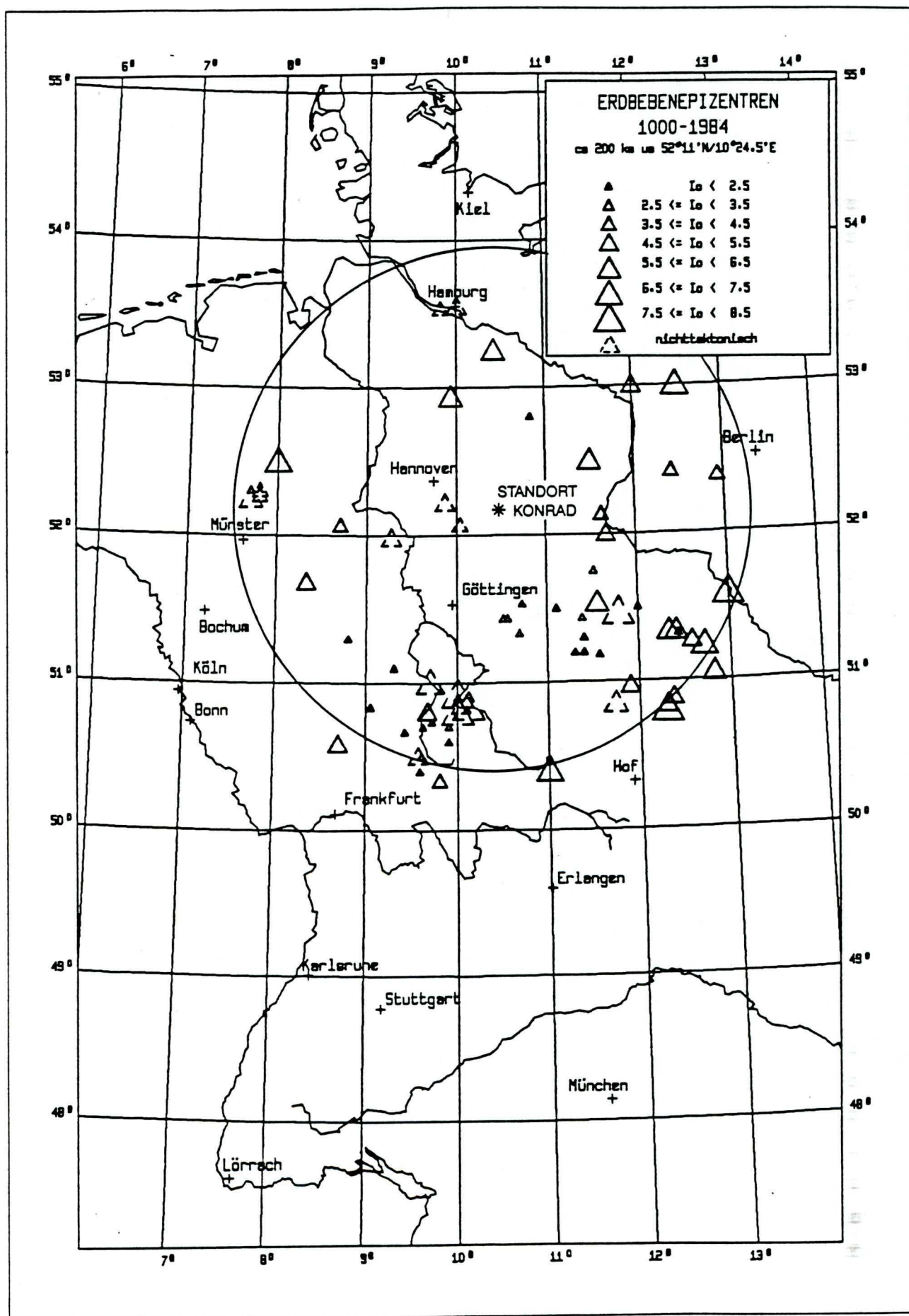


Abbildung 3.1.9.3/2: Karte der Erdbebenepizentren (ohne Ruhrgebiet) im Umkreis von ca. 200 km um den Standort der Schachtanlage Konrad (\*) ( $I_0$  = Epizentralintensität) (nach /4/6/7/8/).



| Datum   |     |    | Uhrzeit<br>h min s | Koordinaten |         | Tiefe<br>km | Magnitude |     |     | Intens.<br>Io | Rs<br>km | Art | Dist<br>km | Epizentrum          |
|---|-----|----|--------------------|-------------|---------|-------------|-----------|-----|-----|---------------|----------|-----|------------|---------------------|
| a   | mon | d  |                    | Breite      | Länge   |             | MI        | Ms  | Mk  |               |          |     |            |                     |
| 1. Norddeutsches Tiefland                                     |     |    |                    |             |         |             |           |     |     |               |          |     |            |                     |
| 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        | Prignitz            |
| 1412  | 11  | 28 |                    | 53 00.      | 12 00.  |             |           |     |     | V             |          |     | 141        | Prignitz            |
| 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        | Plaue 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         | Soltau              |
| 1980  | 08  | 10 | 21:54:28           | 52 04.      | 10 02.  | 1           | 1.6       |     |     | III-IV        |          | B   | 29         | Bad Salzdettfurth   |
| 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 50.1     | 11 01.0 | 9           | 2.6       |     |     |               |          |     | 83         | Salzwedel           |
| 2. Hessische Senke und Rheinisches Schiefergebirge            |     |    |                    |             |         |             |           |     |     |               |          |     |            |                     |
| 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        | Heringen            |
| 1953  | 02  | 22 | 20:34:36           | 50 54.      | 10 00.  | 1           |           | 4.3 |     |               |          | G   | 146        | Heringen            |
| 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        | Sünna               |
| 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 Hunfeld        |
| 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            |
| 3. SE Standortbereich, Leipziger Bucht, Sachsen und Thüringen |     |    |                    |             |         |             |           |     |     |               |          |     |            |                     |
| 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       | 3.8 |     | VI            | 8        | E   | 175        | Stadtröda           |
| 1940  | 05  | 24 | 19:08:58           | 51 28.      | 11 47.5 | 1           |           | 5.5 |     | VIII          | 25       | G   | 124        | Krügernsall         |
| 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         |

Tabelle 3.1.9.3/1: Liste der Erdbeben im Umkreis von ca. 200 km um den Standort Konrad (52° 11' N – 10° 24.5' E) für die Jahre 1000 – 1984/4,6,7,8/

Erläuterungen: MI = lokale Magnitude; Ms = Oberflächenwellen-Magnitude; Mk = makroseismisch bestimmte Magnitude; Io = Epizentralintensität (12teilige MSK-Skala); Rs = makroseismischer Schuterradius; Art (= Bebenart): B = Ereignis im Bergbaugbiet; E = natürliches Einsturzbeben; G = Gebirgsschlag in Bergwerk; ohne Kennbuchstaben = tektonisch; Dist = Epizentralentfernung zum Standort Konrad



Im Umkreis von ca. 50 km um den Standort sind aus vorinstrumenteller Zeit nur wenige schwache Beben bekannt, deren Beschreibung nicht genügt, um verlässliche Intensitäts- und Epizentrumsbestimmungen durchführen zu können. In jüngster Zeit sind zwei Beben beobachtet worden; am 10.08.1980 in Bad Salzdetfurth und am 19.04.1983 in Ahrbergen bei Hildesheim, die trotz der relativ kleinen Magnituden von  $M_l = 1,6$  bzw.  $M_l = 1,8$  ( $M_l$  = lokale Magnitude) Erschütterungen der Intensität III bis IV bzw. V hervorriefen. Dies deutet auf flache Herdtiefen um 1 km hin und läßt auf einen Zusammenhang mit der in den Herdgebieten ausgeübten Bergbautätigkeit schließen.

Die Auswirkung von Erdbeben in den benachbarten erdbebengeographischen Zonen auf den Standort ist neben der Stärke von der Entfernung zwischen Zonenbegrenzung und Standort abhängig. Schadbaben in der Niederrheinnischen Bucht werden deshalb am Standort, wenn überhaupt, nur noch gering verspürt werden. Das Rheinische Schiefergebirge ist in seinem östlichen Teil seismisch gering aktiv. Die Hessische Senke weist neben wenigen schwachen tektonischen Beben beachtliche Schadbaben auf, deren Ursachen jedoch in natürlichen Ablaugungen von Zechsteinmaterial oder aber infolge großflächiger Einstürze von Grubenbauen zu finden sind. Südöstlich des Standortes ereigneten sich zwei bedeutende Schadbaben: am 17.08.1553 in der Leipziger Bucht bei Torgau und am 03.06.1872 das weitverspürte "Mitteldeutsche Erdbeben" bei Posterstein zwischen dem Ostrand des Thüringer Beckens und der Leipziger Bucht. Die Epizentralentfernung beträgt bei beiden Beben um 200 km. Während das ältere Beben der seismischen Aktivität der Leipziger Bucht zugerechnet werden kann, liegt das Beben von Posterstein im Bereich der NW-SE streichenden Finnestörung, die sich bis zur Hainleite verfolgen läßt und sich dort dem Standort auf etwa 100 km nähert. Unter der An-

nahme eines vergleichbaren Bebens in dieser Entfernung wäre am Standort mit einer Intensität von etwa V zu rechnen.

Aus der bisherigen Darstellung der seismologischen Verhältnisse ist erkennbar, daß den Erdbeben des Norddeutschen Tieflandes der entscheidende Einfluß bei der Abschätzung der seismischen Gefährdung des Standortbereiches zukommt. Die Epizentren der bekannten stärkeren Beben liegen meist in Entfernungen von 100 km und mehr, und ihre Wirkung auf den Standort dürfte den Intensitätsgrad IV kaum überschritten haben.

Ob zukünftig in der näheren Standortumgebung Erdbeben ähnlicher Stärke, wie im Norddeutschen Tiefland in der Vergangenheit beobachtet, auftreten können, ist entscheidend davon abhängig, ob jüngere Störungszonen als künftig mögliche Herdflächen vorhanden sind. Der Standort der Schachanlage Konrad liegt im Ostteil der Niedersächsischen Scholle. Diese wird im Norden vom Allertal-Lineament (NW-SE streichend) und im Süden von der Harznordrandüberschiebung (NW-SE streichend) begrenzt. Westlich der Schachanlage Konrad verläuft von SSW nach NNE die Salzstockkette Broistedt, Vechelde und Rolfsbüttel-Wendeburg. Neuere reflexionsseismische Messungen weisen auf eine Sockelstörung mit Sprunghöhen von einigen 100 m unterhalb des Salzstocks Rolfsbüttel-Wendeburg hin. Wegen des dort fraglichen Basaltvorkommens (Kap. 3.1.9.1) könnte auf eine Bewegung an dieser Störung während des Jungtertiärs im Miozän - Pliozän geschlossen werden; für jüngere Aktivitäten gibt es keinerlei Hinweise. Die südliche Fortsetzung dieser Störung bis unterhalb des Salzstocks Broistedt, d. h. ca. 2 km westlich des Standortes, konnte trotz spezieller reflexionsseismischer Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Es wird konservativerweise eine Störung im Präzechestein im Nahbereich des Standortes unterstellt, die bei



einem entsprechend orientierten Spannungsfeld und ausreichender Verformungsgeschwindigkeit als potentieller Erdbebenherd angesehen werden kann.

Neben der Möglichkeit eines tektonischen Bebens ist auch das Auftreten von Einsturzbeben 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 /9/. Voraussetzung für Einsturzbeben großer Schadenwirkung sind ausgedehnte Hohlräume in geringer Tiefe und das gleichzeitige Zusammenbruchgehen großflächiger Bereiche - 1 km<sup>2</sup> und mehr - des Hangenden. Bedingt durch die in weiten Teilen geringe Mächtigkeit des Gipshutes und dessen flache Überdeckung mit nachgiebigen tertiären und quartären Sedimenten lassen sich die für Schadbeben mit großer Schütterwirkung erforderlichen Hohlraumdimensionen aus Stabilitätsgründen nicht aufbauen. Eine Gefährdung des Standortes durch stärkere Einsturzbeben über den anderen benachbarten Salzstöcken ist schon allein wegen der größeren Entfernung nicht gegeben.

#### Seismische Lastannahmen über Tage

Die Ermittlung seismischer Lastannahmen für den Standort des Endlagers Konrad erfolgt in Anlehnung an KTA 2201.1. In dieser Regel wird die Angabe von zwei Bemessungserdbeben gefordert und deren Ermittlung erläutert:

"Das Auslegungserdbeben ist das Erdbeben mit der für den Standort größten Intensität, das unter Berücksichtigung einer näheren Umgebung des Standortes (in derselben seismotektonischen Einheit bis etwa 50 km vom Standort) in der Vergangenheit aufgetreten ist."

"Das Sicherheitserdbeben ist das Erdbeben mit der für den Standort größten Intensität, das unter Berücksich-



tigung einer größeren Umgebung des Standortes (bis etwa 200 km vom Standort) nach wissenschaftlichen Erkenntnissen auftreten kann."

Die Festsetzung der für einen Standort gültigen Bemessungserdbeben und der zugehörigen Beschleunigungen ist u. a. wie folgt geregelt:

"Wenn sich Epizentren oder Bereiche höchster Intensität von historisch berichteten Erdbeben in der gleichen tektonischen Einheit wie der Standort befinden, ist bei der Ermittlung der Beschleunigung am Standort anzunehmen, daß diese Erdbeben in der Nähe des Standortes eintreten."

Bei der Darstellung der seismologischen Verhältnisse wurde bereits die oben verlangte Einteilung der bekannten Erdbeben in zwei Entfernungsbereiche berücksichtigt. Daraus geht hervor, daß im Umkreis von 50 km um den Standort außerhalb von Bergbaugebieten keine tektonischen Beben bekannt sind, deren Intensitäten den Wert V erreicht haben. Auch die Erdbebenzonenkarte der KTA 2201.1 weist für dieses Gebiet die Zone 0 aus; dies besagt, daß hier eine sehr geringe seismische Gefährdung vorliegt, und die Intensität V nach den bisherigen Erfahrungen nicht überschritten wurde.

Das Auslegungserdbeben mit den zugehörigen maximalen Bodenbeschleunigungen wird deshalb wie folgt festgelegt:

|  |                           |
|--|---------------------------|
| Intensität                                   | $I_0 = V$                 |
| max. Beschleunigung horizontal               | $a_h = 33 \text{ cm/s}^2$ |
| max. Beschleunigung vertikal                 | $a_v = 20 \text{ cm/s}^2$ |
| jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeit*) | $W_u = 10^{-3}$           |

\*) Extremwertstatistik nach /10/

Die Erschütterungen der Intensität V stellen keine Gefahr für Gebäude dar.

Das für die Festlegung des Sicherheitserdbebens wichtigste Ereignis ist das tektonische Schadbeben aus dem Jahre 1410 mit der Intensität VII. Sein Herd lag in der Prignitz, ca. 170 km vom Standort entfernt, die Herdtiefe betrug etwa 15 km. Das Auftreten eines vergleichbaren Ereignisses in Standortnähe ist denkbar. Für eine potentielle Herdlinie kommt die dem Standort nächstgelegene vermutete Sockelstörung im Bereich der Salzstockkette Broistedt, Vechelde und Rolfsbüttel-Wendeburg in Betracht. Es wird unterstellt, daß diese Störung eine jungtertiäre Bewegungsphase hinter sich hat. Die Störungszone ist an ihrer nächstliegenden Stelle 2 km vom Standort entfernt. Andere Störungszonen mit ähnlicher Bedeutung wurden in der näheren Umgebung des Standortes nicht festgestellt.

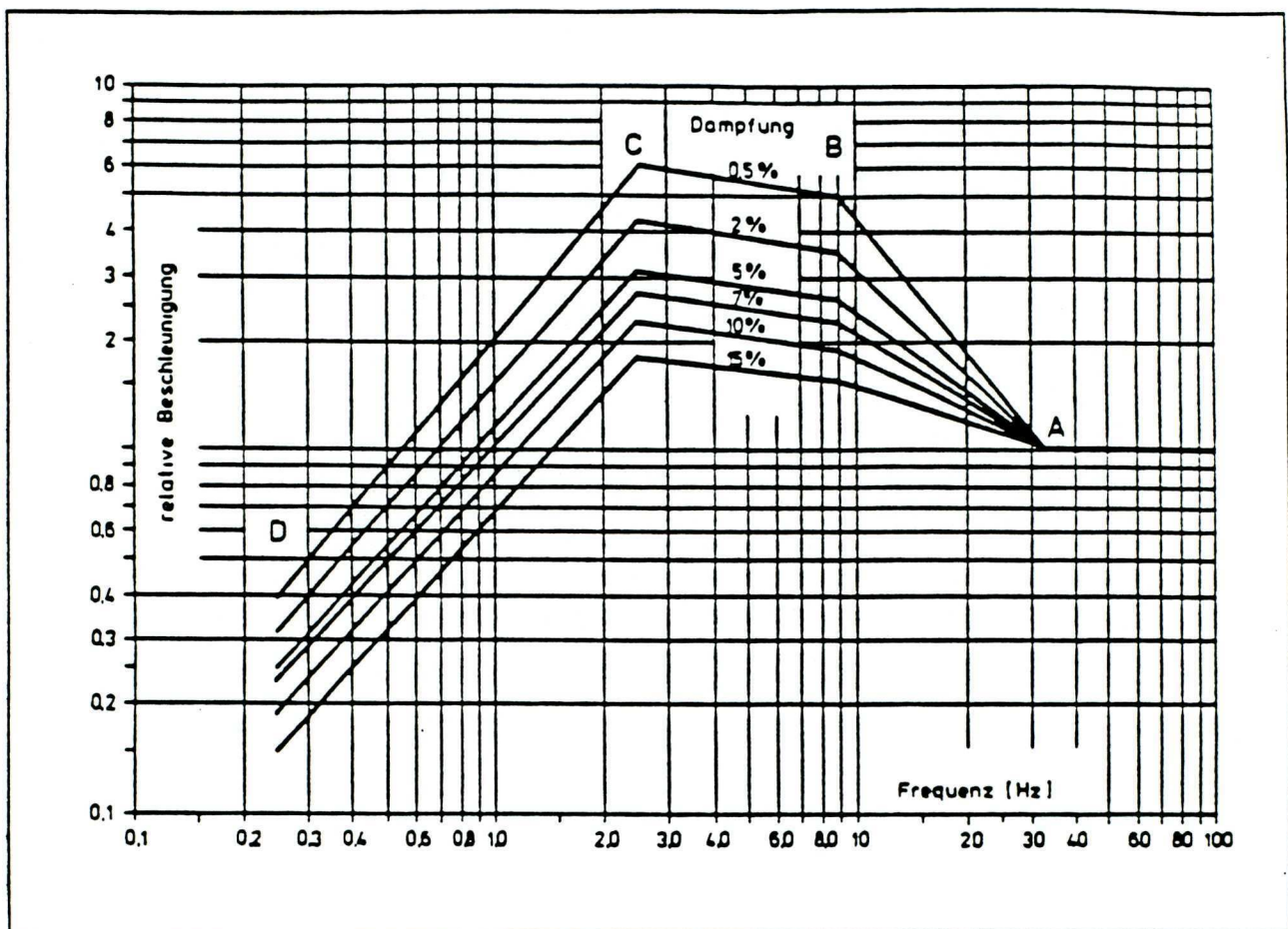
Das Sicherheitserdbeben mit den zugehörigen maximalen Bodenbeschleunigungen wird deshalb wie folgt festgelegt:

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Intensität  | $I_0 = VII$                |
| max. Beschleunigung horizontal                          | $a_h = 120 \text{ cm/s}^2$ |
| max. Beschleunigung vertikal                            | $a_v = 60 \text{ cm/s}^2$  |
| jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeit*)            | $W_u = 4 \cdot 10^{-6}$    |
| Dauer der Starkbebenphase für $a_h > 50 \text{ cm/s}^2$ | $D = 5 \text{ s}$          |
| für $a_h > 100 \text{ cm/s}^2$                          | $D = 3 \text{ s}$ .        |

Der für das Sicherheitserdbeben bestimmte Intensitätswert liegt mindestens um zwei Intensitätsstufen über dem am Standort in historischer Zeit beobachteten. Dies bedeutet ein hohes Maß an Sicherheit und deckt eventuelle Erdbebenrisiken nach dem heutigen Kenntnisstand der Seismologie zuverlässig ab.

\*) Extremwertstatistik nach /10/





Faktoren K zur Ermittlung des jeweiligen Bemessungsspektrums.

**Auslegungserdbeben**  $I_0 = V$

horizontal:  $K_h = 0.33 \text{ ms}^{-2}$

vertikal:  $K_v = 0.20 \text{ ms}^{-2}$

**Sicherheitserdbeben**  $I_0 = VII$

horizontal:  $K_h = 1.2 \text{ ms}^{-2}$

vertikal:  $K_v = 0.6 \text{ ms}^{-2}$

| Dämpfungsanteil<br>in % der krit.<br>Dämpfung | Vergrößerungsfaktoren für den Einhängewert bei den<br>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        |

Abbildung 3.1.9.3/3: Freifeld - Standardantwort - Spektrum nach /11/



Die durch probabilistische Analyse gefundene jährliche Überschreitenswahrscheinlichkeit, der allerdings wegen der kleinen Datenbasis große Unsicherheit anhaftet und die deshalb nur die Größenordnung angibt, spiegelt wider, daß das Norddeutsche Tiefland ein erdbebenarmes Gebiet ist. Das vorgeschlagene Sicherheitserdbeben wird demnach statistisch einmal in 250 000 Jahren überschritten.

Zur frequenzabhängigen Beschreibung der seismischen Anregung werden Beschleunigungsantwortspektren benötigt, die nach Möglichkeit die standortspezifischen Verhältnisse berücksichtigen sollen. Die Berechnung der Bodenübertragungsfunktion, unter der Annahme des Untergrundmodells aus Tabelle 3.1.9.3/2, ergab im interessierenden Frequenzbereich (0,1 Hz bis 30 Hz) bei 0,15 Hz bis 0,7 Hz eine maximale Bodenverstärkung um den Faktor 2 und zu höheren Frequenzen bis 4 Hz eine um den Faktor 1,4. Diese Überhöhungen werden durch die Standardantwortspektren, die in /11/ enthalten sind, zuverlässig abgedeckt, so daß diese Spektren hier als Beschleunigungs-Antwortspektren angesetzt werden können.

In Abbildung 3.1.9.3/3 sind die Standardantwortspektren in einem relativen Maßstab für verschiedene Dämpfungen dargestellt. Die in der Abbildung eingetragenen Skalierungsfaktoren  $K$  entsprechen den oben angegebenen Beschleunigungswerten der Bemessungserdbeben. Durch Multiplikation der Kurvenwerte mit dem für die jeweilige Bewegungskomponente gültigen Faktor  $K$  des entsprechenden Bemessungserdbebens ergibt sich der gesuchte Spektralwert der Beschleunigung. Damit sind alle für die seismische Lastannahme benötigten Größen für Bauwerke festgelegt.

Seismische Lastannahmen unter Tage

Zur Ermittlung seismischer Lastannahmen für den tiefen Untergrund sowie zur Beurteilung der Wechselwirkungen zwischen untertägigen Hohlräumen und seismischen Wellen existieren keine anerkannten technischen Regeln. Der Grund hierfür liegt darin, daß in untertägigen Bauwerken (Tunnel, Bergwerke), selbst nach stärkeren Erdbeben nur in Ausnahmefällen Schäden durch Bebenwirkung beobachtet wurden /12/. Damit stellt sich bei konventionellen Bergwerken nicht die Frage nach der Erdbebensicherheit des Grubengebäudes. Die Ermittlung seismischer Lastannahmen für das Grubengebäude des Endlagers Konrad erfolgt, soweit möglich, in Anlehnung an die KTA 2201.1. Die Aussagen über Beanspruchungen des Gebirges in der unmittelbaren Umgebung des Grubengebäudes basieren auf Ergebnissen allgemeiner analytischer und numerischer Berechnungen und Studien.

Grundlagen der Betrachtungen bilden die seismologischen Verhältnisse am Standort und die seismischen Lastannahmen für über Tage.

Die zu erwartenden maximalen Schwinggeschwindigkeiten an der Erdoberfläche sind aus den maximalen Bodenbeschleunigungen ( $1,2 \text{ m/s}^2$  bzw.  $0,33 \text{ m/s}^2$ ) und der zum Kontrollpunkt C des Standardantwortspektrums gehörenden Frequenz  $f_c$  (Abb. 3.1.9.3/3) abzuleiten:

$$\text{Maximale Schwinggeschwindigkeit } v_{\max} = \frac{a_{\max}}{2 \cdot \pi \cdot f_c}$$

$$\text{Sicherheitserdbeben: } v_{\max} = 7,6 \text{ cm/s}$$

$$\text{Auslegungserdbeben: } v_{\max} = 2,1 \text{ cm/s}$$

Aus den Ergebnissen der seismischen Erkundungsarbeiten wurde ein Untergrundmodell für den Standort Konrad



unter Berücksichtigung der in der Untersuchungsbohrung Konrad 101 ermittelten seismischen Geschwindigkeiten abgeleitet. Das Untergrundmodell berücksichtigt nur Schichtgrenzen, die für das Studium der Ausbreitung seismischer Wellen im Rahmen der Fragestellung von Bedeutung sind. In Tabelle 3.1.9.3/2 sind die in den Modellrechnungen benutzten Materialkennwerte und Tiefenlagen der Schichtgrenzen zusammengefaßt.

Vielfach wird vorgeschlagen, die maximale Amplitude der seismischen Wellen im Untergrund mit 50 % der maximalen Amplitude an der Erdoberfläche anzusetzen. Dies beruht auf der Tatsache, daß die Amplituden einer an der freien Oberfläche reflektierten Welle an der Oberfläche doppelt so hoch sind, wie die der einfallenden Welle. Dieser Argumentation wird hier aus folgenden Gründen nicht gefolgt:

Messungen und Beobachtungen geben keine eindeutige Aussage über die Abhängigkeit der Amplituden seismischer Wellen von der Tiefe. Beobachtungen in drei Bergwerken nahe dem Epizentrum des Tang-Shan-Bebens vom 27.07.1976 zeigen eine Abnahme der Intensität (I) mit der Teufe von I = XI (an der Erdoberfläche) auf I = VII in 700 m Teufe /13/. Messungen seismischer Ereignisse geringer Intensität in der Hitachi Kupfermine /14/ zeigten dagegen, daß, nach anfänglicher Abnahme der Maximalamplituden mit der Teufe, bei 450 m die an der Erdoberfläche gemessenen Amplituden nahezu wieder erreicht wurden. Ähnlich widersprüchliche Ergebnisse aus Bohrlochmessungen /15/ demonstrieren, daß die Abhängigkeit der maximalen Amplituden seismischer Wellen von der Teufe durch lokale geologische Verhältnisse, insbesondere durch oberflächennahe Schichten, maßgeblich beeinflusst ist.

Zur Berücksichtigung der geologischen Gegebenheiten am Standort Konrad wurden Modellrechnungen auf der Basis des in Tabelle 3.1.9.3/2 angegebenen Untergrundmodells



durchgeführt, um für den Untergrund des Standortes die seismischen Lastannahmen festlegen zu können. Wegen der im Vergleich zur anzusetzenden Herdtiefe geringen Epizentralentfernung (2 km) der möglichen Herdlinie vom Standort sind Berechnungen nur für vertikal propagierende Kompressions- und Scherwellen erforderlich, da die Amplituden der Oberflächenwellen unter diesen Annahmen keinen Einfluß auf die abzuleitenden Lastannahmen haben. Der Untergrund wurde sowohl als homogener Halbraum (für grundsätzliche Studien), als auch als horizontal geschichtetes Medium entsprechend Tabelle 3.1.9.3/2 modelliert.

Aus den Berechnungen für den homogenen Halbraum folgt:

Durch phasengleiche Überlagerung der einfallenden und der an der Erdoberfläche reflektierten Welle sind bei senkrechtem Einfall die maximalen Amplituden an der Oberfläche doppelt so hoch wie die der einfallenden Welle. Die Maximalamplitude nimmt dann, betrachtet man nur eine Anregung mit einer einzelnen Schwingung, mit zunehmender Teufe durch die zunehmende Phasenverschiebung zwischen einfallender und reflektierter Welle ab. Die Abnahme mit der Teufe ist dabei abhängig von der Wellenlänge. Enthält ein Signal mehrere Schwingungen, so überlagern sich auch in größeren Teufen, abhängig von der Gesamtdauer des Signals, einfallende und reflektierte Wellen. Dabei entstehen abhängig vom Frequenzgehalt des Signals in unterschiedlichen Teufen konstruktive und destruktive Interferenzen. Damit können auch in größerer Teufe Amplituden wie an der Erdoberfläche erreicht werden. Die Teufe, bis zu der sich die Wellen überlagern, ist abhängig von der Gesamtdauer des Signals und den seismischen Geschwindigkeiten im Untergrund. In der Teufe des Endlagerbergwerks ist bei seismischen Ereignissen, deren Starkbebenphase länger als ca. 0,8 s anhält, mit derartigen Überlagerungen zu rechnen.

Ausgehend vom homogenen Halbraum sind die Lastannahmen für die Tiefe genauso wie für die Erdoberfläche anzusetzen. Abweichende Lastannahmen wären nur durch den Einfluß der geologischen Gegebenheiten zu begründen.

Berechnungen unter der Annahme eines horizontal geschichteten Untergrundes mit Berücksichtigung der Dämpfung ergeben eine Abnahme der maximalen Amplituden für die Teufenlage des Bergwerks auf 60 % bis 75 % der Amplituden an der Erdoberfläche. Trotz der Unsicherheiten in der Festlegung der Dämpfung und der vereinfachenden Modellabbildung kann angenommen werden, daß aufgrund der lokalen geologischen Gegebenheiten des Standortes eine Abnahme der Maximalamplituden der seismischen Wellen mit der Tiefe erfolgt. Damit ist die Festlegung der seismischen Lastannahmen für das Grubengebäude des Endlagers Konrad auf die für die Erdoberfläche festgesetzten Werte nach heutigem Kenntnisstand als konservativ zu bezeichnen. Für den Untergrund des Standortes Konrad müssen daher für den Lastfall Erdbeben nach heutigem Kenntnisstand folgende Werte festgelegt werden:

Sicherheitserdbeben:

|  |                            |
|--|----------------------------|
| max. Beschleunigung horizontal         | $a_h = 120 \text{ cm/s}^2$ |
| max. Schwinggeschwindigkeit horizontal | $v_h = 7,6 \text{ cm/s}$   |
| max. Beschleunigung vertikal           | $a_v = 60 \text{ cm/s}^2$  |
| max. Schwinggeschwindigkeit vertikal   | $v_v = 3,8 \text{ cm/s}$   |

Auslegungserdbeben:

|  |                           |
|--|---------------------------|
| max. Beschleunigung horizontal         | $a_h = 33 \text{ cm/s}^2$ |
| max. Schwinggeschwindigkeit horizontal | $v_h = 2,1 \text{ cm/s}$  |
| max. Beschleunigung vertikal           | $a_v = 20 \text{ cm/s}^2$ |
| max. Schwinggeschwindigkeit vertikal   | $v_v = 1,3 \text{ cm/s}$  |

Aus den maximalen Schwinggeschwindigkeiten folgen dann mit den entsprechenden seismischen Geschwindigkeiten in der Tiefe (Kompressionswellengeschwindigkeit  $v_p = 3\,780 \text{ m/s}$ ; Scherwellengeschwindigkeit  $v_s = 2\,120 \text{ m/s}$ )



und der Dichte des Gesteins ( $\rho = 2\,500\text{ kg/m}^3$ ) die maximalen dynamischen Zusatzspannungen (Normalspannung  $\sigma$ , Scherspannung  $\tau$ ) im unverritzten Gebirge zu:

$$\sigma_{\max} = \rho \cdot v_p \cdot v_{\max}$$

$$\sigma_{\max} = \rho \cdot v_s \cdot v_{\max}$$

Sicherheitserdbeben:  $\sigma_{\max} = \pm 0,72\text{ MPa}$ ;  $\tau_{\max} = 0,40\text{ MPa}$

Auslegungserdbeben:  $\sigma_{\max} = \pm 0,20\text{ MPa}$ ;  $\tau_{\max} = 0,11\text{ MPa}$

Die Wechselwirkungen zwischen tiefen untertägigen Hohlräumen und seismischen Wellen sind bisher lediglich am Beispiel von Hohlräumen mit kreisrundem Querschnitt in einem homogenen isotropen Vollraum eingehend untersucht. Für diesen Fall existieren analytische Lösungen /16/. Berechnungen für andere Geometriebeispiele /17/ mit numerischen Methoden lassen den Schluß zu, daß die aus den Lösungen für den Hohlraum mit kreisrundem Querschnitt gewonnenen Erkenntnisse weitgehend auf andere Hohlraumgeometrien übertragbar sind.

Bei der Wechselwirkung zwischen Hohlraum und Welle existieren zwei Bedingungen für das Verhältnis zwischen Hohlraumabmessung und Wellenlänge, unter denen ein Hohlraum den größten Beanspruchungen ausgesetzt ist. Einmal können bei Wellenlängen, die kleiner als der zweifache Hohlraumdurchmesser sind, Resonanzschwingungen angeregt werden, zum anderen ist das Gebirge um den Hohlraum den größten dynamischen Zusatzspannungen bei Wellenlängen ausgesetzt, die größer als der 12,5-fache Hohlraumdurchmesser sind.

Die Anregung von Resonanzen ist nach heutigem Kenntnisstand für untertägige Hohlräume des Endlagers wenig wahrscheinlich. Eine derartige Anregung kann bei den zu-



grunde gelegten Wellengeschwindigkeiten und Hohlraumdurchmessern von 8 m nur durch seismische Wellen mit Frequenzen über 100 Hz erfolgen.

Unter den genannten Voraussetzungen sind beim Lastfall Erdbeben Anregungen im Bereich derart hoher Frequenzen nur mit vernachlässigbaren Amplituden zu erwarten. Die Möglichkeit einer Anregung von Resonanzen eines untertägigen Hohlraumes durch Beebeneinwirkung ist erst bei Hohlraumdurchmessern von mehr als 25 m wahrscheinlich. Darüber hinaus ist zu bemerken, daß die Anregung eines tiefliegenden Hohlraumes in der Resonanzfrequenz zu einer weitaus geringeren Amplitudenüberhöhung führt, als es von übertägigen Bauwerken bekannt ist, da die Einbettung des Hohlraumes in das umgebende Gestein eine Energieabstrahlung ermöglicht, die eine starke Dämpfung der angeregten Schwingungen bewirkt.

Der Belastungsfall bei Wellenlängen, die größer sind als der 12,5-fache Hohlraumdurchmesser, muß dagegen berücksichtigt werden. Die maximalen dynamischen Tangentialspannungen in der Hohlraumwandung betragen nach der analytischen Lösung für einen kreisrunden Hohlraum in einem homogenen, isotropen Vollraum ( $\sigma_{\theta_{p_{\max}}}$  : Tangentialspannung bei Anregung durch Kompressionswelle;  $\sigma_{\theta_{s_{\max}}}$  : Tangentialspannung bei Anregung durch Scherwelle):

$$\sigma_{\theta_{p_{\max}}} = 3 \cdot \rho \cdot v_p \cdot v_{\max} \quad \sigma_{\theta_{s_{\max}}} = 4,5 \cdot \rho \cdot v_s \cdot v_{\max}$$

Diese dynamischen Zusatzspannungen nehmen mit der Entfernung vom Hohlraum sehr schnell auf die für das unverritzte Gebirge angegebenen Werte ab. Sie sind daher nur in der unmittelbaren Umgebung des Hohlraumes zu berücksichtigen. Die maximalen dynamischen Zusatz-

spannungen für einen untertägigen Hohlraum am Standort Konrad können wie folgt festgelegt werden:

Auslegungserdbeben:  $\sigma_{\theta_{p_{\max}}}$  = 0,6 MPa;  $\sigma_{\theta_{s_{\max}}}$  = 0,50 MPa

Sicherheitserdbeben:  $\sigma_{\theta_{p_{\max}}}$  = 2,2 MPa;  $\sigma_{\theta_{s_{\max}}}$  = 1,8 MPa

| Schicht<br>Nr. | Teufe<br>in m   | Mächt-<br>keit<br>in m | $v_p$<br>in m/s | $v_s$<br>in m/s | $v_p/v_s$ | Dichte<br>in kg/m <sup>3</sup> | Poisson-<br>Zahl | Dämpfung<br>Beta ( $v_s$ ) | Beta ( $v_p$ ) |
|----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------------------|------------------|----------------------------|----------------|
| 1              | 0 – 10          | 10                     | 1650            | 750             | 2,2       | 2100                           | 0,37             | 0,0234                     | 0,0035         |
| 2              | 10 – 260        | 250                    | 3070            | 1720            | 1,78      | 2500                           | 0,27             | 0,0085                     | 0,0035         |
| 3              | 260 – 720       | 460                    | 2430            | 1370            | 1,78      | 2200                           | 0,27             | 0,0112                     | 0,0047         |
| 4              | 720 – 1220      | 500                    | 3780            | 2120            | 1,78      | 2500                           | 0,27             | 0,0065                     | 0,0027         |
| 5              | 1220 – 1370     | 150                    | 3210            | 1800            | 1,78      | 2600                           | 0,27             | 0,0079                     | 0,0033         |
| 6              | 1370 – 1640     | 270                    | 3570            | 2000            | 1,78      | 2500                           | 0,27             | 0,0070                     | 0,0029         |
| 7              | 1640 – 1940     | 300                    | 3960            | 2220            | 1,78      | 2400                           | 0,27             | 0,0062                     | 0,0025         |
| 8              | 1940 – 2630     | 690                    | 4770            | 2680            | 1,78      | 2500                           | 0,27             | 0,0048                     | 0,0020         |
| 9              | 2630 – 2750     | 120                    | 4500            | 2530            | 1,78      | 2200                           | 0,27             | 0,0052                     | 0,0021         |
| 10             | 2750 – 3000     | 250                    | 5500            | 3180            | 1,73      | 2700                           | 0,25             | 0,0000                     | 0,0000         |
| 11             | 3000 – $\infty$ |                        | 5500            | 3180            | 1,73      | 2700                           | 0,25             | 0,0000                     | 0,0000         |

Tabelle 3.1.9.3/2: Materialkennwerte und Tiefenlage der Schichtgrenzen des zugrundegelegten Untergrundmodells

$v_p$  = Kompressionswellengeschwindigkeit

$v_s$  = Scherwellengeschwindigkeit



Literaturverzeichnis

- / 1/ AHORNER, L. & MURAWSKI, H. & SCHNEIDER, G. (1970):  
Die Verbreitung schadenverursachender Erdbeben auf  
dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. - Z. f.  
Geophys., 36: 313-343, 6 Abb., 2 Tab.; Würzburg.
  
- / 2/ SCHENK, V. & GRÜNTAL, G. & SCHENKOVA, Z. (1984):  
Seismic Hazard Assesment for the German Democratic  
Republic. - Engineering Geology, 20: 73-88, 7 Abb.,  
1 Tab.; Amsterdam.
  
- / 3/ GRÜNTAL, G. (1981): Zur Seismizität des Terri-  
toriums der DDR. - Gerlands Beitr. Geophys. 90:  
202-211, 7 Abb.; Leipzig.
  
- / 4/ LEYDECKER, G. (1986): Erdbebenkatalog für die Bun-  
desrepublik Deutschland mit Randgebieten für die  
Jahre 1000-1981. - Geol. Jb., E 36: 3-83, 7 Abb.,  
2 Tab.; Hannover.
  
- / 5/ LEYDECKER, G. (1980): Erdbeben in Norddeutschland.  
- Z. dt. geol. Ges., 131: 547-555, 2 Abb., 3 Tab.;  
Hannover.
  
- / 6/ HENGER, M. & LEYDECKER, G. (Hrsg.), (1987): Erdbe-  
ben in der Bundesrepublik Deutschland 1982. -  
60 S., 25 Abb., 4 Tab.; Hannover (Bundesanstalt  
für Geowissenschaften und Rohstoffe).
  
- / 7/ HENGER, M. & LEYDECKER, G. (Hrsg.), (1988): Erdbe-  
ben in der Bundesrepublik Deutschland 1983. -  
55 S., 16 Abb., 4 Tab.; Hannover (Bundesanstalt  
für Geowissenschaften und Rohstoffe).

- / 8/ HENGER, M. & LEYDECKER, G. (Hrsg.), (1988): Erdbeben in der Bundesrepublik Deutschland 1984. - 57 S., 19 Abb., 5 Tab.; Hannover (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).
  
- / 9/ PREUL, F. (1968): Die Subrosion am Salzstock von Salzgitter-Lebenstedt. - Geol. Jb., 85: 809-816, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
  
- /10/ GUMBEL, E.J. (1958): Statistics of Extremes. - 375 S.; New York, London.
  
- /11/ KTA-Dok. 2201.2.1/77/5 (1977): Vorbericht an den Kerntechnischen Ausschuß (KTA). - Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen. Teil: 2.1. Kenndaten seismischer Erregung, seismologische Kenndaten.
  
- /12/ OWEN, G. N. & SCHOLL, R. E. (1981): Earthquake engineering of large underground structures. - Report N. JAB-000-128, URS/J. A. Blume Associates; San Francisco.
  
- /13/ WANG JING-MING (1985): The distribution of earthquake damage to underground facilities during the 1976 Tang-Shan earthquake. - Earthquake Spectra, 1 (4): 741-757; Berkeley.
  
- /14/ 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; Tokyo.

- /15/ OMOTE, S. & OHSAWA, Y. & OHMURA, B. & IIZUKA, S. & OHTA, T. & TAKAHASHI, K. (1984): Observation of earthquake strongmotion with deep boreholes - an introductory note for Iwaki and Tomioka observation station in Japan. - Proc. 8th World Conference on Earthquake Engineering: 247-254; San Francisco.
- /16/ MOW, C. C. & PAO, Y. H. (1971): The diffraction of elastic waves and dynamic stress concentrations. - R-482-PR, Report for the U. S. Air Force Project Rand - . - 693 S.; London.
- /17/ KOBAYASHI, S. & NISHIMURA, N. (1982): Dynamic analysis of underground structures by the integral equation method. - Proc. 4th Conf. on Numerical Methods in Geomechanics, EISENSTEIN, Z. (Ed.): 401-410; Edmonton.



#### 3.1.9.4 Lagerstätte

Aus alten Bohrungen der Erdölindustrie und der auf Eisenerz prospektierenden Stahlindustrie liegen im Bereich um die Salzstöcke Broistedt, Vechelde, Rolfsbüttel-Wendeburg, Gifhorn und Vorhop Daten über Eisengehalte des Korallenoolith (Oxford) vor /1/.

Aus der Mächtigkeitsverteilung im Dogger und Malm (Kap. 3.1.9.1 und 3.1.9.2) geht hervor, daß diese vorwiegend von der Abwanderung von Zechsteinsalz in die sich bildenden Salzstöcke abhängt. Salzstockentstehung und Sedimentation in den Randsenken sind damit syngenetische Vorgänge. Das gilt auch für die Bildung der Eisenerzlager im Korallenoolith. Sie sind östlich und westlich der Salzstöcke in getrennten Senkungsräumen gebildet worden. Verbindungen zwischen den Sedimentationsräumen gab es erst nördlich des Salzstocks Rolfsbüttel-Wendeburg. Die getrennte Entwicklung in der östlichen und westlichen Randsenke der Salzstruktur Broistedt - Vechelde geht aus Abbildung 3.1.9.4/1 hervor. Dargestellt ist hier die Verbreitung und Ausbildung des Unteren Lagers. Die ehemalige Bauwürdigkeitsgrenze /1/ umschließt den Bereich mit durchschnittlich 30 % Fe und 10 m Mächtigkeit. Einen Überblick über die Stratigraphie und Gesteinsausbildung der Oxfordschichten mit ihren unmittelbaren Liegend- und Hangendschichten gibt Tabelle 3.1.9.4/1.

In der Schachtanlage Konrad ist die Schichtenfolge des erzführenden Mittleren Korallenoolith etwa 50 m mächtig.

Das Untere Lager folgt mit seinem Mächtigkeitsmaximum der Randsenkenachse im Malm. Somit erklären sich die faziellen Veränderungen, die in untertägigen Aufschlüssen und in Bohrungen festgestellt wurden.

Im Südwesten des Grubenfeldes tritt der primäre Rand des Erzbeckens in Form eines auf kurze Distanz auskeilenden Lagers in Erscheinung. Dabei geht die oolithische Brauneisenführung in ein gelbbraunes, goethitisch imprägniertes, stromatolithisches Algenlager über, in dem in Zwickeln noch einzelne Brauneisenoide anzutreffen sind. Gleichzeitig fallen hier der Erzkalk und die Tonmergelsteine des Unteren Korallenoolith aus. Das Liegende bilden sehr feste, verkieselte und karbonatische Feinsandsteine, die dem Lithofaziestyp der Heersumer Schichten entsprechen. Seine biostratigraphische Einstufung ist wegen des Fehlens von Leitfossilien nicht möglich. Eine schwache Winkeldiskordanz zwischen dem stromatolithischen Lageräquivalent und dem Liegenden unterstreicht die Vorstellung einer mit dem Korallenoolith des Wesergebirges vergleichbaren Emersion im Oberoxford. Die Bohrung Hallendorf 1 zeigt eine entsprechende Situation. Hier reicht jedoch der Aufschluß tiefer, so daß tonig-sandige Heersumer Schichten nachgewiesen wurden. Auch hier wird das Untere Lager durch ein Lageräquivalent vertreten.

Im Osten weisen die Befunde aus dem Grubengebäude sowie den Bohrungen Konrad 101 und Bleckenstedt 2 - Mächtigkeitsabnahme des Unteren Lagers bei gleichzeitiger Zunahme der Karbonat- und Sandgehalte des Erzes - auf einen nahegelegenen Beckenrand hin.

Mit der Sedimentation mittel- bis dunkelgrauer schillföhrer Tonmergelsteine des Zwischenmittels wird die Ablagerung oolithischen Brauneisenerzes unterbrochen. Gelegentliche lokale linsenförmige Einlagerungen goethitischer Eisenoide, -onkoide und von Eisenerzgeröllen weisen auf die Umlagerung älteren Erzes hin.

Mit dem 4 m bis 10 m mächtigen Oberen Lager herrscht erneut karbonatische eisenschüssige Sedimentation, die das gesamte Becken erfaßt. Im Bereich des südwestlichen



Korallenoolith-Trograndes sind die Schichten des Oberen Lagers sandig-kalkig und nur sehr schwach eisenführend ausgebildet. Im Bereich der Trogachse sind vornehmlich kalkoolithische schill- und brauneisenooid-führende Schichten vorhanden. Nach Norden steigt die Mächtigkeit des Oberen Lagers bis auf ca. 14 m im Raum Adenbüttel an, jedoch bleiben die Fe-Gehalte unter denen des Unteren Lagers. Den Ostrand kennzeichnet wieder die Zunahme gelbbrauner Goethitooide, Sand- und Schillführung.

Die oolithischen Eisenerze der Schachtanlage Konrad werden zum Minette-Typ /2, 3, 4/ gerechnet. Aus der paläogeographischen Situation ist ein nahegelegenes Festland als Liefergebiet des zur Lagerstättenbildung notwendigen Eisens abzuleiten. In küstennahen Bereichen bildeten sich um Kristallisationskeime aus Quarzkörnchen, feinem Schalendetritus oder aufgearbeiteten Limonitkrusten konzentrisch-schalige Eisenooide, deren Durchmesser bei 0,4 mm bis 0,6 mm liegt. Sie werden vorwiegend durch die Minerale Goethit und oxidierten Chamosit aufgebaut. Nach ihrer Zusammensetzung wird das Eisenerz als Brauneisensilikat-Oolith angesprochen. Aufgrund der wechselnden Anteile von Calcit und Siderit im Erz können verschiedene Erztypen in der Lagerstätte unterschieden werden

- calcitischer Brauneisensilikat-Oolith (I),
- sideritisch-chamositischer Brauneisensilikat-Oolith (II),
- Übergangstyp (III) sowie
- dichtgepackter Brauneisensilikat-Oolith (IV).

Die mineralogische und chemische Zusammensetzung geht aus Tabelle 3.1.9.4/2 hervor.

Die chemischen Analysen weisen das Eisenerz aufgrund seines  $\text{CaO/SiO}_2$ -Verhältnisses als ein neutrales bis



schwach basisches Erz aus. Der  $\text{SiO}_2$ -Anteil stammt weitgehend aus freiem Quarz, der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Anteil der Ooide aus aluminiumreichem Chamosit sowie isomorph im Goethit eingebautem Aluminium.

Die vertikale Verteilung der Erzgehalte über ein Süd-Nord-Profil zeigt Tabelle 3.1.9.4/3.

Neuere Analysen liegen aus den untertägigen Erkundungsstrecken vor (Tab. 3.1.9.4/4). Die Analysenergebnisse aus dem Ort 101 S im Osten der früher abgebauten Feldesteile zeigen mit ihrem geringeren Erzgehalt und dem höheren  $\text{SiO}_2$ -Anteil schon Übergänge zur Randfazies.

Nach den seinerzeit gültigen Bewertungskriterien war die Erzlagerstätte der Schachtanlage Konrad bauwürdig. Nach den heutigen Erfordernissen der Hüttentechnik und nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist das Eisenerz der Schachtanlage Konrad ein nicht bauwürdiges Armerz. Auf absehbare Zeit wird sich an dieser Einstufung nichts ändern, da der Weltmarkt aufgrund der bekannten Vorräte kostengünstige Reicherze zur Verfügung stellen kann.

Literaturverzeichnis

- /1/ KOLBE, H. & SIMON, P. (1969): Die Eisenerze im Mittleren und Oberen Korallenoolith des Gifhorner Troges. - Beih. Geol. Jb., 79: 256 - 338, 67 Abb., 18 Tab.; Hannover.
- /2/ 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: 1 - 182, 26 Abb., 17 Tab., 2 Anl.; Clausthal-Zellerfeld.
- /3/ KOLBE, H. (1970): Zur Entstehung und Charakteristik mesozoischer marin-sedimentärer Eisenerze im östlichen Niedersachsen. - Clausthaler H. z. Lagerstättenkunde. u. Geochem. d. mineralischen Rohstoffe, 9: 161 - 184, 8 Abb., 14 Tab.; Berlin, Stuttgart.
- /4/ KOLBE, H. (1977): Der Eisenerzbergbau in der Bundesrepublik Deutschland und seine Zukunft. - Nachr. dt. Geol. Ges., 17: 123 - 128; Hannover.

| Stratigraphie        | Ammoniten-<br>zonen                              | Lithostratigraphie               | Lithofazies  | bergmännische<br>Bezeichnung                |
|----------------------|--|----------------------------------|--|---|
| Unter-<br>kimmeridge | nicht<br>nachgewiesen                            |                                  | Kalkmergelstein  |   |
| Oberoxford           | nicht<br>nach-<br>gewiesen                       | Oberer Ko-<br>rallenool.         | Kalkoolith<br>Tonmergelstein   |   |
|                      |  | Mittlerer<br>Korallen-<br>oolith | erzführender<br>Kalkoolith   | Oberes Lager                                |
|                      |  |                                  | Tonmergel- bis<br>Kalkstein  | Zwischen-<br>mittel                         |
|                      |  |                                  | Eisenoolith  | Unteres Lager                               |
|                      |  | Unterer<br>Korallen-<br>oolith   | Transgression<br>eisenoolithfüh-<br>render Kalk-<br>oolith,<br>Tonmergelstein                                    | Erzkalk                                     |
| Mitteloxford         | Perisphinctes<br>plicatilis                      |                                  |  | Fladentonstein                              |
| Unteroxford          | Cardioceras<br>cordatum                          | Heersumer<br>Schichten           | geröllartiger<br>oolithischer<br>bzw. spikulit-<br>ischer Kalk-<br>stein, sandi-<br>ger Ton-/Ton-<br>mergelstein | Trümmer-<br>kalk/<br>Heersumer<br>Schichten |
|                      | Quenstedto-<br>ceras mariae                      |                                  |  |   |
| Ober-<br>callovium   | Quenstedtoce-<br>ras lamberti                    | "Ornatenton"                     | Transgression  | Ornatenton                                  |
|                      | Kosmoceras<br>spinosum<br>/Peltoceras<br>athleta |                                  | Tonstein   |   |
| Mittel-<br>callovium | Kosm. castor<br>& pollux                         |                                  | Tonmergelstein   | Gryphaeenbank                               |

Tabelle 3.1.9.4/1 Stratigraphie, Lithofazies und bergmännische Bezeichnung der Oxfordschichten sowie deren Liegend- und Hangendschichten auf der Schachtanlage Konrad.  
Stand 4/88



| Mineralogische Zusammensetzung des oolithischen Eisenerzes in Vol.-%<br>Erz-Typ |      |      |      |      | Zusammensetzung einer Durchschnittsprobe des Erzes aus Bohrung Bleckenstedt 4<br>(*Schacht Konrad)<br>(**GLV = Glühverlust) |  |
|---|------|------|------|------|---|--|
| Mineral   | I    | II   | III  | IV   | mineralogisch Vol.-%  | chemisch Gew.-%  |
| Fe-Oxide  | 34,0 | 46,8 | 60,5 | 86,3 | 44,4  | 30,34 Fe<br>(37,33 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )<br>(5,43 FeO)<br>15,08 CaO<br>9,6 SiO <sub>2</sub> frei<br>4,54 SiO <sub>2</sub> geb.<br>5,00 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>0,95 MgO<br>0,40 P |
| Brauneisen-<br>erz (Goethit)  | 8,5  | 6,0  | 6,7  | 2,9  | 6,8   |  |
| ± Oxydierter<br>Chamosit  | 4,2  | 10,3 | 4,1  | 0,5  | 4,4   |  |
| Siderit   | 4,5  | 9,7  | 2,8  | 1,2  | 4,5   |  |
| Kalzit  | 36,0 | 12,6 | 15,0 | 5,1  | 25,1  |  |
| Quarz   | 10,0 | 12,8 | 8,9  | 3,4  | 9,6   |  |
| Ton   | 2,8  | 1,8  | 2,0  | 0,6  | 1,8   |  |
| Pyrit   |      |      |      |      | 0,3   |  |
| Phosphorit  |      |      |      |      | 3,1   | 20,35 GLV**<br>(12,48 CO <sub>2</sub> )<br>(7,87 H <sub>2</sub> O)<br>0,06 V<br>0,17 Mn<br>0,17 TiO <sub>2</sub><br>0,17 S<br><br>*1,02 Cl<br>*0,44 K <sub>2</sub> O<br>*0,88 Na <sub>2</sub> O        |
| u. a.   |      |      |      |      |   |  |

Tabelle  
3.1.9.4/2

Mineralogische und chemische Zusammensetzung des Korallenoolitherzes  
(n. GOLESTANEH, unveröff. Dipl.-Arb., 1964)

| Bezeichnung              |                | Gestein<br>(vorwiegend) | Mächtigkeit in den Bohrungen (von S nach N) |                   |                         |      |                                      |                |  |                |                  |
|--------------------------|----------------|-------------------------|---|-------------------|-------------------------|------|--------------------------------------|----------------|--|----------------|------------------|
|                          |                |                         | Bleckenstedt 4                              |                   | Bleckenstedt 1          |      | Schacht Konrad 1                     |                | Sauingen 2   |                |                  |
| Oberer Korallenoolith    |                | Kalkoolith              | ca. 32,50 m<br>(Meissel)                    |                   | 20 m                    |      | 17 m<br>(darin 2,50 m Kalksandstein) |                | ca. 46 m<br>(Meissel)                              |                |                  |
|                          |                | 16 m                    |   |                   | 24 m Dachlage           |      |                                      |                |  |                |                  |
|                          |                | –                       |   |                   | 3,25 m                  |      |                                      |                |  |                |                  |
| Mittlerer Korallenoolith | Oberes Lager   | Ob. Lager i.e.S.        | 4 m   |                   | 2,15 m mit<br>14,4 % Fe |      | 2,15 m mit<br>15,4 % Fe              |                | 10 m   |                |                  |
|                          |                | 8,85 m                  |   |                   | 10 m                    |      |                                      |                |  |                |                  |
|                          | Zwischenmittel | Mergeltonlage           | 2 m   |                   | 7 m                     |      | 2 m                                  |                | 3 m  |                |                  |
|                          |                | Erzkalklage             | 5 m   |                   |                         |      | 2 m                                  |                | 2 m (14 % Fe)                                      |                |                  |
|                          |                | Mergelton               | 17 m  |                   | 14 m                    |      | 18–20 m<br>(d. Störung ausgefallen)  |                | 27 m (mit 1,30 m<br>Fe 15 %)<br>6 m über der Basis |                |                  |
|                          | Unteres Lager  | Oberbank                | 6 m 30 % Fe                                 | 17,50 m/30,1 % Fe | 15 m 31 % Fe            |      | 18,0 m/30,1 % Fe                     | 2 m 30 % Fe    | 13,85 m/33,0 % Fe                                  | 3,15 m 29 % Fe | 12,1 m/31,0 % Fe |
|                          |                | Mitte                   | 5,9 m 35 % Fe                               |                   |                         |      |                                      | 9,5 m 35 % Fe  |  | 5,7 m 33 % Fe  |                  |
|                          |                | Unterbank               | 5,6 m 27 % Fe                               |                   | 3 m 25 % Fe             |      |                                      | 2,35 m 31 % Fe |  | 3,25 m 28 % Fe |                  |
|                          | Insgesamt      |                         |   | 78 m              |                         | 86 m |                                      | 93,50 m        |  | 100 m          |                  |

Tabelle  
3.1.9.4/3

Verteilung der Erzgehalte über ein Süd-  
Nord-Profil (nach /1/)

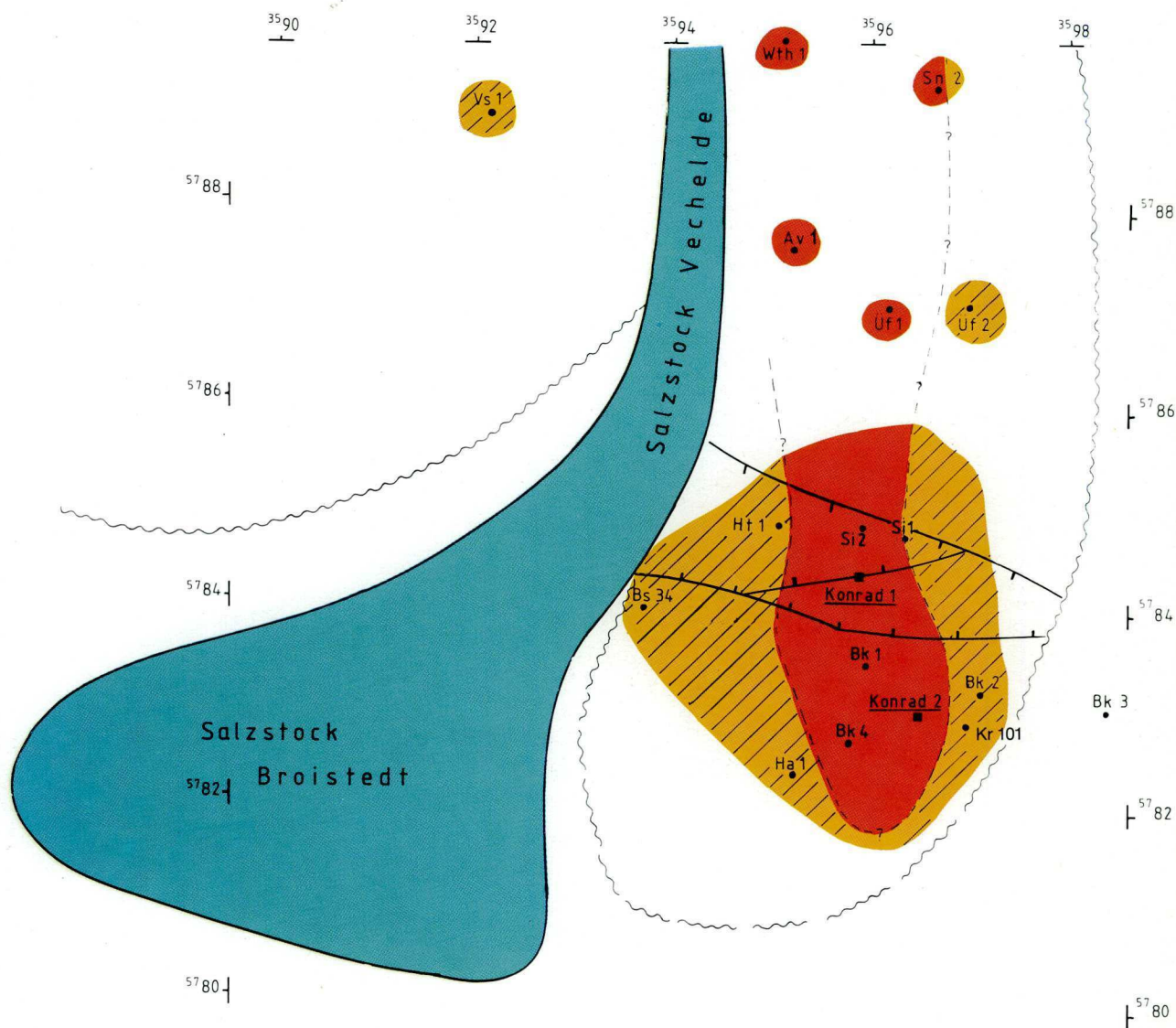
| Ort                            | beprobte Erzmächtigkeit<br>Länge der Schlitzproben<br>in m<br>bzw. Art der Probenahme | Fe<br>%        | SiO <sub>2</sub><br>% | CaO<br>%    |
|--------------------------------|---|----------------|-----------------------|-------------|
| 410 N<br>2,1 m nördl. PP 1665  | 5,7   | 33,1           | 11,5                  | 12,5        |
| 410 N<br>29,4 m nördl. PP 1689 | 6,0   | 25,9           | 11,8                  | 14,8        |
| 101 S<br>2,0 m Südl. PP 1670   | 3,8   | 19,3           | 27,0                  | 15,6        |
| 101 S<br>3,0 m Südl. PP 1664   | 6,2   | 18,0           | 33,6                  | 12,0        |
| Ort 410, Ortsbrust             | Haufwerk  | 32,6           | 12,9                  | 12,6        |
| Ort 300                        | Haufwerk,<br>Handstücke   | 12,1 -<br>29,0 | 11,1 -<br>38,8        | 9,5<br>27,4 |

Tabelle  
3.1.9.4/4

Erzanalysen aus dem Unteren Lager im Bereich der Erkundungs-  
strecken







0 1 2 km

- Unterem Lager ehemals bauwürdig
- Unterem Lager in Randfazies
- Bauwürdigkeitsgrenze
- ~~~~ Ausbiß Oxford unter Hauterive
- └┐ Abschiebungen des Konrad-Grabens

- Av 1 = Alvesse 1
- Bk 1 = Bleckenstedt 1
- Bk 2 = Bleckenstedt 2
- Bk 3 = Bleckenstedt 3
- Bk 4 = Bleckenstedt 4
- Bs 34 = Broistedt 34
- Ha 1 = Hallendorf 1
- Ht 1 = Hüttenberg 1
- Kr 101 = Konrad 101
- Si 1 = Sauingen 1
- Si 2 = Sauingen 2
- Sn 2 = Sonnenberg 2
- Uf 1 = Üfingen 1
- Uf 2 = Üfingen 2
- Vs 1 = Vallstedt 1
- Wt 1 = Watenstedt 1
- Wth 1 = Wierthe 1

Abbildung 3.1.9.4/1: Verbreitung und Ausbildung des Unterem Lager





## UNTERKAPITEL

- 3.1.9.5                    Hydrologie und Wasserwirtschaft
- 3.1.9.5.1                Abgrenzung der Abflußgebiete
- 3.1.9.5.2                Abflußverhältnisse
- 3.1.9.5.3                Grundwasserneubildung
- 3.1.9.5.4                Wassernutzung



### 3.1.9.5 Hydrologie und Wasserwirtschaft

#### 3.1.9.5.1 Abgrenzung der Abflußgebiete

Das betrachtete Gebiet liegt an der südlichen Begrenzung des niedersächsischen Flachlandes am Übergang zu den Hügelketten des nördlichen Harzvorlandes. Im Süden erstreckt sich die vorwiegend bewaldete Berglandregion des Salzgitter-Höhenzuges und seiner östlichen Fortsetzung, dem Vorholz, mit Höhen von mehr als 150 m, örtlich bis zu 275 m über NN. Höhenlagen bis zu 205 m über NN werden auch im Oderwald angetroffen, der sich zwischen Wolfenbüttel und Werlaburgdorf in Nord-Süd-Richtung erstreckt.

Nach Norden schließt sich eine weitgehend ebene bis flachwellige, morphologisch nur schwach gegliederte Bördenlandschaft an, deren fruchtbare Lössböden eine intensive, großflächige Ackernutzung ermöglichen. Das generelle Gefälle der Erdoberfläche ist hier nach Norden gerichtet. Die mittleren Höhen der Bördenlandschaft liegen im Süden bei 90 m bis 120 m, im Norden im Bereich der Allerniederung bei 50 m bis 55 m über NN. Zu Tage tretende Oberkreideablagerungen bilden topographische Hochlagen in dem übrigen, aus glazi-fluviatilen und glazialen Ablagerungen aufgebauten, weitgehend ebenen Gelände.

Die Flüsse in der Umgebung, wie Oker und Innerste, entstammen dem Harz oder, wie die Fuhse mit ihren Zuflüssen, dem Salzgitter-Höhenzug und dem Oderwald. Das engere Gebiet um die Schachthanlage Konrad hat sein eigenes Abflußregime, das hauptsächlich das natürliche Einzugsgebiet der Aue und ihrer Nebenbäche umfaßt. Die hydrographische Gliederung der weiteren Standort-Umgebung zeigen die Anlagen 3.1.9.5/1 und 3.1.9.5/2.



Die Aue, nördlich der Bundesautobahn A 2 Erse genannt, gehört über die Fuhse und die Aller zum Einzugsgebiet der Weser. Die Auequelle lag vor 1938 im Bereich des heutigen Betriebsgeländes der Firma Linke-Hoffmann-Busch Waggon-Fahrzeug-Maschinen GmbH (LHB) südlich der Straße Salzgitter-Watenstedt/Salzgitter-Immendorf. Im Rahmen des Aufbaues der Stahlwerke wurde die Aue sowohl im Bereich des heutigen Betriebsgeländes von LHB sowie im Gebiet des Werkes Salzgitter der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG (P+S) verrohrt.

Heute hat die Aue ihren sichtbaren Ursprung im Ablauf der Kläranlage von P+S in Salzgitter-Beddingen, der bis zur Unterdükerung des Zweigkanals Salzgitter als "Lahmann Graben" bezeichnet wird. Nach der Unterdükerung erfolgt die Einleitung in das ursprüngliche, von Süden nach Norden verlaufende Auebett.

Ab Salzgitter-Üfingen werden Abflüsse bis zu  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  an einem Wehr um 100 m nach Osten umgeleitet und fließen durch die kanalisierte "Fischaue" in die Klär- und Rückhaltebecken der Stahlwerke von P+S. Hochwasserspitzen von  $> 4 \text{ m}^3/\text{s}$  werden in das alte Auebett abgeführt. Unmittelbar unterhalb des Wehres mündet der Steterburger Graben nach der Unterdükerung des Zweigkanals und der "Fischaue" in das alte Auebett. Ab den Klär- und Rückhaltebecken der Stahlwerke von P+S erfolgt der Abfluß der Aue vollständig im alten Auebett in nördliche Richtung.

Bei Vechelde mündet aus östlicher Richtung der Denstorfer Graben ein; westlich fließt der Dummbruchgraben, der mit seinem Lauf der Subrosionssenke der Salzstruktur Broistedt - Rolfsbüttel-Wendeburg folgt, in die Aue. Als weiteres Gerinne fließt der Vorfeldgraben nordwestlich von Bortfeld in die Aue.

Die Oberflächenwasserscheide zwischen Oker und Aue befindet sich unmittelbar östlich des Werkes Salzgitter von P+S und verläuft von hier in Nord-Süd-Richtung über Salzgitter-Steterburg und die Stadtteile Geitelde und Broitzem (Anlage 3.1.9.5/2) der Stadt Braunschweig. Die Schachtanlage Konrad liegt somit im Einzugsbereich der Aue, die bis zur Ortslage Salzgitter-Üfingen ein Gebiet von ca. 24 km<sup>2</sup> und bis zum Mittellandkanal ein Gebiet von ca. 105 km<sup>2</sup> Größe entwässert.

Im Bereich der Schachtanlage Konrad liegt auch der Zweigkanal Salzgitter, der - abhängig von Lage und Ausbau - Wasser an den Untergrund abgeben oder als Vorfluter fungieren kann (Kap. 3.1.9.5.2). Zwei Vorfluter, der Lammer Graben zwischen Wedtlenstedt und Bortfeld und der westliche Teil des Fuhsekanals, münden in den Zweigkanal Salzgitter; außerdem entwässert der Denstorfer Graben bei Hochwasserabflüssen teilweise in den Zweigkanal. Diese Einzugsgebiete haben eine Größe von zusammen ca. 40 km<sup>2</sup>.

Der Fuhsekanal quert im Norden des Untersuchungsgebietes die Hauptwasserscheide und stellt eine Verbindung zwischen den Einzugsgebieten der Aue und der Oker her, ohne daß jedoch ein nennenswerter Wasseraustausch vorhanden ist.

#### 3.1.9.5.2 Abflußverhältnisse

Der mittlere Abfluß der Fuhse, die das Untersuchungsgebiet nur im Südwesten durchfließt, beträgt am Pegel Heerte durchschnittlich 0,23 m<sup>3</sup>/s (Jahresreihe 1962 bis 1984). Nahezu 70 % des gesamten Jahresabflusses erfolgt in den Wintermonaten (Abb. 3.1.9.5/1), in denen lediglich 40 % des Jahresniederschlages zur Verfügung stehen. Die Sommerniederschläge werden im wesentlichen von einer hohen Evapotranspirationsrate aufgezehrt. In



den Monaten Juni bis August können jedoch aufgrund sommerlicher Starkregen Hochwasserspitzen auftreten. Der niedrigste gemessene Einzelwert liegt bei  $0,002 \text{ m}^3/\text{s}$  (14./16.9.1973), der höchste bei  $8,23 \text{ m}^3/\text{s}$  (16.1.1968).

Der mittlere Abfluß der Aue am Pegel Vechelde beträgt  $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$  (1966 - 1975). Die mittleren monatlichen Abflüsse (MoMQ) weisen zwischen Winter- und Sommerhalbjahr nur geringe Unterschiede auf (Abb. 3.1.9.5/1). In den Monaten Januar bis April tritt die höchste Wasserführung, im September die geringste Wasserführung auf. Der im Zeitraum 1966 bis 1975 niedrigste registrierte Wert liegt bei  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  (25.7.1975), der höchste bei  $3,33 \text{ m}^3/\text{s}$  (23.2.1970).

Der mittlere Abfluß am Auslauf der Rückhaltebecken von P+S bei Salzgitter-Üfingen beträgt  $0,48 \text{ m}^3/\text{s}$  (1981 - 1985). Die Abflüsse weisen hier kaum Unterschiede zwischen Winter- und Sommerhalbjahr auf (Abb. 3.1.9.5/1). Das Abflußverhalten im gesamten Oberlauf der Aue ist sehr stark anthropogen beeinflusst und entspricht nicht den natürlichen Verhältnissen.

Für eine Wasserbilanz des Zweigkanals Salzgitter werden zwei durch Schleusen abgegrenzte Streckenabschnitte betrachtet:

Die Schleusenhaltung 1 beginnt in Salzgitter-Hallendorf und endet an der Schleuse Salzgitter-Üfingen. Von der Schleuse Salzgitter-Üfingen bis zur Schleuse Wedtlenstedt erstreckt sich Haltung 2.

Die Wasserbilanzierung führt zu folgendem Ergebnis:

In Haltung 1 kann eine Versickerungsrate von  $0,08 \text{ m}^3/\text{s}$  und in Haltung 2 eine Zulauftrate aus dem Grundwasser von  $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$  angenommen werden.



Für die Abschätzung der Hochwassergefährdung des Oberlaufes der Aue in Höhe der Ortslage Salzgitter-Üfingen ist die hohe Infiltrationskapazität der Böden von Bedeutung. Aus dem natürlichen Einzugsgebiet des Vorfluters ist daher kaum Abfluß zu erwarten, so daß die Belastung des Vorfluters hauptsächlich durch den Abfluß von den befestigten und bebauten Flächen und das Einleiten von Abwasser gegeben ist.

Mittlere Werte der Abwasser-Einleitungen im Zeitraum von 1974 - 1984 sind:

- 0,5 m<sup>3</sup>/s aus der Kläranlage von P+S in Salzgitter-Beddingen,
- 0,04 m<sup>3</sup>/s aus der Kläranlage des Werkes Salzgitter der Volkswagenwerk AG
- sowie je ca. 0,001 m<sup>3</sup>/s aus den Ortschaften Salzgitter-Beddingen, Salzgitter-Bleckenstedt, Salzgitter-Sauringen und Salzgitter-Üfingen.

Der mittlere Gesamtabfluß von  $Q = 0,54 \text{ m}^3/\text{s}$  besteht demnach größtenteils aus den vom Werk Salzgitter von P+S verursachten Abflüssen.

Da sich die Hochwasserwellen aus den Teileinzugsgebieten aufgrund der unterschiedlichen Lage und Entfernung zum Hauptvorfluter Aue sowie der Drosselung durch die Zweigkanal-Düker nicht summieren, zeigt die berechnete Abflußganglinie 60-minütiger Modellregen als 10-jähriges Abflußereignis an der betrachteten Stelle einen wellenförmigen Verlauf mit einem maximalen Abfluß von  $Q_{\text{max}} = 3,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Da das derzeitige Vorfluterprofil an dieser Stelle eine Abflußrate von  $8,7 \text{ m}^3/\text{s}$  zuläßt, ist eine Hochwassergefährdung mit Rückstau bis zu den übertägigen Anlagen des Endlagers nicht gegeben.

## 3.1.9.5.3 Grundwasserneubildung

Das Gebiet ist vorherrschend von Lößböden, im nördlichen Bereich auch Sandlößböden, von meist mehr als 1 m Mächtigkeit bedeckt. Aus diesen Böden haben sich Parabraunerden und Pseudogley-Parabraunerden, lokal auch Schwarzerden entwickelt. In den Talauen finden sich feuchte bis nasse, grundwasserbeeinflusste Auelehmböden. Im Süden und Südosten an den Hängen des Salzgitter-Höhenzugs und des Oderwaldes sind Rendzinen als Kalksteinverwitterungsböden, ferner Braunerden und Ranker auf Sand- und Tonsteinen der Trias anzutreffen.

Das verhältnismäßig trockene Klima einerseits (Kap. 3.1.7) und die hohe Feldkapazität der vorherrschenden Lößböden andererseits führen zu einer geringen Grundwasserneubildung.

Die nach /1/ berechnete Grundwasserneubildung beträgt für landwirtschaftlich genutzte Lößböden, die flächenmäßig den größten Anteil haben, abhängig vom Jahresniederschlag, zwischen 90 mm/a und 130 mm/a. An Standorten mit Waldbedeckung verringert sie sich aufgrund der höheren Verdunstung auf 40 mm/a bis 70 mm/a.

Im Bereich der grundwasserbeeinflussten Böden der Talauen findet infolge der hohen Evapotranspiration und des großen Direktabflußanteils nur eine sehr geringe Grundwasserneubildung statt. Je nach Niederschlagshöhe ergeben sich Werte von 0 mm/a bis 30 mm/a. In der regionalen Betrachtung des Grundwasserabstromes und in Grundwassermodellen bilden die Talgebiete die Ausströmflächen des Grundwassers mit negativen Werten der Regeneration.

In der bergigen Region im Süden des betrachteten Gebietes liegen die Werte trotz relativ hoher Niederschläge noch niedriger als im Bereich der Ebene. Das



steilere Relief führt hier zu einem erhöhten Oberflächenabfluß; zudem werden für die lehmig-tonigen Verwitterungsböden der Plänerkalke und -mergel höhere Verdunstungsraten angesetzt. Lediglich für die sandig-lehmigen Verwitterungsböden auf Triasgesteinen ergeben sich den Lößstandorten ähnliche Werte.

In Siedlungsgebieten gelten je nach dem Grad der Bebauung um 20 % bis 90 % verringerte Werte.

Aus den Trockenwetter-Abflußhöhen des Pegels Heerte an der Fuhse wurde nach /2/ ein grundwasserbürtiger Abfluß errechnet, der deutlich niedriger ist, als die nach /1/ berechnete Grundwasserneubildung. Hierin spiegelt sich vor allem die geringe Grundwasserführung der häufig im Gebiet unter dem Verwitterungs- oder Lößboden anstehenden Ton- und Mergelsteine der Kreideformation wider.

Aufgrund der permanenten Wasserabgabe aus dem Rückhaltebecken Salzgitter-Üfingen in die Aue existiert kein echter Trockenwetterabfluß am Aue-Pegel Vechelde. Zudem wird die Wasserabgabe durchschnittlich einmal im Monat, in unregelmäßigen Abständen, kurzfristig unterbrochen. Schwache natürliche jahreszeitliche Schwankungen werden lediglich durch die Abflüsse des Dummbruchgrabens und des Denstorfer Grabens hervorgerufen. Aus diesen Gründen sind die Meßreihen des Pegels Vechelde für eine Analyse des Trockenwetterabflusses unbrauchbar.

#### 3.1.9.5.4 Wassernutzung

In der Umgebung der Schachtanlage Konrad befinden sich mehrere Wassergewinnungsanlagen, die ausschließlich Grundwasser nutzen. Der Anlage 3.1.9.5/3 sind die wichtigsten Angaben über diese Wasserwerke und die Grenzen der ausgewiesenen Schutzzonen zu entnehmen.



Ein Schwerpunkt der zu Trinkwasserzwecken genutzten Grundwasserförderung mit vier Wasserwerken und einer zulässigen Jahresförderung von mehr als  $46 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$  ist das Okertal südlich von Wolfenbüttel. Der größte Anteil hiervon mit einer maximal zulässigen Entnahme von  $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$  entfällt auf die Wasserwerke Börßum von P+S. Eine Vielzahl von Brunnen fördert hier aus einem 50 m bis 60 m mächtigen, quartären Kieskörper des Okertals. Bei dem geförderten Wasser handelt es sich zu einem erheblichen Anteil um Uferfiltrat der Kanalilse, einem Nebenfluß der Oker, deren Abflüsse in Versickerungsbecken eingeleitet werden. Die Schutzzone III des Wasserwerkes berührt den südöstlichen Rand des betrachteten Gebietes, greift aber nicht auf das Einzugsgebiet des Aue/Erse-Systems über.

Die Samtgemeinde Schladen betreibt zwei kleinere Fassungsanlagen bei Werlaburgdorf und Schladen im Süden der Wasserwerke Börßum mit einer bewilligten Jahresentnahme von  $140\,000 \text{ m}^3/\text{a}$  und  $190\,000 \text{ m}^3/\text{a}$ , für die jeweils Schutzgebiete ausgewiesen sind. Bei Dorstadt wird ein Wasserwerk durch den Wasserbeschaffungsverband Elm-Asse betrieben, bei dem aus den Quartärablagerungen des Okertals  $900\,000 \text{ m}^3/\text{a}$  bewilligt sind und entnommen werden können. Nördlich dieses Wasserwerkes haben die Stadtwerke Wolfenbüttel im Jahre 1983 zwischen Halchter und Ohrum vier Brunnen mit einer maximal zulässigen Förderung von zusammen  $4,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$  in Betrieb genommen. Die Grenzen der Schutzzone III verlaufen vom südlichen Stadtrand Wolfenbüttel über den Kamm des Oderwaldes im Westen; die östliche Grenze wird weitgehend durch die Oker gebildet.

Außerhalb des Okertals befinden sich weitere Trinkwassergewinnungsanlagen im Norden des betrachteten Gebietes. Das Wasserwerk Lamme hat eine zulässige Förderung von  $400\,000 \text{ m}^3/\text{a}$ . Sein Trinkwasser-Schutzgebiet liegt im Einzugsgebiet des Lammer Grabens, der in den Zweigkanal

Salzgitter einmündet. Eine weitere Fassungsanlage bei Woltorf im Aue-Einzugsgebiet hat eine genehmigte Jahresförderung von bis zu 195 000 m<sup>3</sup>/a.

Drei Brunnen mit einer zulässigen jährlichen Förderung von 540 000 m<sup>3</sup>, die überwiegend zur Trinkwasserversorgung genutzt werden, befinden sich auf dem Gelände der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt und der Forschungsanstalt für Landwirtschaft im Nordwesten Braunschweigs. Schutzgebiete für diese Brunnen sind bislang nicht ausgewiesen worden.

Die seit dem Jahre 1938 in Betrieb befindlichen Wasserwerke auf dem Gelände von P+S bei Salzgitter-Bleckenstedt besitzen eine Erlaubnis für eine Grundwasserentnahme von  $3,7 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/a.

Mehrere Brunnen mit Bewilligung zur Grundwasserentnahme, die früher der örtlichen Trinkwasserversorgung dienten, werden inzwischen nur noch als Notversorgungsbrunnen genutzt. Im einzelnen sind dies Fassungsanlagen in Broitzem, Salzgitter-Lobmachtersen, Salzgitter-Osterlinde, Salzgitter-Lebenstedt und Salzgitter-Thiede; für letztere ist die Genehmigung inzwischen erloschen.

Im Vergleich zur Trinkwasserförderung, die zusammengekommen in der Größenordnung von  $46 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/a liegt, beläuft sich die Förderung durch die Gewerbe- und Industriebetriebe im Untersuchungsraum auf nur etwa  $1,6 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/a. Größere Verbraucher sind die Zuckerfabrik Wierthe mit ca. 600 000 m<sup>3</sup>/a sowie eine Anzahl von Betrieben in Wolfenbüttel und Braunschweig.

Für den landwirtschaftlichen Sektor liegen die maximal zulässigen Entnahmen im gesamten Gebiet in der Größenordnung von  $1,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/a. Das Grundwasser wird überwiegend zu Berechnungszwecken im Gebiet von Salzgitter-

Üfingen, Broitzem und Sierße genutzt. Es entstammt größtenteils dem oberflächennahen Grundwasser in quartären Ablagerungen.

Literaturverzeichnis

- /1/ DÖRHÖFER, G. & JOSOPAIT, V. (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. - Geol. Jb., C 27: 45 - 65; 13 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- /2/ KILLE, K. (1970): Das Verfahren MoMNQ, ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserabflüsse. - Z. dt. geol. Ges. Sonderh. Hydrogeol. Hydrogeochem.: 89-95, 6 Abb.; Hannover.



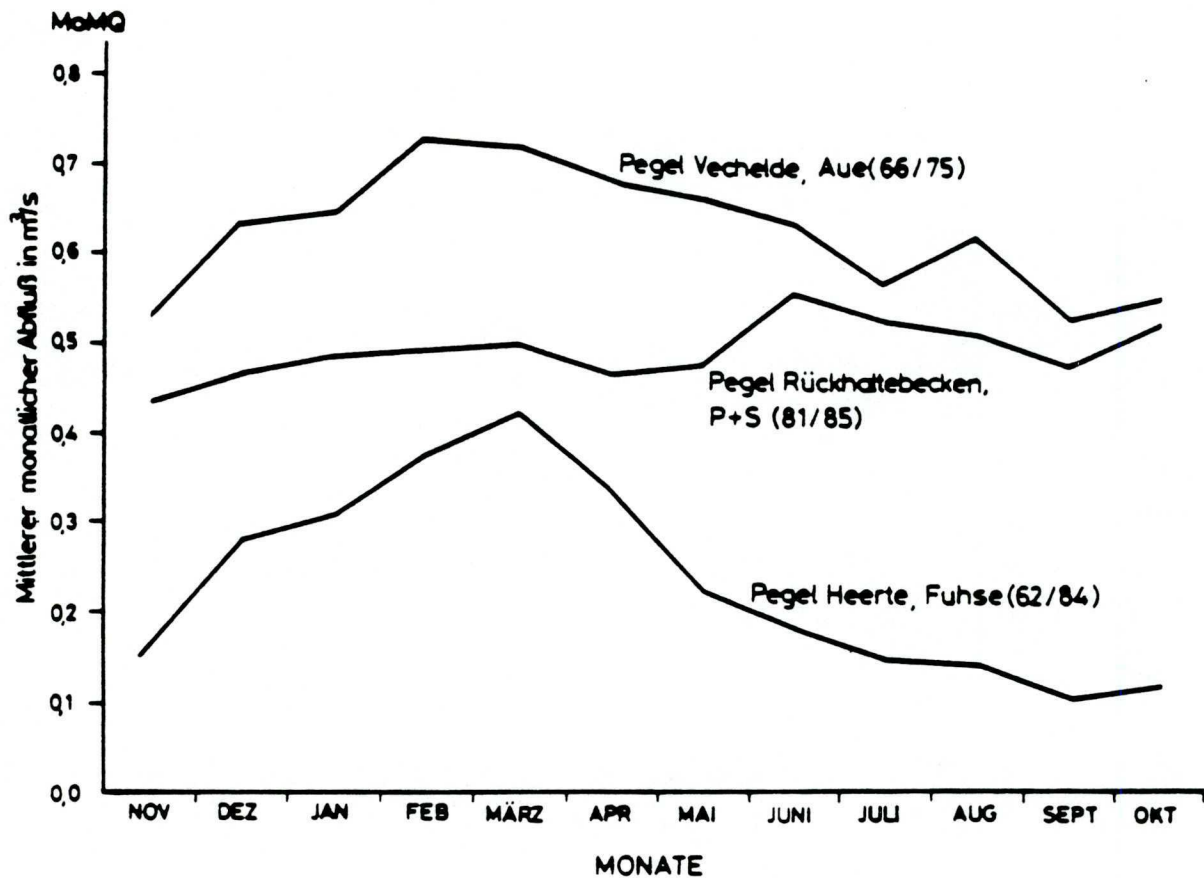


Abbildung  
3.1.9.5/1

Abflußverhalten der Vorfluter



## UNTERKAPITEL

### 3.1.9.6 Hydrogeologie

#### 3.1.9.6.1 Einführung

#### 3.1.9.6.2 Regionaler hydrogeologischer Bau und Abgrenzung des Bearbeitungsgebietes

#### 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

#### 3.1.9.6.6 Zusammenfassung der hydrogeologischen Gegebenheiten





### 3.1.9.6 Hydrogeologie

#### 3.1.9.6.1 Einführung

Das Untersuchungsgebiet liegt im Übergangsbereich der nördlichen Ausläufer des Niedersächsischen Berglandes und dem Norddeutschen Flachland im Einzugsbereich der nach Norden gerichteten Abflußgebiete von Oker, Innerste und Fuhse (Kap. 3.1.9.5). Grundlage für Abschätzungen und Berechnungen der Porenwasserbewegungen im Untersuchungsgebiet ist zunächst die räumliche Struktur und Verbreitung der mesozoischen bis quartären Gesteine sowie die Zuordnung hydraulischer Eigenschaften zu den einzelnen Schichtengliedern.

Das oberflächennahe, im wesentlichen in den quartären Sedimenten und den Plänerkalken der Oberkreide ausgebildete Grundwasserstockwerk steht in enger Beziehung zu den Oberflächengewässern, so daß zu seiner Abgrenzung größtenteils die Oberflächenwasserscheiden herangezogen werden können.

Tiefere Grundwasserstockwerke sind in mehreren verschieden stark wasserdurchlässigen Gesteinseinheiten des Mesozoikum ausgebildet. Manche davon streichen in den Höhenzügen der Region und an verschiedenen Stellen im Vorland an der Erdoberfläche oder unter quartären Deckschichten aus.

Um das für die Porenwasserbewegung maßgebliche Gebiet einzugrenzen, wurde der hydrogeologische Bau des tiefen Untergrundes zunächst in einer relativ großen Region untersucht (Kap. 3.1.9.6.2). Die Hydrogeologie des Standortes wird danach, getrennt nach quartären und präquartären Schichten, in den Kapiteln 3.1.9.6.3 und 3.1.9.6.4 beschrieben.

### 3.1.9.6.2 Regionaler hydrogeologischer Bau und Abgrenzung des Bearbeitungsgebietes

Die Verbreitung der wichtigsten wasserdurchlässigen und gering durchlässigen Schichten und die strukturellen Zusammenhänge, wie sie sich aus den Kapiteln 3.1.9.1 und 3.1.9.2 ergeben, sind in drei Karten (Anl. 3.1.9.6/1 bis 3.1.9.6/3) und zwei schematischen Schnitten (Anl. 3.1.9.6/4 und 3.1.9.6/5) dargestellt.

In Norddeutschland bildet das Salzgebirge des Zechstein die Basis des Systems, bis zu der eine Bewegung des Porenwassers prinzipiell in Betracht zu ziehen ist. Salzstöcke oder -mauern begrenzen ein solches System seitlich in gleicher Weise. Die für das Tiefenwassersystem der Region wichtigsten Salzstrukturen sind die drei im wesentlichen Nord-Süd-streichenden Salzstrukturen Thiede, Broistedt - Vechelde - Rolfsbüttel-Wendeburg und Groß Ilsede und der sich im Südwesten erstreckende Salzsattel des Salzgitter-Höhenzugs (Anl. 3.1.9.6/1 bis 3.1.9.6/5).

Die auf dem Zechstein lagernde bis zu 3 000 m mächtige Gesteinsfolge des Mesozoikum enthält zwischen den vorherrschend tonigen Gesteinen einzelne besser wasserdurchlässige Einheiten.

In Anlage 3.1.9.6/1 ist die maximale Verbreitung von Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper und Lias dargestellt.

Der Buntsandstein steht am Salzgitter-Höhenzug an und fällt von dort entsprechend der Sattelstruktur nach Norden und Süden ein. Er hat zwischen den oben erwähnten Salzstöcken eine flächendeckende Verbreitung (Anl. 3.1.9.6/1, 3.1.9.6/4 und 3.1.9.6/5).

Der Muschelkalk ist in gleicher Weise verbreitet wie der Buntsandstein. Seine beiden wasserdurchlässigen Schichtglieder, der Obere und Untere Muschelkalk, sind



durch den z.T. aus praktisch undurchlässigen Salzgesteinen aufgebauten Mittleren Muschelkalk getrennt (Kap. 3.1.9.1).

Die Verbreitung des Keuper mit dem relativ wasserdurchlässigen Rhät in einer vorherrschend sehr gering durchlässigen Folge von Ton- und Mergelsteinen ist mit der des Oberen Muschelkalk fast identisch, nur am Nordhang des Salzgitter-Höhenzugs fehlt örtlich das Rhät. Der Lias hat bis auf den lokalen Ausfall am Nordrand des Salzgitter-Höhenzugs eine im Untersuchungsgebiet fast flächendeckende Verbreitung und steht als einziges Schichtglied des Jura am Salzgitter-Höhenzug an der Erdoberfläche an. Er besitzt, abgesehen von Feinsandsteinlagen an der Basis, keinen nennenswerten Wasserleiter.

Anlage 3.1.9.6/2 zeigt die gegenüber dem Lias eingeschränkte Verbreitung des Dogger und Malm und ihrer hydrogeologisch bedeutenden Schichtglieder "Cornbrash" und Oxford. Große Teile des Mittleren und Oberen Jura sind erodiert worden, bevor die Unterkreide zur Ablagerung kam.

Als wasserdurchlässiges Schichtglied im überwiegend tonig-mergeligen Dogger gilt neben dem Dogger- $\beta$ -Sandstein der "Cornbrash"-Sandstein, der im wesentlichen im Norden des Untersuchungsgebietes verbreitet ist; östlich der Salzstöcke Broistedt und Vechelde ragt er zungenförmig nach Süden bis in das Standortgebiet. Das gering durchlässige Oxford, das unterste Schichtglied des Malm, liegt zwischen den sehr gering durchlässigen Ton- und Mergelsteinen des Dogger und den Mergel- und Kalksteinen des Oberen Malm. In der östlichen Randsenke der Salzstruktur Broistedt - Vechelde - Rolfsbüttel-Wendeburg ist das Oxford nur in einem schmalen Streifen verbreitet, wogegen es in der westlichen Randsenke eine große flächenhafte Verbreitung hat.

Anlage 3.1.9.6/3 zeigt die Verbreitung der Schichten der Kreide.

Die bis zu 700 m mächtigen Ton- und Mergelsteine der Unterkreide sind, ähnlich wie die des Lias, außer im Salzgitter-Höhenzug und im Bereich der Salzstöcke, flächendeckend verbreitet. Sandiger Wealden und sandiges Valangin sind zwischen den Salzstrukturen Broistedt - Vechelde - Rolfsbüttel-Wendeburg und Groß Ilsede an der Basis der Unterkreide ausgebildet. Der gut wasserdurchlässige Hilssandstein inmitten der sehr gering durchlässigen Unterkreideschichten ist nur im Süden des Untersuchungsraumes ausgebildet (Anl.3.1.9.6/3).

Deutlich eingeschränkt gegenüber den Unterkreideschichten ist die Verbreitung der Oberkreide. Sie setzt sich aus überwiegend Kalksteinen des Cenoman und Turon zusammen (Plänerkalke), die einen gut bis mäßig durchlässigen Grundwasserleiter darstellen. In der Randsenke östlich der Salzstruktur Broistedt - Vechelde - Rolfsbüttel-Wendeburg sowie im Süden des Untersuchungsgebietes bis zum Nordostrand des Salzgitter-Höhenzugs sind die Plänerkalke von Mergelsteinen des Santon und Coniac überlagert (Emscher-Mergel); diese bilden eine lokale Grundwasserbarriere zwischen den Plänerkalken und den quartären Ablagerungen.

Das Grubengebäude der Schachtanlage Konrad liegt zwischen den Salzstöcken Broistedt - Vechelde im Westen und Thiede im Osten in einem Gebiet, in dem alle beschriebenen Gesteinseinheiten ausgebildet sind. Der Antrieb für eine Porenwasserbewegung in Systemen resultiert aus örtlich verschiedenen Porenwasserdrücken. Diese können durch unterschiedliche oberflächennahe Grundwasserspiegelstände und/oder durch unterschiedliche Porenwasserdichten verursacht sein. Ein hoher Grundwasserspiegelstand liegt im Gebiet des Salzgitter-Höhenzugs vor. Dort streichen die steilstehenden Schichten des Keuper und Muschelkalk zu Tage aus.



Die mögliche Porenwasserbewegung im Untersuchungsgebiet wird durch die Salzstrukturen und die Zungenform der wichtigsten Wasserleiter auf die Richtung von Süden nach Norden begrenzt.

Das Untersuchungsgebiet kann daher auf ein sich von Süden nach Norden erstreckendes kleineres Gebiet eingegrenzt werden (Anl. 3.1.9.6/1 bis 3.1.9.6/3). Es ist im Westen durch die Salzstöcke Vechelde und Broistedt und deren Verlängerung nach Süden bis zum Salzgitter-Höhenzug begrenzt, der auch den südlichen Rand bildet. Im Osten verläuft die Grenze vom Salzstock Flachstöckheim über den Oderwald zum Salzstock Thiede weiter nach Norden, wo sie der äußeren Grenze des Verbreitungsgebietes von Juragesteinen folgt.

Die Grenze nach Norden ist offen, da das zu betrachtende Abstromgebiet bis zur Niederung der Aller reicht, die der regionale Vorfluter ist. Hier gelangen sonst tief-liegende durchlässige Gesteinsschichten in die Nähe der Erdoberfläche.

Der Abstrom des oberflächennahen Grundwassers im engeren Standortbereich ist auf den Zweigkanal Salzgitter, die Aue und auf das Wasserwerk Bleckenstedt eingestellt. Das gesamte zugehörige Einzugsgebiet liegt innerhalb der oben genannten Grenzen (Kap. 3.1.9.5).

### 3.1.9.6.3 Hydrogeologie des Quartär

#### Aufbau und Eigenschaften der Wasserleiter

Die sandig-kiesigen Sedimente des Quartär bilden den oberflächennahen Grundwasserleiter des Standortbereichs. In den quartären Rinnen sind mächtige schluffige Lagen und untergeordnet Geschiebemergel mit geringer Durchlässigkeit anzutreffen. Da weder Geschiebemergel noch Beckensedimente flächig verbreitet sind, ist ein Stock-



werksbau der Grundwasserleiter nicht oder nur lokal vorhanden. In weiten Teilen des Standortbereichs stehen die Wässer der quartären Porenwasserleiter in Kontakt mit denen der Kluftwasserleiter der Plänerkalke der Oberkreide.

Zur Ermittlung von hydraulischen Kennwerten der quartären Grundwasserleiter sind Kurzzeitpumpversuche in 13 Grundwassermeßstellen durchgeführt worden. Zusätzlich wurde ein Dauerpumpversuch der Wasserwerke Bleckenstedt ausgewertet.

Die Maximal- und Minimalwerte für die Transmissivität betragen  $1,4 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$  und  $5,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . Der Mittelwert liegt bei  $2,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ . Hervorgerufen werden die Bandbreiten durch einen starken Wechsel der Mächtigkeiten der gut durchlässigen quartären Ablagerungen (Anl. 3.1.9.1/1).

Die Durchlässigkeitsbeiwerte zeigen demgegenüber nur geringe Schwankungen. So beträgt der höchste  $k_f$ -Wert  $5,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  und der niedrigste  $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ . Im Mittel ergibt sich ein Wert von  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ . Die getesteten Partien des Aquifers sind damit gut bis sehr gut durchlässig.

Radiohydrometrische Einbohrlochmessungen ergaben durchschnittliche Filtergeschwindigkeiten von  $v_f = 0,15 \text{ m/d}$ .

Insgesamt bestätigen die aus den Pumpversuchen ermittelten hydraulischen Kennwerte den aus zahlreichen Aufschlußbohrungen bereits bekannten heterogenen und anisotropen Aufbau des Aquifers.

#### Bewegung des oberflächennahen Grundwassers

Der Grundwasserhöhengleichenplan (Anlage 3.1.9.6/6) ist nach gemessenen Werten und Analogieschlüssen gezeichnet

worden. Als Grundwasserspiegelhöhe an den Grundwasserppegeln ist entweder das vieljährige Mittel der Grundwasserstände oder der gemittelte Wert des Hoch- und Niedrigstandes im Wasserwirtschaftsjahr 1982 verwendet worden. Die Grundwasserstände der 1984 und 1985 neu erstellten Pegel wurden ebenfalls berücksichtigt.

Abhängig von der Dichte der Beobachtungsbrunnen, der Verlässlichkeit der Angaben und dem Geländere relief sind in der Höhengleichenkarte zwei Bereiche mit Fehlergrenzen von kleiner als 3 m (Umgebung von Wasserwerken, Bereich des Salzgitter-Zweigkanals und übriges Flachland) und kleiner als 5 m (südliches Bergland und einzelne Höhenrücken im Bereich des Flachlandes) unterschieden worden.

Die Grundwasserhöhengleichen zeigen entsprechend dem Verlauf der Vorfluter Oker, Aue und Fuhse einen im ganzen gesehen nach Norden gerichteten Grundwasserabstrom. Das Grundwasserspiegelgefälle liegt in den Talauen bei 0,5 % bis 2 %, in dem dazwischengelegenen, morphologisch schwach gegliederten Gelände bei etwa 2 % bis 3 %. Im Einzugsgebiet der Fuhse sind die Grundwasser- und Oberflächenwasserscheiden nahezu identisch. Der Grundwasserabstrom im Einzugsgebiet der Aue wird durch die Grundwasserförderung und die künstlichen Vorfluter stark beeinflusst, so daß die Grund- und Oberflächenwasserscheiden stellenweise voneinander abweichen.

#### Die künstliche Beeinflussung des Grundwasserabstroms

Der Wasserspiegel des Mittellandkanals, der auf einem Niveau von 65,0 m NN gehalten wird, entspricht im Bereich der Düker von Oker, Aue und Fuhse etwa der Lage des Grundwasserspiegels in der Zeit vor dem Bau des Kanals. In den dazwischenliegenden Gebieten lag der ursprüngliche Grundwasserspiegel deutlich, teilweise um



mehrere Meter, über dem jetzigen Wasserstand im Kanal. Die Grundwasserabsenkungen bewirken nördlich des Kanals eine Umkehr der Fließrichtung nach Süden. Das unterirdische Einzugsgebiet des Mittellandkanals erreicht, je nach Lage benachbarter Vorfluter, eine Breite von wenigen 100 m bis maximal 2,5 km.

Der 18 km lange Zweigkanal Salzgitter überwindet den Geländeanstieg zwischen Mittellandkanal und dem Werk Salzgitter von P+S durch zwei Schleusen bei Wedtlenstedt und Salzgitter-Üfingen, durch welche die Wasserstände um jeweils rund 9 m angehoben werden.

Im Abschnitt nördlich der Schleuse Üfingen wurde der Grundwasserspiegel durch den Bau des Kanals abgesenkt, so daß hier ein Grundwasserzustrom zum Kanal von  $1\ 600\ \text{m}^3/\text{d}$  bis  $2\ 800\ \text{m}^3/\text{d}$  erfolgt. Das unterirdische Einzugsgebiet des Zweigkanals Salzgitter hat, zusammen mit dem Mittellandkanal zwischen Oker und Aue-Kanaldücker, eine Größe von ca.  $54\ \text{km}^2$ .

Südlich der Schleuse Üfingen liegt der Wasserspiegel des Kanals um bis zu 3 m über dem Grundwasserspiegel. Aufgrund einer teilweise unvollständigen Abdichtung der Kanalsole verliert der Kanal Wasser mit einer Versickerungsrate von ca.  $6\ 800\ \text{m}^3/\text{d}$ .

Der Verlauf der Grundwassergleichen in der Umgebung der Schachanlage Konrad ist stark durch die Grundwasserabsenkung des Wasserwerks Bleckenstedt geprägt. Der Absenkungstrichter hat nach Westen eine Reichweite von nur wenigen 100 m, während er nach Norden am Zweigkanal Salzgitter entlang bis zum Schacht Konrad 2 reicht. Nach Süden reicht das Einzugsgebiet des Wasserwerkes ca. 2 km über die Oberflächenwasserscheide hinaus in das Einzugsgebiet des Brückenbaches hinein.



Die aus dem Grundwasserhöhengleichenplan (Anl. 3.1.9.6/6) abgeleiteten Grundwasserfließrichtungen werden durch radiohydrometrische Einbohrlochmessungen in ca. 20 Grundwassermeßstellen im wesentlichen bestätigt. Abschätzungen ergeben, daß sich nach Beendigung der Wasserförderung durch das Wasserwerk Bleckenstedt ein örtlicher Ruhewasserspiegel von 84,7 m NN einstellen würde. In der Nähe der Pumpbrunnen würde der Grundwasserspiegel um ca. 3,7 m und im Bereich des Schachtes Konrad 2 um ca. 2,7 m ansteigen. Das Grundwasser würde dann in Richtung Nordwesten auf den Zweigkanal Salzgitter zufließen, der in diesem Bereich dann zum Vorfluter würde. Die Nähe des Kanals, der bei einem Wasserstand von 83,3 m NN große Wassermengen aufnehmen kann, schließt eine Überflutung der bei 90,2 m NN liegenden übertägigen Anlagen des Schachtgeländes aus.

#### Chemische Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers

Es lassen sich folgende vier Grundwassertypen unterscheiden

- weiche Wässer,
- harte Wässer,
- chloridreiche Wässer und
- sulfatreiche Wässer.

Weiche Wässer mit Karbonathärten unter 10° dH und allgemein geringem Gesamtlösungsinhalt treten nördlich der Linie Klein Gleidingen - Denstorf - Vechelde auf. Ihr Vorkommen fällt damit etwa mit der Verbreitung der kalkarmen sandigen Böden zusammen.

Harte Wässer sind beim oberflächennahen Auftreten von kretazischen Kalk- und Mergelsteinen und von Lößböden im mittleren und südlichen Teil des Standortgebietes typisch. Die Karbonathärten liegen generell über 10° dH, im Mittel bei 15° dH bis 20° dH.

Vorkommen erhöhter Chlorid- und Sulfatgehalte sind in Anlage 3.1.9.6/7 dargestellt. Nur ca. 10% der untersuchten Wässer zeigen Chloridgehalte von weniger als 30 mg/l. Ca. 20 % der Wässer weisen Gehalte von 30 mg/l bis 50 mg/l auf, ca. 40 % liegen im Bereich 50 mg/l bis 100 mg/l, der Rest von rund 30 % darüber. Ein Chloridgehalt von 30 mg/l gilt als oberer Grenzwert für nicht kontaminierte Grundwässer in chloridarmen Sedimentgesteinen.

Ein Grund für die hohen Chloridgehalte liegt häufig in der Mineraldüngung landwirtschaftlich genutzter Flächen, die zu einer erhöhten Grundlast des Grundwassers beiträgt und lokal auch zu hohen Werten von über 200 mg/l führen kann. Sickerwässer aus einer Schlackenhalde bei Leinde verursachen ebenfalls hohe Chloridgehalte.

Neben diesen anthropogenen Ursachen ist eine deutliche Bindung erhöhter Chloridgehalte an die Umgebung der Salzstöcke zu erkennen. In den Versalzungsgebieten steigt der Chloridgehalt innerhalb des quartären Wasserleiters mit zunehmender Tiefe stark an. Ausgeprägte Versalzungszone mit Chloridgehalten von bis zu 500 mg/l in oberflächennahem Grundwasser finden sich in der Umgebung der Salzstöcke Broistedt und Vechelde sowie der Salzstruktur Thiede. Chloridreiche Wässer können auch in verhältnismäßig großer Entfernung von Salzstöcken angetroffen werden, wobei nicht immer eindeutig ist, ob es sich um anthropogene oder natürliche Anreicherungen handelt. Natürliche Grundwasserversalzungen, die aus anderen geologischen Formationen als dem Zechstein stammen, sind im Untersuchungsgebiet oberflächennah nicht nachgewiesen.

Rund 25 % der Proben haben Sulfatgehalte von unter 100 mg/l; bei ca. 60 % liegen die Gehalte zwischen 100 mg/l und 300 mg/l, während ca. 15 % mehr als 300 mg/l Sulfat aufweisen.



Der Sulfatgehalt kann zum Teil auf den Sulfateintrag aus Niederschlägen infolge Rauchgaseinwirkung, auf den Düngemiteleininsatz sowie auf Auswaschungen aus Schlackenhalde zurückgeführt werden. Da aber im allgemeinen stark erhöhte Sulfatkonzentrationen an die Umgebung von Salzstöcken gebunden sind, müssen Ablaugungswässer der Salzstöcke als Hauptquelle der Sulfatbelastung angesehen werden.

Bei Isotopenbestimmungen zur altersmäßigen Klassifizierung der Grundwässer wurden Tritiumkonzentrationen zwischen 0,7 TU und 82 TU (tritium units) ermittelt. Nur drei Grundwasserpegel zeigen Gehalte unter 5 TU. Diese Grundwässer müssen sich vor 1950 gebildet haben. Die übrigen Grundwässer aus insgesamt 28 Beobachtungsbrunnen zeigen deutlich höhere Gehalte (meist über 20 TU) an Tritium. Diese Proben enthalten Wasser, das mit Tritium aus Kernwaffenexplosionen angereichert ist und damit nach 1950 gebildet wurde. Es handelt sich um Mischwässer aus "altem" (vor 1950 gebildet) und "jungem" (nach 1950 gebildet) Grundwasser.

Die Messungen an sieben Grundwasserproben ergaben C 14-Konzentrationen von 68 % modern bis 87 % modern sowie Delta-C-13-Werte von -16,3 ‰ bis -13,4 ‰. Damit liegen die C 14- und C 13-Gehalte der untersuchten Proben in einem Bereich, der für sehr junge Grundwässer charakteristisch ist und bestätigen die Ergebnisse der Tritiumanalysen.

Temperaturmessungen wurden in 28 Meßstellen durchgeführt. Abgesehen von klimatischen Einflüssen im oberen Bereich der Meßstellen liegen die Temperaturen in 10 m bis 20 m Tiefe bei 9 °C. Nur einige Meßstellen zeigen stark erhöhte Werte bis 38 °C, die auf anthropogene Ursachen zurückzuführen sind.



## 3.1.9.6.4 Hydrogeologie der präquartären Schichtenfolge

Hydrogeologische Beschreibung der präquartären Schichten

Der Mittlere Muschelkalk enthält wasserundurchlässige Salzgesteine in weiter Verbreitung. Er wird daher als regionale Basis des zu betrachtenden hydraulischen Systems angesehen (Kap. 3.1.10.3, S.1). Der etwa 60 m mächtige Obere Muschelkalk besteht aus geklüfteten Kalksteinen und ist als mäßig gut leitender Kluftgrundwasserleiter der unterste zu betrachtende Aquifer.

Die im Hangenden folgenden Schichten des ca. 300 m mächtigen Unteren und Mittleren Keuper sind sehr gering durchlässig. Die fein- bis mittelkörnigen Sandsteine des Oberen Keuper (Rhät) bilden zusammen mit den an der Basis des Lias auftretenden Feinsandsteinlagen einen mäßig durchlässigen Porenwasserleiter von ca. 70 m Mächtigkeit. Darüber folgen die Ton- und Mergelsteine des Lias als Nichtleiter. Der Untere und Mittlere Dogger wird ebenfalls vor allem aus nicht wasserleitenden Ton- und Mergelsteinen aufgebaut, jedoch können wie im Keuper einzelne Sandsteinpakete (z.B. Dogger- $\beta$ -Sandstein) eingeschaltet sein.

In die Ton- und Tonmergelsteine des Bathonium ist die Sandsteinfazies des "Cornbrash" eingeschaltet.

In der Bohrung Konrad 101 wurde der "Cornbrash"-Sandstein nicht klüftig und sehr dicht angetroffen. Er erwies sich ebenso gering durchlässig wie die Ton- und Tonmergelsteine. Unterhalb der Sohle des Schachtes Konrad 2 wurde der "Cornbrash"-Sandstein ebenfalls als Feinsandstein mit geringer Porendurchlässigkeit angetroffen, in dem eine einzelne, in ihrer Ausdehnung begrenzte, wasserführende Kluft erbohrt wurde. Der "Cornbrash"-Sandstein stellt daher im engeren Gebiet um die Schachtanlage Konrad einen gering durchlässigen Kluftwasserleiter dar. Aus der Kohlenwasserstoff-Exploration

in der weiteren Umgebung nördlich von Konrad ist der Horizont dagegen als Porenspeicher mittlerer bis guter Durchlässigkeit bekannt.

Die Basis des Oxford bilden die wenige Meter mächtigen Heersumer Schichten, die als klüftige Mergelton- bzw. Kalksteine ausgebildet sind. In der Bohrung Konrad 101 kommen sie nicht vor. Die Heersumer Schichten sind als Kluftgrundwasserleiter mäßiger bis geringer Durchlässigkeit einzustufen.

Die übrigen Schichten des Oxford, soweit sie in der Bohrung Konrad 101 aufgeschlossen waren (Kalksteine, Kalkoolithe, Mergeltonsteine und Erzhorizonte des Oberen bis Unteren Korallenoolith) weisen größtenteils sehr kleine Durchlässigkeiten auf. Nur an der Basis des Unteren Korallenoolith ist eine Kluftzone angetroffen worden, die eine große Durchlässigkeit besitzt. Ihr hydrostatischer Druck lag mehr als 600 m niedriger als das natürliche Druckniveau. Dieser Effekt kann nur so erklärt werden, daß die durch den Bergbau hervorgerufene Druckabsenkung sich vom Grubengebäude bis zu dieser Stelle ausgebreitet hat.

Östlich der Bohrung Konrad 101 wird das Oxford von der Unterkreide transgressiv überlagert. Beobachtungen an der Bohrung Konrad 101 lassen alte Verkarstungserscheinungen in den Kalksteinen des Korallenoolith am Kontakt zur Unterkreide vermuten. Dies kann zu einer lokal erhöhten Durchlässigkeit entlang der früheren Ausstrichfläche geführt haben, die jedoch nicht für das übrige Verbreitungsgebiet gilt und deshalb auch keine Bedeutung für die mittlere Durchlässigkeit der Schicht besitzt.

Diese Befunde aus der Bohrung Konrad 101 - sehr kleine Gesteinsdurchlässigkeiten neben großen Kluftdurchlässigkeiten - decken sich sehr gut mit den im Grubengebäude gemachten Erfahrungen. Auch hier besitzt das Oxford vorherrschend eine geringe Durchlässigkeit, beim



Auffahren der Strecken wurden jedoch vereinzelt teils wasserführende, teils bereits leergelaufene Kluftsysteme unterschiedlicher Öffnungsweiten und Erstreckungen angefahren. In-situ-Messungen im Grubengebäude und Laboruntersuchungen zeigten Gebirgsdurchlässigkeiten von meist wesentlich kleiner als  $10^{-8}$  m/s. Auch der insgesamt kleine Zustrom von Tiefenwässern in die Grube (ca. 40 l/min) spricht für ein schlecht durchlässiges Gebirge.

Aus analytischen Rechnungen, die den Zustrom von Tiefenwässern und die Geometrie des Grubengebäudes zur Abschätzung der Durchlässigkeit der Formation benutzen, ergaben sich mittlere Durchlässigkeiten von kleiner als  $10^{-9}$  m/s.

Betrachtet man die Gebirgsdurchlässigkeiten über größere horizontale und vertikale Erstreckung und faßt die ermittelten Durchlässigkeiten in den Schichtgliedern des Oxford zusammen, dann kann das Oxford als gering durchlässiger Kluftwasserleiter eingestuft werden, in dem zwar lokal gut durchlässige Klüfte existieren, die aber über größere Entfernungen nicht durchhalten.

Über dem Oxford folgen die Ton- und Mergelkalksteine des Kimmeridge und der Münder-Mergel (Portland), die im Grubenbereich stark schwankende Mächtigkeiten besitzen und als Geringleiter einzustufen sind.

Schichten des Wealden und Valangin sind nur in einigen Bereichen im Südwesten und Norden des Gebietes ausgebildet. Im Südwesten kommen sie nur am östlichen Rand des Salzstocks Broistedt vor. Beide treten in sandig-toniger Fazies als Geringleiter auf.

Aus dem Bereich des Transgressionshorizontes der Unterkreide konnten in der Bohrung Konrad 101 keine  $k_f$ -Werte ermittelt werden. Aufgrund der übrigen Bohr-



ergebnisse und der aus dem Bereich der Schachtanlage vorliegenden Untersuchungen kann eine höhere Wasserwegsamkeit in diesem Horizont gegenüber den Hangend- und Liegendschichten nicht angenommen werden. In der weiteren Umgebung ist durch eine andere lithologische Ausbildung eine schwache Erhöhung der Durchlässigkeiten denkbar.

Die Ton- und Tonmergelsteine der Unterkreide besitzen große Mächtigkeiten von 300 m bis 700 m. In der Bohrung Konrad 101 wurden in diesen Schichten mehrere Durchlässigkeitstests durchgeführt, die immer  $k_f$ -Werte von kleiner als  $10^{-11}$  m/s erbrachten. Damit sind die tonigen Sedimente der Unterkreide als sehr gering durchlässig einzustufen.

Als einzelner wasserleitender Horizont ist der Hils-sandstein in die Unterkreide eingeschaltet. Im Standortbereich nimmt seine Mächtigkeit von Süden (bis über 100 m mächtig) nach Norden ab. In Höhe des Grubengebäudes keilt er aus, so daß im Schacht Konrad 2 und in der Bohrung Konrad 101 nur Mächtigkeiten von 1,5 m bzw. 3,2 m festgestellt wurden. Der Hilssandstein ist im Bereich der Schachtanlage Konrad ein gut durchlässiger, aber gering mächtiger Porenwasserleiter.

Für den an der Basis der Oberkreide anstehenden Cenomanmergel und den im obersten Alb vorkommenden Flammenmergel wurden in der Bohrung Konrad 101 ebenfalls Durchlässigkeiten von kleiner als  $10^{-11}$  m/s bestimmt. Damit bilden diese Sedimente zusammen mit den liegenden Tonsteinserien der Unterkreide eine mächtige, sehr gering durchlässige Schicht.

Die Plänerkalke der Oberkreide sind Kluftwasserleiter, die in der Regel in den oberen Bereichen eine mittlere bis gute Durchlässigkeit aufweisen. Da nach den Pumpversuchen in der Bohrung Konrad 101 die Durchlässigkeit

der Plänerkalke jedoch der eines Grundwasserhemmers entspricht, wird die hydraulische Bedeutung des obersten Stockwerks im engeren Gebiet um die Bohrung durch die rinnenförmigen und gut durchlässigen Ablagerungen des Quartär (Kap. 3.1.9.6.2) bestimmt. In der weiteren Umgebung ist aber mit einer etwas besseren Durchlässigkeit der Plänerkalke zu rechnen, so daß dort Quartärsedimente und Plänerkalke einen gemeinsamen Grundwasserleiter bilden können. Örtlich liegen zwischen beiden Schichten Ton- und Mergelsteine der Oberkreide, die "Emscher-Mergel", die als Grundwasserhemmer wirken.

Das Tertiär ist, abgesehen von der Subrosionssenke auf dem Salzstock Broistedt, nur im Nordgebiet geringmächtig vorhanden. Es ist, wie das überlagernde Quartär, als Grundwasserleiter ausgebildet.

#### Chemische Zusammensetzung der Tiefenwässer

Aus der Grube Konrad liegen Wasseranalysen von mehr als 150 Wasserproben aus dem Tiefenbereich bis 1 300 m unter Gelände vor. In Abb. 3.1.9.6/1 sind die Salzgehalte dieser Wässer in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe dargestellt. Bei den analysierten Wasserproben handelt es sich zum überwiegenden Teil um Formationswässer des Korallenoolith aus dem Bereich von 800 m bis 1 300 m unter Gelände (K), um Wasserproben aus dem Hilssandstein (H) und dem "Cornbrash" (C), sowie um Proben aus den Plänerkalken (P) aus dem Bereich der beiden Schächte der Grube Konrad.

Die Wässer aus den Plänerkalken weisen bis zu einer Tiefe von etwa 150 m durchgängig geringe Salzgehalte von weniger als 1 g/l auf. Im Tiefenbereich unterhalb von 150 m erfolgt dann ein rascher Anstieg der Salzgehalte bis zu 30 g/l.



Im Vergleich hierzu haben alle Wässer aus dem Grubengebäude wesentlich höhere Salzgehalte. Innerhalb des Korallenoolith ist ein kontinuierlicher, linearer Anstieg der Salzgehalte von 180 g/l in 800 m Tiefe bis auf 220 g/l in 1 300 m Tiefe zu erkennen. An diese Tendenz paßt sich das Wasser des Hilssandstein in 470 m Tiefe an, obwohl Hilssandstein und Korallenoolith durch mehr als 200 m gering durchlässige Unterkreidetonsteine getrennt werden, ebenso wie das Wasser aus dem "Cornbrash" an der Sohle des Schachtes Konrad 2 im Liegenden des Korallenoolith. Die Verteilung der Salzgehalte in den Wässern zeigt, daß im Bereich der Grube eine näherungsweise horizontale, formationsübergreifende Salinitäts-schichtung besteht, durch welche der Salzgehalt der Wässer - unabhängig von lithologischer Ausbildung und stratigraphischer Position des Wasserleiters - allein von der Tiefenlage des Entnahmeortes bestimmt wird.

Verbunden mit dem linearen Anstieg der Salzgehalte zur Tiefe hin ist eine charakteristische, ebenfalls lineare Entwicklung in der chemischen Zusammensetzung der Formationswässer. Sie ist dadurch charakterisiert, daß mit zunehmendem Lösungsinhalt in steigendem Maße  $\text{Na}^+$  durch  $\text{Ca}^{++}$  und  $\text{Mg}^{++}$  sowie  $\text{K}^+$  ersetzt wird. Charakteristisch ist ferner eine salinitätsabhängige Zunahme der Spurenelemente  $\text{Br}^-$ , Bor und  $\text{Li}^+$ , welche Aufschluß über die Genese der Tiefenwässer geben können.

Aus der Spurenelementzusammensetzung, insbesondere der Entwicklung der Bromidgehalte in Beziehung zum Salzgehalt der Wässer, kann geschlossen werden, daß es sich bei den hochsalinen Wässern aus Hilssandstein, Korallenoolith und "Cornbrash" um Mischungen von fossilen marinen Porenwässern mit konzentrierten Ablaugungswässern von Salzstöcken handelt. Zusätzlich muß vermutet werden, daß Diffusion von gelösten Salzen konzentrierter evaporitischer Restlösungen aus tiefliegenden Sedimenten über geologische Zeiträume hinweg zu einer zur Tiefe hin



zunehmenden Überprägung der chemischen Zusammensetzung der Wässer führte, verbunden mit einem entsprechenden Anstieg der Salzgehalte.

In den tiefen hochsalinen Wässern wurde weder Tritium noch C 14 gefunden. Eine Bestätigung dafür, daß es sich bei den Wässern aus der Grube Konrad um sehr alte fossile Wässer handelt, liefern sowohl die signifikante Abweichung von der üblichen isotopischen Zusammensetzung (Deuterium und O 18) meteorischer Wässer, als auch hohe Gehalte an radiogenem Helium, welche für Verweilzeiten von Millionen Jahren sprechen.

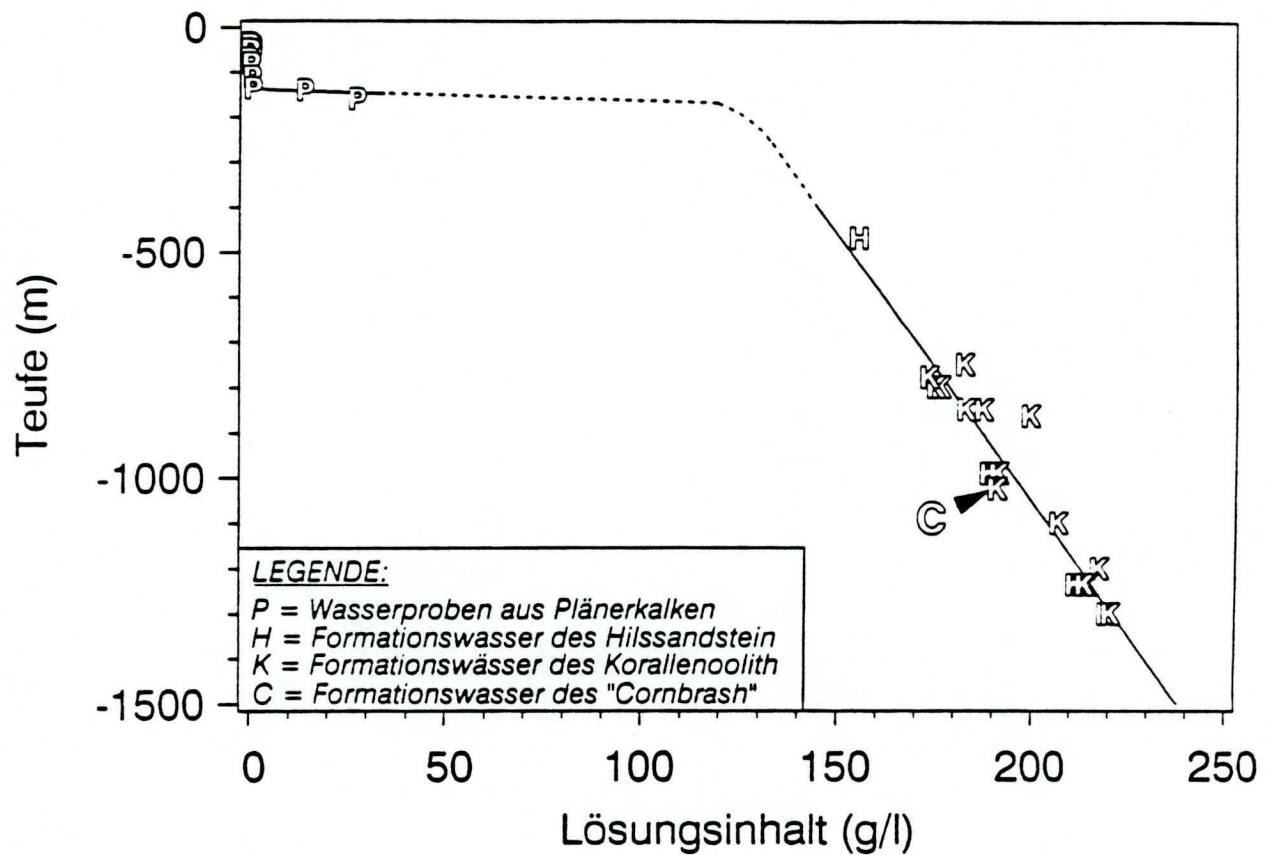


Abbildung 3.1.9.6/1 Verteilung der Salzgehalte der Wässer aus der Grube Konrad in Abhängigkeit von der Entnahmetiefe (Bei Mehrfachbeprobungen sind die Mittelwerte der Analysen dargestellt.)

Tiefenwasserhydraulik am Standort Konrad

Im Standortgebiet besteht ein mehrgliedriger hydrogeologischer Stockwerksbau (Kap. 3.1.9.6.2). Das oberflächennahe Grundwasserstockwerk ist durch die unterlagernden Tonsteine der Unterkreide von den tieferen Grundwasserstockwerken getrennt.

Der Einlagerungshorizont ist im Hangenden von den Tonsteinen der Unterkreide und im Liegenden von den Ton- und Mergelsteinen des Dogger und Lias eingeschlossen. Der Versatzbetrag der vorhandenen Störungen ist zu klein, um den Korallenoolith oder den "Cornbrash" in Kontakt mit wasserdurchlässigen Gesteinen der anderen Stockwerke zu bringen. Die Durchlässigkeit der Störungszonen erreicht an keiner aufgeschlossenen Stelle diejenige eines Wasserleiters. Weitere natürliche hydraulische Verbindungen vom Korallenoolith zu anderen Grundwasserstockwerken und zur Erdoberfläche existieren im Nahbereich der Grube nicht.

Die tiefen Stockwerke des Trias erhalten ihr hydraulisches Potential von den Erhebungen im Süden des Gebietes, in denen mesozoische Gesteine an der Tagesoberfläche ausstreichen. Als regionales Vorflut-Niveau kann das der Allerniederung gelten. Von den hydraulischen Eigenschaften der Schichten, ihrem räumlichen Bau und dem Salzgehalt der Porenwässer hängt ab, wie stark sich dieses Gefälle in den tiefen Untergrund auswirkt und dort zu einem Grundwasserabstrom in nördlicher Richtung führt. Äquivalentes gilt für den Hilssandstein, der ebenfalls im Salzgitter-Höhenzug ausstreicht.



## 3.1.9.6.5 Durchlässigkeiten und Porositäten

Durchlässigkeiten

Für die mesozoische Schichtenfolge liegen Durchlässigkeitsbestimmungen aus der Grube Konrad, der Bohrung Konrad 101 und aus Tiefbohrungen vor. Bei den Bestimmungen handelt es sich sowohl um Laboruntersuchungen an Bohrkernen und Gesteinsproben wie auch um hydraulische in situ-Tests. Tabelle 3.1.9.6/1 gibt eine Übersicht der Bandbreiten repräsentativer Durchlässigkeitsbeiwerte.

Die Ton- und Mergelsteine der Unterkreide, des Mittleren und Unteren Jura und des Keuper zeigen generell sehr geringe Durchlässigkeiten, die zwischen  $k_f = 10^{-10}$  m/s und  $k_f = 10^{-13}$  m/s liegen.

Schwieriger gestaltet sich eine Angabe von Durchlässigkeitsbeiwerten für die tieferen Aquifere, für die keine hydraulischen Messungen vorliegen. Aufgrund von Analogieschlüssen werden für den Oberen Muschelkalk  $k_f$ -Werte mit einer Bandbreite von  $10^{-6}$  m/s bis  $10^{-8}$  m/s und für den Oberen Keuper (Rhät) von  $10^{-6}$  m/s bis  $10^{-7}$  m/s abgeleitet.

Besser bekannt sind die Durchlässigkeiten des "Cornbrash"-Sandsteins. In Erdölbohrungen häufig erbohrt und untersucht gilt der Sandstein als Porenwasserleiter mit Durchlässigkeiten um  $k_f = 10^{-5}$  m/s. Dagegen erschloß die Bohrung Konrad 101 einen praktisch undurchlässigen Kalksandstein mit einem Durchlässigkeitsbeiwert kleiner als  $10^{-11}$  m/s.

| Schichteinheit                      | Bandbreite<br>$k_f$ 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<br>Unterkreide        | $10^{-10}$ bis $10^{-13}$  |
| Hilssandstein                       | $10^{-5}$                  |
| Kimmeridge, Portland<br>und Wealden | $10^{-7}$ bis $10^{-9}$    |
| Oxford                              | $10^{-4}$ bis $10^{-12}$   |
| "Cornbrash"-Sandstein               | $10^{-5}$ bis $10^{-11}$   |
| Tonsteine des<br>Dogger und Lias*   | $10^{-10}$ bis $10^{-12}$  |
| Oberer Keuper (Rhät)*               | $10^{-6}$ bis $10^{-7}$    |
| Tonsteine des<br>Keuper*            | $10^{-10}$ bis $10^{-12}$  |
| Oberer Muschelkalk*                 | $10^{-6}$ bis $10^{-8}$    |

\* aus Analogieschlüssen abgeleitet

Tabelle      Bandbreiten repräsentativer Durchlässig-  
3.1.9.6/1      keitsbeiwerte

Das Oxford (Korallenoolith und Heersumer Schichten) ist aus sehr verschiedenen Gesteinen wie Tonmergelsteinen, Kalksteinen und oolithischen Erzen aufgebaut. Dies spiegelt sich in den  $k_f$ -Werten wider, die für den Korallenoolith in der Bohrung Konrad 101 gemessen worden sind und zwischen  $10^{-4}$  m/s und kleiner als  $10^{-11}$  m/s liegen. Eine ähnliche Bandbreite ergeben Untersuchungen in anderen Tiefbohrungen und in der Grube Konrad. Dabei beschränken sich die hohen Durchlässigkeiten auf schmale Kluftbereiche in den Kalksteinen, die niedrigen

Werte auf die Ton- und Mergelzwischenmittel. Abschätzungen aufgrund des derzeitigen Wasserzulaufs in die Grube ergeben für den Mittleren Korallenoolith  $k_f$ -Werte kleiner als  $10^{-9}$  m/s.

Kimmeridge und Portland (Obermalm) sind tonig-mergelig ausgebildet, so daß die Durchlässigkeiten niedrig sind. Als wahrscheinlich werden  $k_f$ -Werte von  $10^{-7}$  m/s bis  $10^{-9}$  m/s angesehen. Für den sandig-tonig ausgebildeten Wealden werden die gleichen Werte angenommen, während dem tonigen Valangin  $k_f$ -Werte wie den tonigen Schichten der Unterkreide zugeordnet werden.

Für den geringmächtigen Transgressionshorizont der Unterkreide ist lokal eine schwach erhöhte Durchlässigkeit denkbar, die jedoch die der unterlagernden Gesteine des Oxford und des Kimmeridge nicht übersteigt.

Für den feinkörnigen Hilssandstein liegen zahlreiche Durchlässigkeitsbeiwerte vor. Laboruntersuchungen und hydraulische in situ-Tests zeigen sehr einheitliche Werte um  $k_f = 10^{-5}$  m/s.

Die hydraulischen Tests in den Plänerkalken der Oberkreide erbrachten Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen  $10^{-5}$  m/s und  $10^{-7}$  m/s, wobei die Durchlässigkeiten allgemein mit größerer Tiefe kleiner werden. Die Emscher-Mergel sind durchlässiger als die sonst ähnlichen Unterkreidegesteine. Ihre Durchlässigkeit dürfte bei  $10^{-8}$  m/s bis  $10^{-9}$  m/s liegen.

Für das Tertiär und das Quartär beträgt die Bandbreite des Durchlässigkeitsbeiwertes jeweils  $10^{-3}$  m/s bis  $10^{-7}$  m/s.

#### Porositäten

Angaben über die Porositäten der präquartären Schichten stammen aus Laboruntersuchungen an Kernen der Bohrung



Konrad 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.

Die Bandbreite der ermittelten Werte für die Gesamtporosität der verschiedenen Schichteinheiten ist in Tabelle 3.1.9.6/2 aufgelistet, Angaben zu den Effektivporositäten finden sich in Kapitel 3.1.10.3.

| Schichteinheit                   | Gesamtporosität<br>in % |
|----------------------------------|-------------------------|
| Quartär                          | 15 bis 40               |
| Tertiär                          | 15 bis 40               |
| Emscher-Mergel                   | 15 bis 30               |
| Plänerkalke                      | 5 bis 21                |
| Tonsteine der Unterkreide        | 8 bis 30                |
| Hilssandstein                    | 25 bis 35               |
| Kimmeridge, Portland und Wealden | 2 bis 18                |
| Oxford                           |                         |
| Kalkstein und Kalkoolith         | 2 bis 23                |
| Erzlager                         | 2 bis 27                |
| Tonstein und Tonmergelstein      | 7 bis 23                |
| "Cornbrash"-Sandstein            | 5 bis 25                |
| Tonsteine des Dogger             | 3 bis 22                |
| Lias                             | 3 bis 15                |
| Oberer Keuper (Rhät)             | 5 bis 20                |
| Tonsteine des Keuper             | 3 bis 15                |
| Oberer Muschelkalk               | 2 bis 20                |

Tabelle      Bandbreite der Gesamtporositäten  
3.1.9.6/2

### 3.1.9.6.6 Zusammenfassung der hydrogeologischen Gegebenheiten

Das Untersuchungsgebiet bildet den Übergang vom Mittelgebirge zum Flachland. Es hat einen ausgeprägten Stockwerksbau. Das oberflächennahe Grundwasser befindet sich im wesentlichen in Quartärablagerungen und steht mit den lokalen Vorflutern in hydraulischer Verbindung. Es ist in seiner Qualität und Bewegung örtlich stark anthropogen beeinflusst.

Die tieferen Stockwerke sind in einzelnen wasserdurchlässigen mesozoischen Gesteinsschichten ausgebildet, die größtenteils durch mächtige, sehr gering wasserdurchlässige Tonsteinschichten voneinander getrennt sind. Das System von tiefen Stockwerken wird nach unten durch die Salzschiefer des Mittleren Muschelkalk und seitlich durch Salzstöcke begrenzt. Mehrere als Wasserleiter anzusehende Gesteinseinheiten sind außerdem aufgrund anderer Ursachen (Faziesänderung, Tektonik, Transgression) in der Verbreitung begrenzt.

Die relativ hohe Grundwasserspiegellage im Salzgitter-Höhenzug, in dem mesozoische Gesteine an der Tagesoberfläche austreichen, könnte einen tiefreichenden Porenwasserstrom nach Norden ermöglichen. Das regional niedrigste Vorflut-Niveau ist die Allerniederung. Von den hydraulischen Eigenschaften der Schichten, ihrem räumlichen Bau und der Salinität des Porenwassers hängt ab, wie stark sich dieses Gefälle in den tiefen Untergrund auswirkt und dort zu einem Grundwasserabstrom in nördlicher Richtung führt.

Durch den Bergbau ist das Druckpotential in den erschlossenen Gesteinen abgesenkt worden. Im Korallenoolith können aufgrund der örtlich stark schwankenden Durchlässigkeit stark wechselnde Drücke in Kluftwasservorkommen beobachtet werden.

Speziell der Korallennoolith hat wegen seiner zungenförmigen Begrenzung auf den mittleren Teil der östlichen Randsenke der Salzstöcke Broistedt und Vechelde keinen direkten Kontakt zu anderen wasserleitenden Gesteinen. Auch Verwerfungen haben hier keine so großen Versatzbeträge, daß hydraulische Kontakte entstehen. Die Durchlässigkeit von Tongesteinen wird durch Verwerfungen nicht wesentlich beeinflußt.

Das tiefe Grundwasser enthält unterhalb von etwa 100 m unter Gelände zunehmende Mengen an gelösten Stoffen, die noch aus der Ablagerungszeit (Formationswasser) oder von den umliegenden Salzstöcken stammen. Es gibt in den tiefen Wasserleitern keine Hinweise auf in jüngerer Zeit gebildetes Grundwasser.

Nutzbare Grundwasservorkommen sind nur im obersten Grundwasserstockwerk vorhanden.



### 3.1.9.7 Gebirgsmechanik

#### Aufgabenstellung gebirgsmechanischer Untersuchungen

Seit 1964 führte die für die Schachthanlage Konrad zuständige Markscheiderei geodätische Messungen der über-tägigen Senkungen und gebirgsmechanische Messungen in Strecken und Abbaukammern der Grube bis zur Einstellung der Erzgewinnung im Jahre 1976 durch. Mit den Messungen wurde das Ziel verfolgt, zu einem in sicherheitstechnischer und bergtechnischer Hinsicht reibungslosen Grubenbetrieb beizutragen. Dabei standen die wirtschaftlichen Gesichtspunkte der Erzgewinnung im Vordergrund. Darüber hinaus dienten die übertägigen Senkungsmessungen dem rechtzeitigen Erkennen und Vermeiden möglicher Schäden an übertägigen Bauwerken, insbesondere den Hüttenanlagen des Werkes Salzgitter der Stahlwerke Peine-Salzgitter AG (P+S).

Nach der Einstellung des Produktionsbetriebes wurden die gebirgsmechanischen Untersuchungen und geodätischen Messungen mit geänderter Aufgabenstellung und in erweitertem Umfang fortgesetzt. Zielführend bis zum Jahre 1982 war der Nachweis der grundsätzlichen Eignung der Grube Konrad als Endlager für radioaktive Abfälle. Im Rahmen eines vom BMFT geförderten Forschungs- und Entwicklungsprogramms hat die Gesellschaft für Strahlen- u. Umweltforschung mbH, München (GSF) in Zusammenarbeit mit P+S u. a. auch folgende gebirgsmechanische Untersuchungen durchgeführt

- Verformungsmessungen zur Dimensionierung von stand-sicheren Einlagerungskammern und dazwischenliegenden Festen,
- Verformungsmessungen zur Optimierung der Auffahr-technik von Einlagerungskammern,

- gebirgsmechanische Laboruntersuchungen an Gesteinen des Korallenoolith zur Ermittlung von Gesteinskennwerten als Eingangsparameter für Standsicherheitsberechnungen und
- erste gebirgsmechanische Berechnungen zur standsicheren Dimensionierung von Einlagerungskammern und dazwischenliegenden Festen.

Nach Antragstellung auf Einleitung des Planfeststellungsverfahrens am 31.08.1982 wurde für die gebirgsmechanischen Untersuchungen ein umfassendes ingenieurmäßiges Konzept entworfen, das den sicherheitsanalytischen und betriebstechnischen Anforderungen angepaßt ist. Integrale Bestandteile dieses Konzeptes sind

- Dokumentation und Auswertung der ingenieurgeologischen Gegebenheiten, die beim Auffahren der Erkundungsstrecken und beim Befahren alter Sohlen- und Abbau-strecken angetroffen wurden,
- Dokumentation und Auswertung der betrieblichen Erfahrungen von P+S beim Auffahren von Strecken und Abbaukammern,
- Auswertung und Interpretation der von P+S und GSF durchgeführten gebirgsmechanischen und markscheiderischen Messungen unter und über Tage sowie
- Durchführung gebirgsmechanischer Berechnungen zur Beurteilung des Gebirgsverhaltens.

Mit diesem Konzept wurden folgende Ziele verfolgt

- Analyse der gebirgsmechanischen Vorgänge im Nah- und Fernbereich des Grubengebäudes Konrad bis zum Beginn der Einrichtung als Endlager,

- Beurteilung der Standsicherheit des Grubengebäudes bis zum Beginn der Einrichtung als Endlager,
- Beurteilung der geologischen Barriere und der Standsicherheit des Grubengebäudes des geplanten Endlagers,
- Identifizierung von möglichen Überbeanspruchungen des Gebirges und
- Dokumentation von Daten als vorlaufende Beweissicherung.

#### Markscheiderische und gebirgsmechanische Messungen

##### Geodätische Messungen

Im Jahre 1964 wurde übertägig ein Vermessungsnetz zur Erfassung abbaubedingter Bodensenkungen eingerichtet /1/. Dieses Netz wurde regelmäßig mittels Feinnivellement beobachtet und fortlaufend erweitert. Das Festpunktfeld bestand Anfang 1984 aus ca. 260 Punkten, die als Bolzen oder Bodenpunkte vermarktet waren.

Im Rahmen vorbereitender Maßnahmen zur Einrichtung der Grube Konrad als Endlager war es erforderlich, das übertägige Senkungs-nivellement dem gebirgsmechanischen Ingenieurkonzept für das Endlager anzupassen. Im Hinblick auf die Messungen hat dieses u. a. zum Ziel

- Überwachung des großräumigen Verformungsverhaltens der Geländeoberfläche,
- Schaffung von Voraussetzungen zur Verifizierung gebirgsmechanischer Rechenmodelle,
- Dokumentation von Meßdaten als Beweissicherung und
- bergschadenkundliche Bewertung der Senkungen.



Unter Berücksichtigung dieser neuen Zielsetzung wurde ab Frühjahr 1984 die Fläche des Festpunktnetzes von 13 km<sup>2</sup> auf ca. 40 km<sup>2</sup> erweitert. Die zusätzlichen 94 der insgesamt 354 Festpunkte liegen vornehmlich in den Randzonen des zukünftigen Einwirkungsbereiches der geplanten Einlagerungsfelder. Zur frühzeitigen und zuverlässigen Erfassung der zu erwartenden Senkungsbeträge wurden als Punktvermarkungen tiefgegründete und bis zur Erdoberfläche gleitfähig ausgebildete Rohrfestpunkte angelegt. Innerhalb des alten Festpunktfeldes wurden an einigen ausgesuchten Punkten ebenfalls Rohrfestpunkte als Referenzpunkte gesetzt. Die Messungen werden als Feinnivellement ausgeführt.

Die Erkenntnisse aus der markscheiderischen Standortüberwachung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Senkungstrog hat einen Grenzwinkel zwischen 35° und 39° (Abb. 3.1.9.7/2). Das Muldentiefste hat sich bis Mai 1988 um insgesamt 271 mm gesenkt (Abb. 3.1.9.7/4). Das Trogvolumen betrug zu diesem Zeitpunkt etwa 592 000 m<sup>3</sup> (Abb. 3.1.9.7/3).
- Die Senkungen setzten unmittelbar nach Abbaubeginn ein.
- Die Senkungsgeschwindigkeit erreichte während der Erzgewinnung im Trogtiefsten (über dem Spülversatzfeld) maximal 2,3 mm/Monat. Über dem Abbauschwerpunkt des LHD-Feldes betrug die maximale Senkungsgeschwindigkeit 2,8 mm/Monat (Abb. 3.1.9.7/1).
- Die Senkungsgeschwindigkeit verringerte sich nach Einstellung des Produktionsbetriebes deutlich. Sie betrug über dem LHD-Feld 1988 nur noch ca. 4 mm/a.

Bis zum Beginn der Auffahrung von Einlagerungskammern werden die Senkungen jährlich gemessen. Damit sind die

notwendigen Voraussetzungen für eine zuverlässige Erfassung der durch die Auffahrung von Einlagerungskammern hervorgerufenen Bodensenkungen geschaffen.

#### Verformungsmessungen in Strecken und Kammern

Von der Markscheiderei durchgeführte Verformungsmessungen konzentrierten sich auf Firstsenkungs- und Konvergenzmessungen in Abbaustrecken des Kammerbaus mit schwebendem Verhieb und Spülversatz und des Kammerbaus mit streichendem Verhieb ohne Versatz (LHD-Feld). Im LHD-Feld wurden weitere umfangreiche Verformungsmessungen durchgeführt, die zu einem besseren Verständnis der im Grubengebäude ablaufenden gebirgsmechanischen Vorgänge beigetragen haben.

Im Rahmen der Eignungsprüfung hat die GSF in Zusammenarbeit mit P+S von 1977 bis 1982 Streckenkonvergenz- und Neigungsmessungen in der Grube durchgeführt. Darüber hinaus wurden anschließend Messungen zum Zwecke der Beweissicherung wie

- Firstsenkungsniivellements,
- Konvergenzmessungen,
- Schachtteufenmessungen,
- Verformungsmessungen in geneigten Meßbohrungen und
- Spannungsmessungen

in dem Grubengebäude begonnen oder nach längerer Unterbrechung wieder aufgenommen. Diese Messungen werden zunächst bis zum Abschluß des Planfeststellungsverfahrens mit dem Ziel fortgesetzt, die längerfristigen Auswirkungen der abgeworfenen Abbaukammern auf das Grubengebäude zu erfassen und als vorlaufende Beweissicherung zu dokumentieren.



Firstsenkungsmessungen in Abbau- und Hauptsohlen-  
strecken

Die Auswirkungen des im Jahre 1965 begonnenen Erzabbaus wurden fortlaufend mittels Firstsenkungsmessungen in den Hauptsohlen- und Abbaustrecken kontrolliert. Das besondere Ziel dieser Messungen war es, frühzeitig die Notwendigkeit einer Ausbauverstärkung in den Strecken zu erkennen. Hauptsohlen- und Abbaustrecken wurden fast ausschließlich streichend in einer der Lagerbankung angepassten Querschnittsform aufgefahren. Die Sicherung der Strecken erfolgte überwiegend im Firstbereich mit ca. 1,80 m langen Spreizhülsenankern bei einer Ankerdichte von durchschnittlich einem Anker pro Quadratmeter. Bei Abbaueinwirkung auf die Strecken mußte der Ausbau entsprechend den festgelegten Ausbauregeln verstärkt werden.

Die Firstsenkungen wurden durch Nivellements ermittelt. Zur Punktvermarkung dienten 1,80 m lange, nicht vorgespannte Spreizhülsenanker. Ab 1971 wurden zur Sicherung der Meßlinien Doppelmeßpunkte in den Hauptsohlenstrecken der 1 000-m- und 1 100-m-Sohle in Abständen von ca. 25 m vermarktet. Darüber hinaus wurden weitere Firstmeßlinien in Abbaustrecken des LHD-Feldes und im Bereich eines Versuchsfeldes mit einfacher Punktvermarkung eingerichtet.

Nach Einstellung der Erzgewinnung 1976 wurden Firstsenkungsmessungen in den Hauptsohlenstrecken und in Wendeln und Rampen mit dem Ziel durchgeführt, die nach Abbaueinstellung noch ablaufenden großräumigen Gebirgsverformungen zu erfassen. Zur Punktvermarkung wurden ebenfalls 1,80 m lange Spreizhülsenanker in die Firste gesetzt und als Doppelmeßpunkte eingerichtet. Der Anschluß des Höhenpunktnetzes erfolgte durch Höhenbolzen am Schacht Konrad 1 und Schacht Konrad 2. Die Anschlußpunkte gelten



als Festpunkte. Zur Kontrolle wurde der Festpunkt am Schacht Konrad 2 durch Teufenmessung an das übertägige Nivellementnetz angeschlossen.

Beim Kammerbau mit schwebendem Verhieb verliefen die Firstsenkungen in Abhängigkeit vom Abbaufortschritt. Die Verformungen traten in unmittelbarer Nähe der Abbaue sehr schnell ein. In den ersten Tagen wurden Firstsenkungsraten bis zu 2,2 mm/d gemessen /1/. Durch Ausbauverstärkung konnte die Senkungsrate reduziert werden. Eine entscheidende Erniedrigung machte sich jedoch erst mit Einstellung der Erzgewinnung im Spülversatzfeld bemerkbar.

Wie insbesondere die Firstsenkungsmessungen im LHD-Feld gezeigt haben, traten flächenhaft konzentrierte Senkungsvorgänge im Zusammenhang mit dem linienförmig verfolgbaren, bruchhaften Zusammengehen von Abbaustrecken auf. So wurde z. B. in der Abbaustrecke 441 innerhalb eines halben Jahres nach Auffahrung eine Firstsenkungszunahme von durchschnittlich 1,9 mm/d gemessen. Danach nahmen die Werte ab.

Insgesamt haben auch die seit 1983 in den Hauptsohlenstrecken durchgeführten Firstsenkungsmessungen bestätigt, daß 13 Jahre nach Einstellung der Erzgewinnung immer noch Einflüsse von den abgeworfenen Abbaukammern ausgehen, die zu meßbaren Querschnittsverminderungen der in Betrieb befindlichen Strecken führen.

Zusammenfassend kann aufgrund der durchgeführten Messungen festgestellt werden, daß infolge der Herstellung von Abbauhohlräumen erhebliche Auswirkungen auf die Abbau- und Hauptsohlenstrecken stattgefunden haben. Kurzzeitig wurden nach Abbaubeginn hohe Firstsenkungsraten in Abbaustrecken gemessen, so daß zusätzliche Ausbaumaßnahmen getroffen werden mußten. Mit Einstellung der Erzgewinnung machte sich ein deutlicher Rückgang der

Firstsenkungen bemerkbar. Allerdings waren auch nach Beendigung der Erzgewinnung Firstsenkungen über einen längeren Zeitraum nachweisbar. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, konnten die Abbaueinwirkungen auf Abbau- und Sohlenstrecken durch Anwendung entsprechender Ausbauverfahren beherrscht werden. Großräumige Firstbrüche wurden so vermieden.

#### Konvergenzmessungen in Abbau- und Sohlenstrecken

Konvergenzmessungen dienen der Erfassung der durch Spannungsumlagerung ausgelösten Verformungen von Abbau- und Sohlenstrecken. In der Phase der Erzgewinnung wurden für die Messungen Kurzanker verwandt. Mit diesen wurde ein Abbaustreckenbereich im LHD-Feld ausgerüstet. Um auch Kenntnis über die Verformungen im streckennahen Bereich zu erhalten, wurden ab 1978 Extensometerstationen in Strecken des geplanten Feldes 1 und auf der 1 000-m-, 1 100-m- und 1 200-m-Sohle eingerichtet (Tab. 3.1.9.7/1). In den seit 1982 aufgefahrenen Strecken werden als vorlaufende Beweissicherung Konvergenzmessungen an mehr als 50 Kurzankerstationen durchgeführt.

Der Umfang der Einwirkungen auf diese Strecken ist bestimmt durch

- die geologischen Verhältnisse,
- die Größe und Form des Streckenquerschnitts,
- die Art der bergtechnischen Auffahrung und
- die Entfernung benachbarter Grubenbaue.

Im Unterschied zu den älteren Messungen werden die neueren von folgenden meßtechnischen und bergtechnischen Randbedingungen bestimmt:

- Die Messungen wurden kurzfristig nach Hohlraumausbruch begonnen.



- Die Messungen erfolgten in Strecken, die in das unverritzte Gebirge vorgetrieben wurden.
- Die Konvergenzmeßlinien sind horizontal, vertikal und teilweise diagonal angeordnet.
- Es wurde in Strecken gemessen, die ausschließlich mit Teilschnittmaschinen aufgefahren wurden.

Die zusammenfassende Auswertung der Konvergenzmessungen hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

- Unmittelbar nach Hohlraumausbruch treten hohe Verformungen ein, die mit zunehmender Streckenstandzeit schnell abklingen (Abb. 3.1.9.7/6). Der zeitliche Verlauf der Konvergenz kann durch eine logarithmische Funktion beschrieben werden.
- Das Konvergenzverhalten von Strecken ist abhängig vom Durchbauungsgrad in benachbarten Gebirgsbereichen. Je höher der Durchbauungsgrad, desto größer sind die auftretenden Konvergenzen.
- Die Konvergenzen in den Strecken sind häufig in der Sohle stärker als in der Firste. Sie führten bis zum Abwerfen von Strecken in verschiedenen Teilen der Abbaufelder zu einer Reduzierung des ursprünglichen Streckenquerschnitts um 15 % bis 55 %.
- Im Bereich des LHD-Feldes wurden während des Abbaus maximale Konvergenzgeschwindigkeiten in horizontaler und vertikaler Richtung von ca. 11 mm/d gemessen. Die im südlichen Teil des LHD-Feldes in einem flachen Abstand von 40 m aufgefahrenen streichenden Strecken und Kammern ohne Versatz beeinflussten sich meßbar. Die Auswirkungen sind mit Ausbaumaßnahmen beherrschbar.



- In der Nähe von alten Abbaufeldern sind die Spannungsumlagerungen heute noch nicht beendet, so daß ca. 13 Jahre nach Abbaueinstellung Streckenkonvergenzen beobachtet werden.
- Die Konvergenz von Strecken wird stärker durch die Einwirkungen aus alten, benachbarten Abbaufeldern (z. B. Meßstation 302/1) beeinflußt als durch Querschnittserweiterungen in Nachbarstrecken (z. B. Feld 1) oder durch unterschiedliche Auffahrtechniken (Abb. 3.1.9.7/5). In Strecken, die aufgrund größerer Entfernung von alten Abbaukammern kaum beeinflußt sind (z. B. Feld 1), sind keine nennenswerten Änderungen der Konvergenzraten gemessen worden.

#### Schachtteufenmessung

Nachdem der Schacht Konrad 2 1966/67 in den Einflußbereich des sich mit Beginn des Erzabbaus einstellenden Senkungstrogas geriet, wurde 1970 eine Teufenmeßlinie, bestehend aus 19 im Schachtausbau senkrecht untereinander einbetonierten Stahlbolzen (Abb. 3.1.9.7/7), eingerichtet und vermessen. Wiederholungsmessungen fanden von 1983 bis 1987 statt. 1983 erfolgte erstmalig der Anschluß der Teufenmeßlinie an einen übertägigen Punkt des Feinnivellements. 1987 wurden die vorhandenen Schachtmeßbolzen durch neue ersetzt. Unmittelbar danach und 1988 wurden die Bolzen im Sinne einer Nullmessung vermessen. Die erste Wiederholungsmessung findet 1990 statt.

Der Schacht Konrad 2 befindet sich in der Nähe von Feinnivellementpunkten, die zum Festpunktnetz des Senkungstrog-Nivellements gehören. Im Mai 1970 betrug die Absenkung des Geländes im Bereich des Schachtes ca. 26 mm und im Mai 1985 lag der Schacht bereits innerhalb der 100-mm-Senkungs-Isolinie. Das Gelände hat sich von 1970 bis 1988 um ca. 80 mm abgesenkt.

Die Ergebnisse der Schachtteufenmessungen von 1970 bis 1987 gehen aus Abbildung 3.1.9.7/7 hervor. Im Vergleich zur Geländesenkung hat sich der Schachtkopf selbst (Aufhängevorrichtung für das Teufenmessband) nur um 39 mm gesenkt.

Bis zu ca. 500 m Teufe hat sich die Schachtröhre seit 1970 gleichmäßig um ca. 46 mm gesenkt. Bei ca. 540 m tritt ein Senkungsmaximum von 72 mm auf. An dieser Stelle weisen auch die Zerrungen und Pressungen der Schachtröhre ein Maximum aus. Dies kann mit einem tektonisch beanspruchten Bereich bei ca. 517 m Teufe in Zusammenhang gebracht werden. Auch in der Teufe 746 m bis 888 m ist ein Senkungsmaximum zu beobachten. In dieser Teufe wurde ebenfalls eine stärker tektonisch beeinflusste Zone angetroffen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die Teufenmessungen keinerlei Hinweise auf eine Gefährdung der Standsicherheit des Schachtausbaus gegeben haben. Insgesamt müssen die Verformungen als klein bezeichnet werden.

#### Verformungsmessungen in geneigten Meßbohrungen

Im Rahmen der vorlaufenden Beweissicherung werden großräumige Gebirgsverformungen mit folgenden Zielen gemessen

- Untersuchung möglicher Gebirgsverformungen über einem alten, abgeworfenen Abbaufeld als Folge heute noch wirksamer Spannungsumlagerungen. Diese Messungen ergänzen Konvergenzmessungen in Strecken und das über-tägige Nivellement.
- Untersuchung möglicher rezenter Bewegungen an strukturell bedeutsamen Störungen wie dem Bleckenstedter Sprung mit Erfassung möglicher Relativbewegungen der Gebirgsschollen.



Zur Erreichung der o. g. Ziele ist je eine Bohrung über dem Spülversatzfeld und durch den Bleckenstedter Sprung gestoßen worden. Die bisherigen Messungen über dem Spülversatzfeld und im Bereich des Bleckenstedter Sprungs haben keine Hinweise auf signifikante Verformungen ergeben.

### Spannungsmessungen

Im Zuge felsmechanischer in situ-Untersuchungen auf der Schachtanlage Konrad wurden Überbohrversuche zur Ermittlung des primären Gebirgsspannungszustandes sowie ein begleitender Bohrlochaufweitungsversuch durchgeführt. Als Versuchsort wurde die ehemalige Revierkammer der 1 200-m-Sohle gewählt. Es erfolgten Messungen in Streich- und in Einfallrichtung des Lagers.

Die in Streichrichtung des Lagers ermittelten Spannungen weisen mit zunehmender Meßteufe eine geringfügig abnehmende Tendenz auf. Im Mittel ergeben sich in der Meßebebene senkrecht zur Untersuchungsbohrung die größte Spannungskomponente zu  $\sigma_1 = 15$  MPa mit nahezu vertikaler Orientierung und die kleinste Spannungskomponente zu  $\sigma_2 = 10$  MPa. Die in Einfallrichtung des Lagers ermittelten Spannungen von  $\sigma_1 = 19$  MPa und  $\sigma_2 = 13$  MPa weisen in Abhängigkeit von der Meßteufe einen weitgehend konstanten Verlauf auf. Die Orientierung der größten Spannung weicht i. a. von der Falllinie der Meßebebene, d. h. von der Bankrechten ab.

### Versuchskammerauffahrungen Feld 5/1:

In den Jahren 1987 und 1989 wurden im Feld 5/1 der Schachtanlage Konrad parallel zur bestehenden Strecke 101 S die Strecken 241 S (Länge ca. 183 m) und 231 S (Länge ca. 122 m) mit jeweils 40 m<sup>2</sup> Querschnittsfläche, zuzüglich der Zufahrten und der Entladenischen, sowie eine darüberliegende Abwettersammelstrecke aufgefah-



ren. Die Strecken haben einen flachen Achsabstand von 35 m. Die Auffahrung des für die geplanten Einlagerungsfelder und -strecken repräsentativen Streckensystems wurde durch ein geotechnisches Meßprogramm zur Erfassung des Spannungs- und Verformungszustandes der Strecken, des Streckennahfeldes und der Festen zwischen den Strecken begleitet. Die Ergebnisse der Messungen haben in Verbindung mit gebirgsmechanischen Berechnungen die Standfestigkeit der zwischen den Strecken befindlichen Gebirgsfesten und die betriebssichere Offenhaltung der Strecken gezeigt.

#### Bergmännische Erfahrungen und Beobachtungen

Die aus Erfahrungen und Beobachtungen gewonnenen Beschreibungen von gebirgsmechanischen Prozessen sind eine wichtige Ergänzung zu den Messungen und Berechnungen.

Dieser Erfahrungsbereich läßt sich untergliedern in

- allgemeine bergmännische Erfahrungen,
- Beobachtungen bei Befahrungen alter Grubenbaue sowie
- empirische Untersuchungen von Streckenkonvergenzen.

#### Allgemeine bergmännische Erfahrungen

Beim Kammerbau mit schwebendem Verhieb und Spülversatz lag die Größe der nicht ausgebauten Abbauhohlräume zwischen 3 000 m<sup>3</sup> und 5 000 m<sup>3</sup>. Nach dem Auserzen wurde die Mehrzahl der Abbaukammern mit einem Sand-Kies-Gemisch verspült.

Die Abbaueinwirkungen setzten nach dem Verhieb von jeweils drei bis vier Kammern verstärkt ein. Daher kam es in den Abbaustrecken zu

- begrenzten Verbrüchen in der Firste,

- erheblichen Verringerungen des Streckenquerschnittes und
- Beeinträchtigungen des Streckenausbaus in Form von Ankerabrissen.

Die Abbaueinwirkungen machten sich bereits 40 m, maximal 100 m vor der Abbaufont, bemerkbar /1/. Besonders intensiv waren sie in den vom Abbau passierten Teilen der Abbaustrecken. Mit Hilfe eines fortlaufend verbesserten Ankerausbaus konnte den Abbaueinwirkungen wirkungsvoll begegnet werden.

In den Abbaukammern des Spülversatzfeldes kam es teilweise zu erheblichen Nachbrüchen aus der Firste, die bis zu mehreren Metern ins Hangende reichten. Ein völliges Zusammengehen einer Spülversatzkammer mit Zerstörung der Pfeiler zu Nachbarkammern wurde nicht festgestellt.

Weiterhin wurden Auswirkungen tektonischer Störungszonen beim Öffnen von Abbaukammern und sonstigen Grubenbauen beobachtet. Es wurde zum Beispiel festgestellt, daß unmittelbar südlich des Bleckenstedter Sprungs angelegte Abbaukammern und Abbaustrecken ein wesentlich geringeres Ausmaß an Verbrüchen und sonstigen Zerstörungen zeigten als weiter nach Süden entfernt gelegene Abbaue.

Die Erzgewinnung im LHD-Feld erfolgte durch streichend aufgefahrene Abbaustrecken und durch sukzessive Auf-fahrung weiterer Abbaustrecken in den dazwischenliegenden Pfeilern. Die Abbaustrecken blieben unversetzt und wurden nach Abbaueinstellung abgeworfen.

Im Verlauf der Erzgewinnung im LHD-Feld wurden folgende, gebirgsmechanisch relevante Phänomene festgestellt

- ausgeprägte Parallelstellung von Firste und Sohle der Abbaustrecken zur Bankung des Erzlagere (Bildung des sog. Konrad-Profiles) /1/,



- Auftreten von Streckenverbrüchen längs bestimmter Linien, die während der einzelnen Abbauphasen kartiert werden konnten und
- Verbrauch benachbarter Strecken beim Durchfahren von Pfeilern; insgesamt reichten die Auswirkungen bis zu Entfernungen von 200 m.

Da die Offenhaltung des LHD-Feldes aus wirtschaftlichen Gründen nicht erforderlich war, wurden sämtliche Strecken abgeworfen. Die Folge war das allmähliche Zubruchgehen der Abbaustrecken, so daß heute keine Befahrung des LHD-Feldes möglich ist. Nur an einigen Abbaustreckeneingängen konnte bis 1987 der Streckenzustand in Augenschein genommen werden. Danach sind die Streckeneingänge zugemauert worden.

#### Beobachtungen bei Befahrungen alter Abbaue

Zweck der Befahrungen in den Jahren 1983 bis 1988 war die Inaugenscheinnahme des Zustandes alter, nicht versetzter Strecken nach zum Teil zehn- bis zwanzigjähriger Standzeit sowie die photographische Dokumentation von Schadstellen nach ingenieurgeologischen Gesichtspunkten.

Im Bereich des LHD-Feldes mußte sich die Befahrung aus Sicherheitsgründen auf wenige Meter der Örter 421, 431 und 451 beschränken. Diese wurden von 1967 bis 1971 aufgefahren und 1977 abgeworfen. Der Ausbau bestand aus 1,80 m langen Spreizhülsenankern mit einer Dichte von 1 bis 1,3 Ankern pro m<sup>2</sup> sowie teilweise Baustahlmattenverzug. In sämtlichen Strecken sind Brüche gefallen.

Dagegen waren die bereits 1963/64 aufgefahrenen Abbaustrecken 1, 2 und 3 des alten Spülversatzfeldes noch zugänglich. Als Ausbau waren Anker mit gleicher Dichte wie im LHD-Feld verwendet worden. Die Ankerköpfe wurden



zur Erhöhung der Ausbaunachgiebigkeit zusätzlich mit Holz unterlegt. Konvergenzerscheinungen sind in allen Strecken deutlich sichtbar. Die besonders in der Abbaustrecke 1 beobachteten großen Sohlenhebungen stehen im Zusammenhang mit der Tatsache, daß die Strecke unmittelbar über einer Tonsteinbank im Liegenden des Unteren Lagers aufgefahren wurde. Die 1967 in der Abbaustrecke 2 errichteten Dämme zeigen erhebliche Konvergenzeinwirkungen und sind teilweise stark beschädigt, teils völlig zerstört.

Besonders starken Konvergenzen war die ehemalige Wasserstrecke am Übergang zum Ort 562 unterworfen. Die ursprüngliche Höhe von 3,5 m hat sich auf etwa 1 m verringert. Auch hier bestand der Ausbau aus Spreizhülsenankern mit zusätzlichem Baustahlmattenverzug.

Beträchtliche Sohlen- und Firstverformungen zeichneten sich auch auf der 1 200-m-Sohle im Ort 512 (Bereich Ladestelle) ab. Das Ort wurde 1964 aufgefahren und mit gleichem Ausbau wie beschrieben gesichert.

Insgesamt haben die bisher durchgeführten Befahrungen ergeben, daß der Streckenzustand je nach Durchbauungsgrad, Abbauverfahren sowie geologischen Verhältnissen sehr unterschiedlich sein kann. So kann festgestellt werden, daß ca. 20 Jahre alte Abbaustrecken des Kammerbaus mit schwebendem Verhieb mit einem Durchbauungsgrad von ca. 66 % und versetzten Abbauen weitgehend unverbrochen und heute noch befahrbar sind. Im Gegensatz dazu sind die unversetzten Abbaustrecken im LHD-Feld mit einem Durchbauungsgrad von ca. 30 % überwiegend verbrochen und daher auch nicht mehr befahrbar. Allerdings sah der Betrieb aus wirtschaftlichen Gründen auch keine Notwendigkeit zur Offenhaltung der Strecken. Darüber hinaus ist festzustellen, daß der Gebirgsbereich des LHD-Feldes tektonisch stärker beansprucht wurde als der des Spülversatzfeldes (Kap. 3.1.9.2). Eine besondere Erscheinung sind die Sohlenhebungen. Sie treten dort auf,

wo der Abstand zwischen Streckensohle und einer Tonsteinbank im Liegenden gering ist und können sich, da der Sohlenbereich nicht geankert ist, stärker auswirken.

Aus den beobachteten lokalen Verbrüchen und Ausbauserstörungen von Abbaustrecken sind keine Anzeichen für eine Gefährdung des Grubengebäudes hinsichtlich seiner Standsicherheit zu erkennen.

#### Empirische Untersuchungen von Streckenkonvergenzen

Während der 15-jährigen Erzgewinnung wurden in verschiedenen Teilen des Grubengebäudes Konvergenz- und Verformungsmessungen durchgeführt. Die Auswertung dieser Messungen ergab, daß die Streckenkonvergenz insbesondere vom Durchbauungsgrad abhängt. Daneben hat aber auch die Größe des Streckenquerschnitts einen Einfluß. Der Zusammenhang dieser Größen wird durch eine logarithmische Funktion empirisch beschrieben /1,2/. Der zeitliche Verlauf der Konvergenz kann, wie die Auswertungen gezeigt haben, auch durch einen empirischen Ansatz logarithmischer Form approximiert werden /1/.

Aus Abbildung 3.1.9.7/5 geht der Einfluß der Auffahrtetechnik und der Querschnittsfläche auf die Streckenkonvergenz hervor. Danach stellen sich beim Streckenvortrieb mit Sprengarbeit die größeren Konvergenzbeträge ein. Ein starker Einfluß der Streckenquerschnittsfläche auf die Gesamtkonvergenz besteht offensichtlich nicht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß mit der Entwicklung der markscheiderischen Abschätzungsformeln zur Vorausberechnung von Streckenkonvergenzen ein bewährtes wirkungsvolles Instrument für die Grubenplanung zur Verfügung steht.



### Gebirgsmechanische Beurteilung der Grube Konrad vor der Einrichtung als Endlager

Auf der Grundlage der in 20 Jahren Bergbautätigkeit auf der Schachtanlage Konrad gesammelten bergmännischen Erfahrungen sowie durchgeführter Messungen und Untersuchungen können gebirgsmechanische Vorgänge und der Zustand der Grube zum heutigen Zeitpunkt wie folgt beurteilt werden:

Im Einwirkungsbereich des untertägigen Bergbaus auf der Schachtanlage Konrad sind bisher an übertägigen Gebäuden und Anlagen keine Schäden aufgetreten. Der von beiden Schächten dem Abbauzentrum am nächsten liegende Schacht Konrad 2 besitzt ebenso wie Schacht Konrad 1 ausreichende Stabilität. Aus den infolge der bisherigen Hohlraum-auffahrung noch nachwirkenden Senkungen der Geländeoberfläche sind keine Schäden über Tage zu erwarten.

Nach Hohlraumerstellung ist das Verhalten der Strecken und Kammern durch große Konvergenzen und Konvergenzraten gekennzeichnet. In geologisch gleichartigem Gebirge werden durch höhere Durchbauungsgrade höhere Hohlraumkonvergenzen bewirkt. Der Einfluß des Durchbauungsgrades auf die Konvergenzen kann von sekundärer Bedeutung gegenüber den mechanischen Gebirgseigenschaften werden, wenn die Hohlräume in geomechanisch unterschiedlichen Gebirgsbereichen aufgefahren werden. Darüber hinaus ist festzuhalten, daß bei gleichen geologischen Verhältnissen mit Sprengtechnik vorgetriebene Strecken größere Konvergenzen zeigen als mit Teilschnittmaschinen aufgefahrene Strecken.

Die Konvergenzen nehmen als Funktion der Zeit logarithmisch ab. Insgesamt bewirken sie in den ersten Monaten nach der Hohlraumerstellung eine erhebliche Reduzierung des Streckenquerschnitts, der durch geeignete bergmännische Maßnahmen begegnet werden kann. Die Wirksamkeit



der für die Grube Konrad zugelassenen Ausbauregeln hat sich bisher bestätigt.

Während des Produktionsbetriebs sowie der nachfolgenden Untersuchungs- und Erkundungsphase sind in der Grube Konrad keine gebirgsmechanisch kritischen Situationen eingetreten. Die in dem LHD-Feld aufgetretenen teilweise beträchtlichen Verbrüche in den Abbaustrecken blieben lokal begrenzt und hatten keine nachteiligen Auswirkungen auf den weiteren Erzabbau. An keiner Stelle im Grubengebäude wurde ein schlagartiges Zusammengehen von Strecken festgestellt. Die abbaubedingten Einwirkungen auf Kammern und Strecken waren bergmännisch beherrschbar. Die Standfestigkeit der Grube Konrad ist in ihrem jetzigen Zustand nicht in Frage gestellt.

Literaturverzeichnis

- /1/ Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, Abschlußbericht GSF-T 136, Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (Institut für Tieflagerung)
- /2/ RABSILBER, K. & BREWITZ, W. & GOMMLICH, G. (1982): Geowissenschaftliche Standortuntersuchungen zur Dimensionierung und Auslegung von untertägigen Hohlräumen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Eisenerzgrube Konrad. - Z. dt. geol. Ges., 133 (1): 155 - 168, 6 Abb.; Hannover.

| Bezeichnung | Lage                     | Meßzeitraum               | Verteilung                                  | Ankerlänge [m]                                   |
|-------------|--------------------------|---------------------------|---|--|
| 302/1       | R 96.119,1<br>H 83.208,2 | Sept. 1980 -              | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0<br>Bohrloch 4<br>ohne 5 m-Anker    |
| 402/1       | R 96.000,4<br>H 83.689,6 | Febr. 1984 -              | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 402/2       | R 95.889,1<br>H 83.249,0 | April 1984 -              | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 502/1       | R 95.650,2<br>H 83.235,0 | April 1964 -              | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 522/1       | R 95.685,7<br>H 83.547,5 | Nov. 1981 -               | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 532/1       | R 95.725,8<br>H 83.532,0 | Aug. 1980 -               | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 542/1       | R 95.763,4<br>H 83.486,8 | Okt. 1980 -               | Firste 3<br>Sohle 2<br>Stöße - je 1         | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 542/2       | R 95.763,2<br>H 83.306,1 | Febr. 1981 -              | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 542/3       | R 95.762,1<br>H 83.572,0 | Mai 1981 -                | Stöße - je 1                                | 5,0/10,0/20,0<br>25,0/28,3<br>Bohrloch 1<br>28,8 |
| 552/1       | R 95.800,0<br>H 83.333,0 | Sept. 1980 -              | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 552/2       | R 95.795,4<br>H 83.504,4 | Sept. 1980 -<br>März 1982 | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 552/3       | R 95.797,0<br>H 83.492,0 | Febr. 1982 -              | Stöße/Firste/<br>Sohle - je 1               | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 552/4       | R 95.796,0<br>H 83.530,6 | Sept. 1982 -              | Firste 3<br>Sohle 2<br>Stöße - je 1         | 5,0/10,0/20,0<br>Bohrloch 7<br>22,3 m            |
| 672/1       | R 95.598,7<br>H 83.206,7 | Sept. 1978 -              | Firste 3<br>Sohle 2<br>W-Stoß 1<br>E-Stoß 3 | 5,0/10,0/20,0                                    |
| 672/2       | R 95.592,8<br>H 83.261,0 | April 1979 -              | Firste 3<br>Sohle 2<br>W-Stoß 1<br>E-Stoß 3 | 5,0/10,0/20,0<br>Bohrloch 9<br>ohne 20 m-Anker   |

Tabelle 3.1.9.7/1: Extensometerstationen





Hohlraumerstellung  
pro Monat  
in  
1000 m<sup>3</sup>

Senkung  
in mm

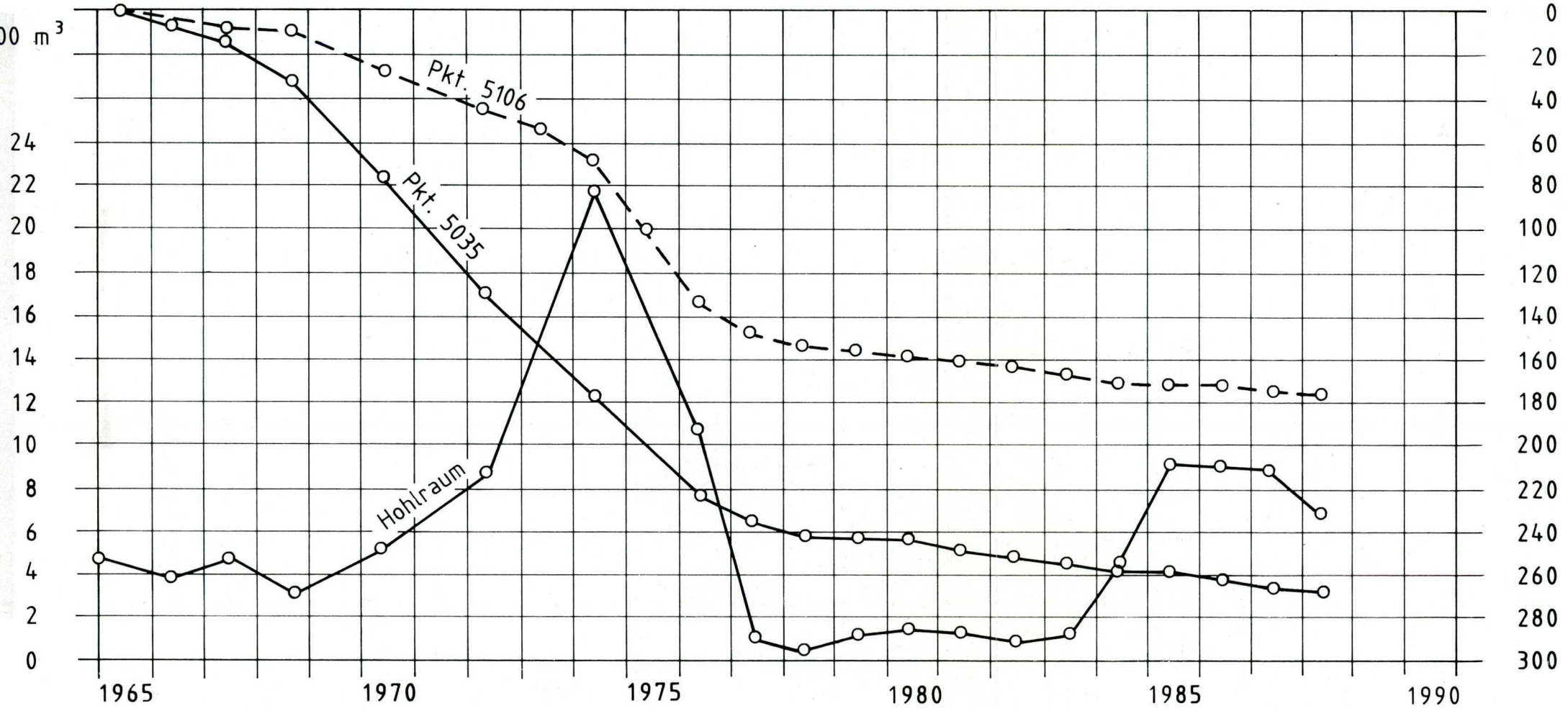


Abbildung 3.1.9.7/1: Zeitlicher Verlauf der Hohlraumerstellung pro Monat und der Senkungen an den Nivellementpunkten 5035 und 5106

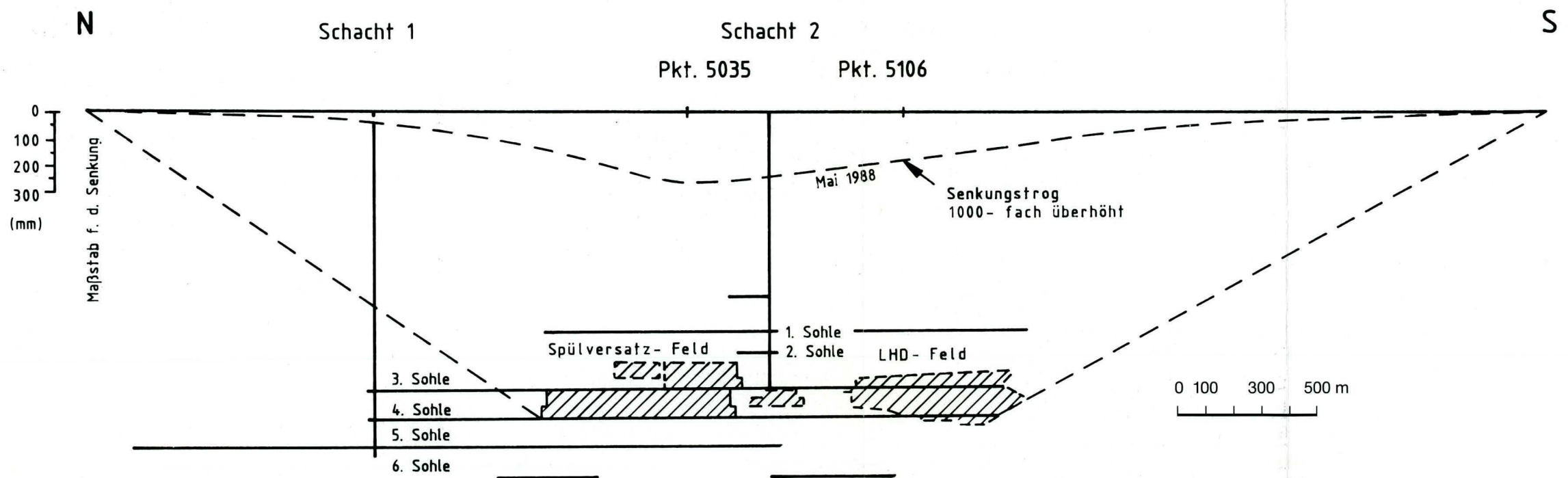


Abbildung 3.1.9.7/2: Seigerriß der Schachtanlage Konrad in Nord-Süd-Richtung



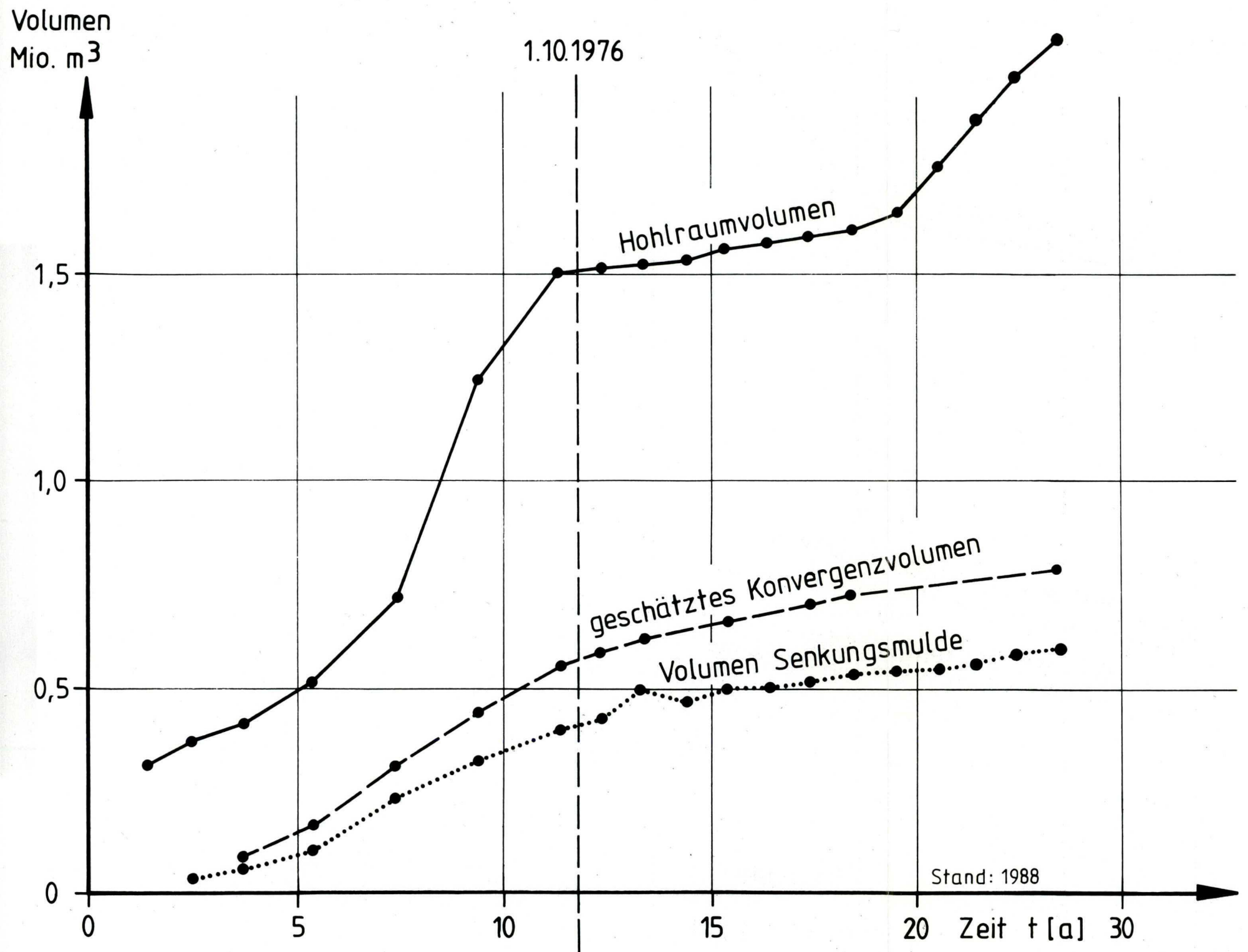


Abbildung 3.1.9.7/3: Hohlraumvolumen, Konvergenzvolumen und Volumen der Senkungsmulde

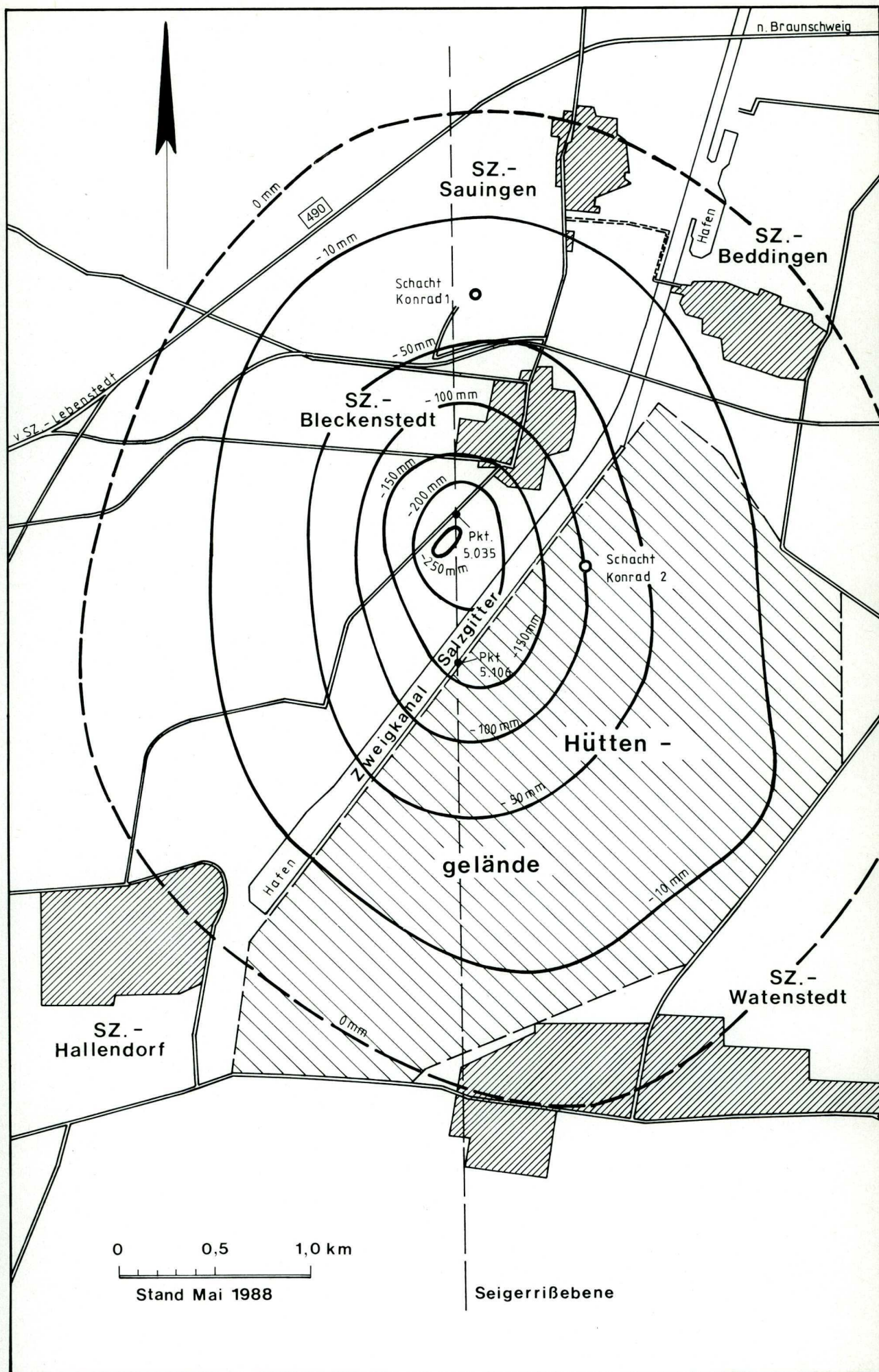
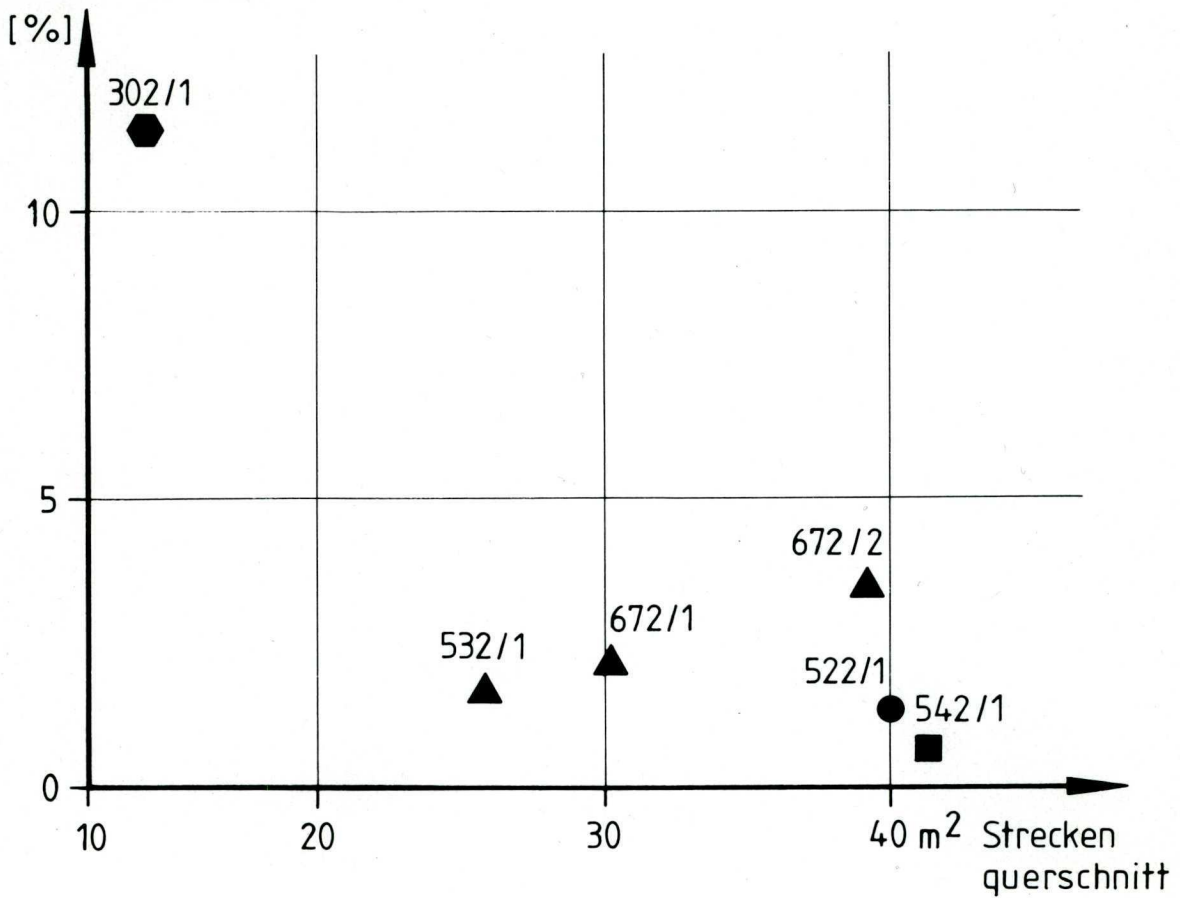


Abbildung 3.1.9.7/4: Linien gleicher Senkung, Stand 1988



Streckenkonvergenz  
( flächenbezogen)



▲ Sprengtechnik

◈ Restkonvergenz zwischen  
alten Abbaufeldern

● Schneidtechnik

■ Streckenerweiterung

Abbildung 3.1.9.7/5: Rechnerisch für einen Zeitraum von 100 Jahren abgeschätzte Streckenkonvergenzen in Abhängigkeit von Streckenquerschnitt und Vortriebsart



# Konvergenz in Erkundungsstrecken

|                            | 101 N / 1 | 610 A / 2 |
|----------------------------|-----------|-----------|
| Einrichtung der Meßstation | 18.4.1985 | 14.5.1985 |
| Abstand zur Ortsbrust      | 2,3 m     | 2,0 m     |
| Ausbruch / 0 - Messung     | 9,7 Std   | 6,3 Std   |

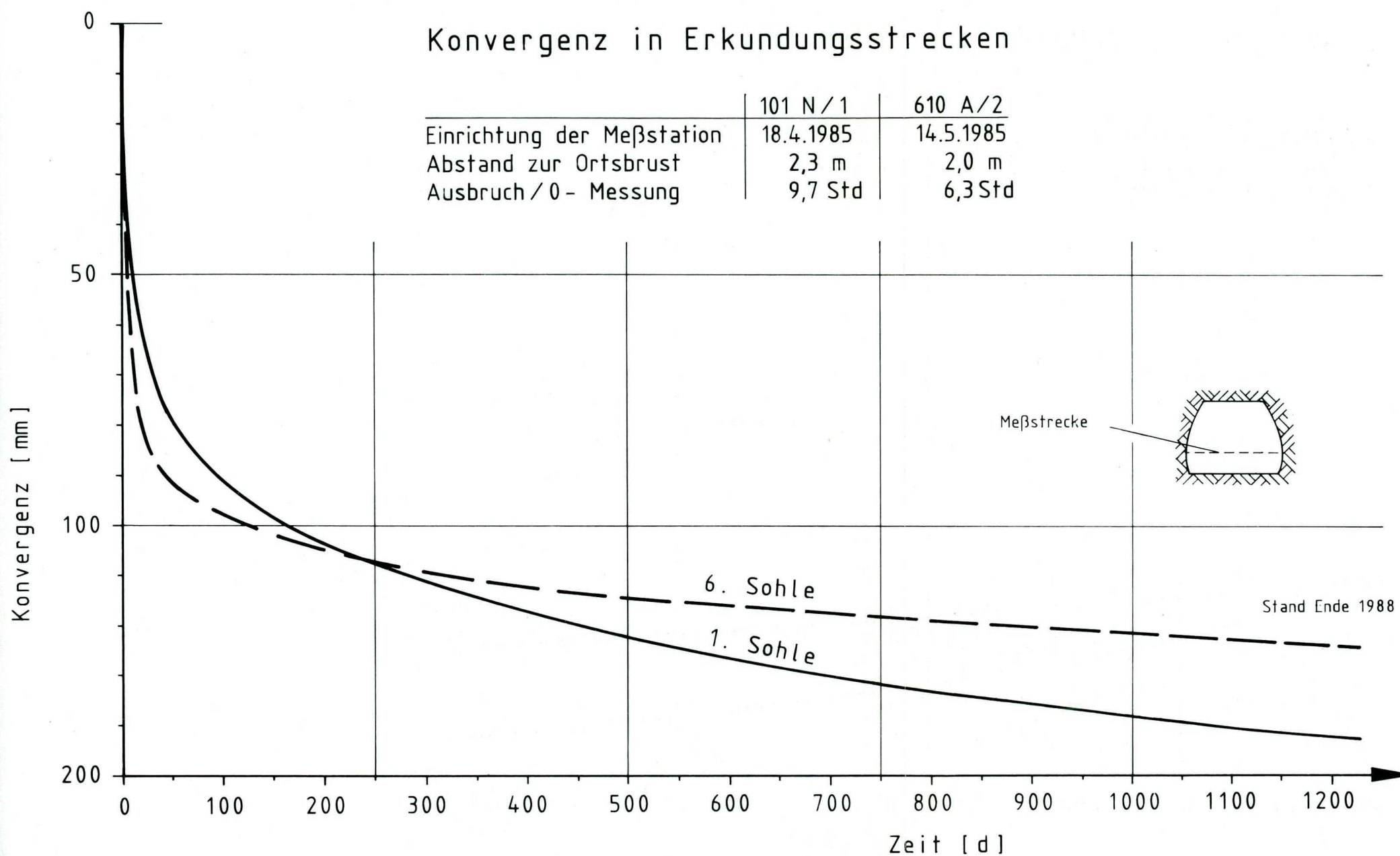


Abbildung 3.1.9.7/6: Zeitlicher Verlauf der Streckenkonvergenz in Erkundungsstrecken

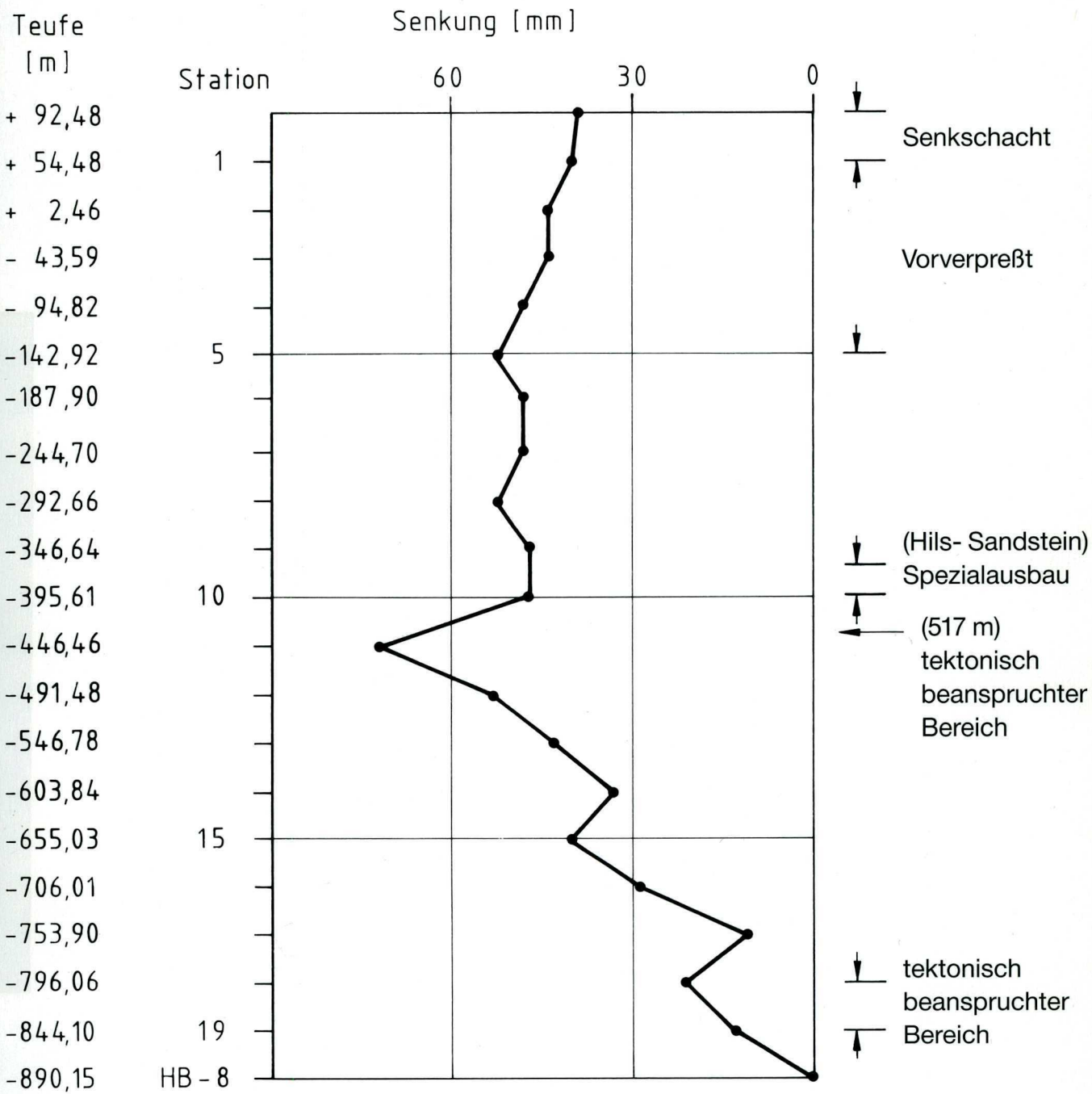


Abbildung 3.1.9.7/7: Senkung der Schachtröhre des Schachtes Konrad 2 von 1970 – 1987

## UNTERKAPITEL

- 3.1.10            Geowissenschaftliche Bewertung
- 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
- 3.1.10.6        Geologische Langzeitprognose





### 3.1.10 Geowissenschaftliche Bewertung

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Bergwerken soll den Schutz von Mensch und Umwelt vor der Schädigung durch ionisierende Strahlung dieser Abfälle gewährleisten. Die erforderliche Sicherheit eines Endlagers in einer geologischen Formation muß durch eine standortspezifische Sicherheitsanalyse nachgewiesen werden, die das Gesamtsystem - geologische Verhältnisse sowie Endlager und Abfälle - berücksichtigt.

Ausgehend von der geologischen Situation des Standortes Konrad (Kap. 3.1.9) wird im folgenden eine geologische, hydrogeologische und gebirgsmechanische Bewertung vorgenommen, die sich an den in /1/ angegebenen Kriterien orientiert.





### 3.1.10.1 Geologische Bewertung

#### Kenntnisse

Durch die geowissenschaftlichen Untersuchungen der GSF /2/ und anschließend durchgeführte Erkundungsarbeiten, deren wichtigste nachfolgend aufgeführt werden, wurden die notwendigen Kenntnisse für die sicherheitstechnische Bewertung gewonnen:

- Das Auffahren von Strecken bis etwa zum äußeren Rand der voraussichtlichen Einlagerungsfelder,
- das Abteufen der Bohrung Konrad 101 zur Untersuchung von Deckgebirge und Liegendem der Endlagerformation und
- reflexionsseismische Untersuchungen zur Erlangung weiterer Kenntnisse über die Geologie im Bereich der Schachtanlage und ihrer Umgebung.

#### Geologische Barriere

Die lückenlose Verbreitung der Barriereschichten im Hangenden und Liegenden der Endlagerformation konnte durch die seismischen Messungen in Kombination mit revidierten Bohrlochprofilen alter Explorationsbohrungen über die Grenzen des Bearbeitungsgebietes hinaus nachgewiesen werden (Abb. 3.1.10.1/1). Für die Beurteilung der Wirksamkeit der Barriere war die Neueinstufung der Unterkreideschichten und damit der Nachweis des Fehlens von Valangin- und Wealdensandsteinen im Bereich der Schachtanlage Konrad von großer Bedeutung. Die Verbreitungsgebiete des Rhät-, Hettangium-, Dogger- $\beta$ -, Bathonium- und Hilssandstein konnten erfaßt werden.

Die geologische Barriere Deckgebirge nimmt in ihrer Mächtigkeit - entsprechend dem Einfallen der Endlagerformation - von Ost nach West zu. Zusätzlich ist sie im Konradgraben generell etwa 100 m mächtiger als südlich

des Bleckenstedter Sprungs. Während die gesamte Barriere Deckgebirge über dem Ostrand der Grube etwa 750 m beträgt, erreicht sie im Westen etwa 1 300 m. Die Mächtigkeitszunahme der Überdeckung nach Westen geschieht vor allem durch Einschaltung von Schichten des höheren Malm (Kimmeridge und Portland). Daneben ist eine Mächtigkeitszunahme der Unterkreideschichten von Osten nach Westen zu beobachten. Die Überdeckung durch die tiefere Unterkreide (Abb. 3.1.9.1/5) ist über der Schachtanlage an keiner Stelle geringer als etwa 170 m, nach Westen nimmt sie auf etwa 270 m zu, nördlich des Bleckenstedter Sprungs auf fast 400 m. Die weitere Überdeckung des Grubengebäudes durch das Alb beträgt im Osten mindestens etwa 210 m (Abb. 3.1.9.1/6). Sie nimmt nach Westen auf maximal 300 m zu. Der Hilssandstein kommt nur über den südlichen Teilen der Grube vor und zwar in Mächtigkeiten von weniger als 10 m. Die weitere Überdeckung besteht hauptsächlich aus Sedimenten der tieferen Oberkreide (Cenoman und Turon). Höhere Oberkreideschichten (Coniac und Santon) befinden sich im Nordosten und Südwesten der Schachtanlage, getrennt durch eine von Nordwesten nach Südosten streichende Hochlage von Turon-Plänen. Entlang eines von Nordwesten nach Südosten über das Grubengebäude verlaufenden Schnittes beträgt die Oberkreidemächtigkeit westlich von Schacht Konrad 1 nur ca. 180 m. Sie erreicht am Südrand von Salzgitter-Bleckenstedt etwa 260 m und nimmt nach Südosten wieder auf Werte um 200 m ab. Nach Südwesten nimmt die Oberkreide auf etwa 320 m zu.

Kies, Sand und Löß sind als Sedimente des Quartär weitflächig, aber unterschiedlich mächtig, verbreitet. Über dem Grubengebäude variieren die Mächtigkeiten zwischen 1 m und 30 m. Die größte Mächtigkeit erreicht das Quartär südöstlich der Schachtanlage in der sich von Leinde nach Salzgitter-Thiede erstreckenden Quartärrinne und in Subrosionssenken über den Salzstöcken Thiede und Broistedt (Anl. 3.1.9.1/1). Das Quartär liegt, abgesehen von der zuvor erwähnten Rinne und den Subrosionssenken, über



Oberkreideschichten. Eine ober- flächennahe Lage von Hilssandstein (Unteralb) ist im Bereich der Schachtanlage Konrad vom Heidberg bei Adersheim bekannt /3/.

Die gute Qualität der Barriere Unterkreide konnte durch vielfältige Laboruntersuchungen zur Petrographie, Geochemie, Porosität, Permeabilität, zum Sorptionsverhalten und zu den Gesteinsfestigkeiten an den Kernen der Bohrung Konrad 101 nachgewiesen werden. So ergaben die Korngrößenanalysen (entkarbonatisiertes Probenmaterial) aller Proben der Unterkreide (ohne Hilssandstein) einen Anteil der Fraktion  $< 0,002 \text{ mm}$  von mehr als 30 %, bei etwa der Hälfte der Proben von mehr als 50 %. Die Gesamt-Kationenaustauschkapazität (KAK) lag im Alb (ohne Hilssandstein) generell über  $20 \frac{\text{mmol}}{z^*}/100 \text{ g Probe}$ , im Unter- und Mittelalb über  $25 \frac{\text{mmol}}{z^*}/100 \text{ g Probe}$ . Diese Angaben entsprechen in etwa dem Smektitanteil der Proben (KAK von reinem Smektit/Bentonit liegt bei  $100 \frac{\text{mmol}}{z^*}/100 \text{ g Probe}$ ). Die röntgendiffraktometrisch bestimmten Smektitanteile im Alb liegen mit wenigen Ausnahmen über 20 %. Die im Labor gemessene Permeabilität ist für alle Proben aus dem Alb (ohne Hilssandstein) kleiner als  $2 \cdot 10^{-3} \text{ mD}$ , entsprechend  $k_f = 10^{-11} \text{ m/s}$ .

---

\* z = Wertigkeit



Bodenschätze

In den Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk /1/ wird ausgeführt, daß bei der Auswahl des Standortes die Erhaltung wirtschaftlich bedeutender Rohstofflagerstätten einschließlich Grundwasservorkommen, zu berücksichtigen ist.

Die Eisenerzlagerstätte im Mittleren Korallenoolith muß nach heutigen Bewertungsmaßstäben in die Gruppe der Armerzlagerstätten gestellt werden. Wegen der geringen Fe-Gehalte, der schlechten Aufbereitbarkeit und der großen Teufe liegt sie an der Grenze zur Klassifizierung als Rohstofflagerstätte. Das seinerzeit hohe Preisniveau der Importerze, das niedrige Lohnkostenniveau und die Nachbarschaft des Werks Salzgitter der Stahlwerke Peine Salzgitter AG ließen Ende der 50er Jahre den Abbau der Korallenoolitherze auf der Schachtanlage Konrad wirtschaftlich erscheinen. Damals wurden die möglichen Eisenerzvorräte im Raum Salzgitter - Gifhorn - Vorhop auf 1,4 Mrd. t geschätzt /4, 5/, jedoch muß die Gesamtlagerstätte differenziert bewertet werden.

Für den Südabschnitt der Lagerstätte wurden Gesamterzvorräte von ca. 330 Mio. t angenommen. Davon galten die 47 Mio. t Vorräte der Schachtanlage Konrad als gesichert /4/. Hiervon wurden bis 1985 rund 7 Mio. t Eisenerz gefördert.

Eine Prognose über die zukünftige Nutzbarkeit der Eisenerzlagerstätte muß sich an der bergwirtschaftlichen, aufbereitungs- und hüttentechnischen Entwicklung orientieren. Mit der Umstellung des Bergbaus auf Lagerstätten, die in Großtagebauen abgebaut werden können und der Umstellung der Hütten auf Reicherze und Erzkonzentrate mit über 60 % Fe wurde der Abbau der Konraderze unrentabel.

Die wirtschaftlich gewinnbaren sicheren und wahrscheinlichen Eisenerzvorräte in der Welt werden mit 65,5 Mrd t Fe in 153,3 Mrd t Erz beziffert /6, 7/, davon befinden sich rd. 3/5 (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 /8/. Bei diesem Förderniveau (bezogen auf den Fe-Inhalt) reichen die Vorräte der o. g. Kategorie rund 130 Jahre. Schließt man die gegenwärtig marginalen und subökonomischen Reserven mit ein, dann hat die sog. "reserve base" ein Volumen von 92,5 Mrd t Fe in 216,4 Mrd t Erz, und reicht für weitere rund 185 Jahre. Aufgrund des übergroßen Angebots an Eisenerzen auf dem Weltmarkt wird sich das Preisniveau in absehbarer Zeit nicht zu Gunsten der Konraderze verschieben.

Im Bereich der Einlagerungsfelder sind Erdöl- und Erdgaslagerstätten weder in der Endlagerformation noch in ihrer Überdeckung oder im Liegenden bekannt. Auch in der nächsten Umgebung der Schachtanlage konnten Erdöl- oder Erdgaslagerstätten nicht nachgewiesen werden. Das nächstgelegene Erdölfeld (Broistedt) ist etwa 5 km von der Schachtanlage entfernt. Da es bereits jenseits des Salzstocks Broistedt liegt, ist eine wechselseitige Beeinflussung durch die Errichtung des Endlagers nicht möglich.

Die Möglichkeit des Vorkommens von noch nicht entdecktem Erdöl oder Erdgas kann auf der Basis der erarbeiteten Kenntnisse diskutiert werden: Potentielle Speichergesteine kommen im Unterbathonium und Oberaalenium vor sowie möglicherweise im Präzechstein und Zechstein.

Für den Sandstein des Unterbathonium wurde eine abgeschlossene Hochlage südöstlich der Schachtanlage Konrad ermittelt (Abb. 3.1.9.2/1). Eine Untersuchung durch



Bohrungen ist nicht erfolgt. Die in der Bohrung Konrad 101 nachgewiesene geringe Permeabilität des Sandsteins sagt über die Speichereigenschaften in der strukturellen Hochlage nichts Sicheres aus, da bei einer frühen Einwanderung von Kohlenwasserstoffen günstigere Speichereigenschaften erhalten bleiben können. Als potentielltes Muttergestein für Kohlenwasserstoffe im Liegenden ist der Posidonienschiefer des Lias nachweislich vorhanden, eine Abdeckung des potentiellen Trägers durch Ton- und Tonmergelsteine der Unterkreide ebenfalls. Sollte hier eine Erdöllagerstätte vorliegen, so wäre die Ölförderung wegen ausreichender räumlicher Trennung vom Endlager nicht infrage gestellt (Abb. 3.1.9.2/1).

Eine Hochlage des Aaleniumsandsteins am Drütter Sporn wird nur durch geringmächtige Unterkreide abgedeckt. Die Bohrung Fümmelse 1005 wies die Verwässerung des potentiellen Trägers nach.

Sollte im basalen Zechstein oder im Präzechstein Erdgas vorkommen, so am ehesten in einer südlich des Salzstocks Broistedt angedeuteten Hochlage, ohne eine räumliche Beziehung zum geplanten Endlager.

Die Ergebnisse der geologischen Untersuchung belegen auf der Basis ausreichender Kenntnisse die gute Qualität und lückenlose Verbreitung der Barrierschichten am Standort Konrad. Derzeit wirtschaftlich bedeutende Rohstofflagerstätten werden durch die Einrichtung des Endlagers nicht beeinträchtigt.



Literaturverzeichnis

- /1/ Der Bundesminister des Innern (1983): Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk. - BAnz. 35 (2), S. 45 - 46; Bonn.
  
- /2/ Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (1982): Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. - GSF-T 136; Braunschweig.
  
- /3/ KÜHNE, F. (1932): Erläuterungen zu Blatt 2093 Barum (jetzt Blatt 3828 Lebenstedt-Ost). - Geol. Kt. Preußen 1: 25000 : 53 S.; Berlin.
  
- /4/ KOLBE, H. & SIMON, P. (1969): Die Eisenerze im Mittleren und Oberen Korallenoolith des Gifhorner Troges. - Beih. Geol. Jb., 79: 256 - 338, 67 Abb., 18 Tab.; Hannover.
  
- /5/ 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.; Hannover, Celle.
  
- /6/ KLINGER, F.L. (1985): IRON ORE. - in: Mineral Facts and Problems: 385-403, 8 Tab., 5 Abb., Bureau of Mines Bulletin 675; Washington DC (United States Department of the Interior).
  
- /7/ KUCK, P. (1986): IRON ORE - in: Minerals Yearbook 1986. Vol. I. Metals and Minerals: 495-528, 14 Tab.; Washington DC (Bureau of Mines, United States Department of the Interior).
  
- /8/ KUCK, P. (1988): IRON ORE - in: Mineral Commodity Summaries 1988: 78-79; Washington DC (Bureau of Mines, United States Dep. of the Interior).





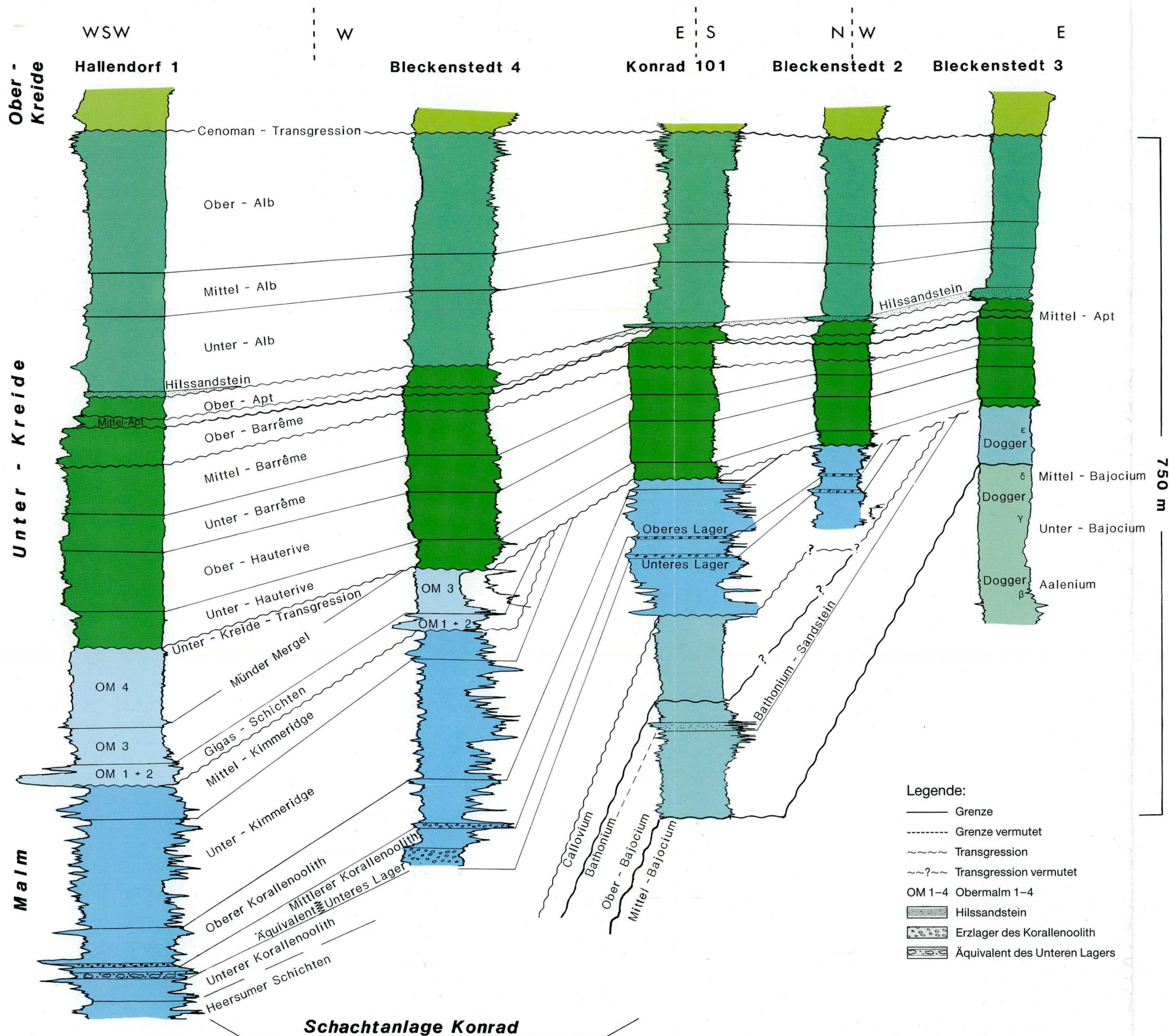


Abb. 3.1.10.1/1: Korrelation von Bohrprofilen im Bereich des südlichen Abbaufeldes der Schachtanlage Konrad  
Darstellung der SP- und Widerstandsmessungen  
(SP-Kurve links, Widerstandskurve rechts)



### 3.1.10.2 Hydrogeologische Bewertung

Das Endlager Konrad wird in einem Wirtsgestein errichtet, in dem Wasserwegsamkeiten wegen seiner Klüftigkeit und seines, wenn auch geringen, Porenraums nicht ausgeschlossen werden können.

Natürliche Wasserwegsamkeiten zwischen dem Endlager und der Biosphäre stellen potentielle Freisetzungspfade für Radionuklide dar. Innerhalb des Untersuchungsraumes (Abb. 3.1.10.4/1) wurden alle oberflächennahen und alle an einer Tiefenwasserbewegung möglicherweise beteiligten Gesteinsschichten daraufhin untersucht, ob der Endlagerbetrieb durch Wassereinbruch gefährdet werden kann und wie lange die Schutzfunktion der geologischen Barrieren im Hinblick auf die Ausbreitung von Schadstoffen in die Biosphäre nach der Stilllegung des Bergwerkes gewährleistet ist.

Die räumliche Begrenzung des geohydraulischen Fließsystems ist durch die regionale hydrogeologische Betrachtung und die ausführliche geologische Bearbeitung gut bekannt. Dadurch konnte die detaillierte Untersuchung auf ein begrenztes Gebiet beschränkt werden. Gebiete außerhalb dieses etwa Nord-Süd gerichteten Streifens von ca. 14 km Breite sind geohydraulisch weitgehend unabhängig.

Die Wasserleiter des oberflächennahen Grundwasserstockwerks sind in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit bekannt, ebenso die Fließrichtungen des Grundwassers zu den Vorflutern und die künstlichen Veränderungen des Grundwasserumsatzes. Die Fließgeschwindigkeiten sind hier verhältnismäßig groß und die Transportwege kurz. Der Wasserhaushalt und die Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers sind durch das Werk Salzgitter der Stahlwerke Peine Salzgitter AG und die Wasserwerke Bleckenstedt stark beeinflusst.

In der Nähe der Schachtanlage Konrad gibt es keine natürlichen direkten hydraulischen Verbindungen zwischen dem obersten Grundwasserstockwerk und dem Grubengebäude des Endlagers.

Die wasserdurchlässigen Schichten des tieferen Untergrundes sind in ihren geologischen Eigenschaften und ihrer Verbreitung hinreichend genau bekannt.

Tektonische Störungen und Störungszonen spielen im Untersuchungsgebiet als hydraulische Verbindung von getrennten wasserdurchlässigen Horizonten im allgemeinen Fließgeschehen nur eine geringe Rolle, da sie die Gebirgsdurchlässigkeit von gering durchlässigen Gesteinen im Vergleich zu Klüften oder Kluftzonen in spröden durchlässigen Gesteinen nur unwesentlich beeinflussen. Wegen ihrer geringen räumlichen Ausdehnung im Vergleich zu durchlässigen und gering durchlässigen Schichten ist auch das Durchströmungsvolumen entlang der Störungen nur klein. Deswegen beschränkten sich die Ausbreitungsrechnungen zunächst auf die Betrachtung der Lagerungsverhältnisse der Schichten. In einem zweiten Schritt wurden entlang wichtiger tektonisch gestörter Zonen veränderte Durchlässigkeiten berücksichtigt. Es stellte sich heraus, daß sie tatsächlich keine wesentliche Rolle im allgemeinen Fließgeschehen spielen.

Die hydraulischen Gesteinsparameter, besonders der Durchlässigkeitsbeiwert, sind aus Messungen und Analogieschlüssen abgeleitet worden. Dabei ist es eine allgemeine Erfahrung, daß gleiche Gesteine in größerer Tiefe weniger durchlässig sind als nahe an der Erdoberfläche, da die Klüftigkeit geringer bzw. die Kluftweiten kleiner sind und die Porosität geringer ist. Aus verschiedenen Werten von Labor- oder in situ-Messungen wurden Werte für hydrogeologische Einheiten abgeleitet.



Da die Gesamtbandbreite der Durchlässigkeiten mit fast 10 Zehnerpotenzen sehr groß ist, bleiben die jeweiligen Schichteinheiten auch mit ihren Bandbreiten noch gut unterscheidbar.

Die Wasserbeschaffenheit in den tiefen Stockwerken ist allgemein durch hohe Salzkonzentrationen gekennzeichnet, ohne jedoch die Sättigungsgrenze für NaCl zu erreichen. Die Gehalte an Spurenstoffen sprechen für Formationswässer, die zusätzlich einen Anteil an Ablaugungswässern von benachbarten Salzstöcken enthalten. Insgesamt deuten die chemischen Zusammensetzungen und die Isotopenverhältnisse auf sehr hohe Wasseralter mit sehr kleinen Fließgeschwindigkeiten hin.

Die Fließgeschwindigkeiten und die Fließrichtungen sind in dem kompliziert zusammengesetzten System von Tiefenwasserleitern unmeßbar klein. Sie sind nur aus Modellrechnungen abschätzbar. Die Modellansätze vereinfachen die komplexe geologische Situation; sie bauen auf Plausibilitätsgrundsätzen auf. Eine große Bandbreite von Werten der Gesteinsparameter muß betrachtet werden. Allgemeine hydrogeologische Aussagen, die auf Erfahrungen und Analogieschlüssen beruhen, sind nicht weniger aussagekräftig, als die aus Modellanalysen gewonnenen Daten.

Zahlreiche Beobachtungen über den Wasserzulauf in die Grube, aus Klüften oder Kluftzonen auslaufende Wässer sowie austretende Porenlösungen, belegen, daß das Schichtpaket des Korallenoolith Poren- und Kluftwässer führt.

Alle angetroffenen wasserführenden Klüfte reduzierten ihre Schüttung innerhalb meist recht kurzer Zeit oder versiegten völlig. Dies gilt auch für Klüfte und Zerrüttungszonen im Bereich von größeren Störungen, wie dem Bleckenstedter Sprung. Der seit 1985 beobachtete



Auslauf aus einer Bohrung am Ort 300 fügt sich in dieses Bild ein, da die Schüttungsmenge beim Auslaufen und die sich wieder einstellenden Drücke beim Verschließen des Bohrlochs ständig abnehmen /1/.

Mit der Bohrung Konrad 101 wurde in Kalken des untersten Korallenoolith eine gut wasserleitende Kluft angetroffen. Aus den Bohr- und Testergebnissen ist abzuleiten, daß diese Kluft zu einem selbständigen System gehört, das im wesentlichen östlich der Bohrung ausgebildet ist, nur indirekt mit der Grube verbunden ist und keine hydraulische Verbindung zu anderen Kluftwasservorkommen besitzt.

Insgesamt folgt, daß im Korallenoolith in der Nähe der Grube keine weitreichenden hydraulisch wirksamen Hohlräume oder Klüfte existieren. Der hohe Aufschlußgrad des Erzlagerbereiches und der angrenzenden Gesteinseinheiten durch die Grube ergibt eine große Sicherheit dieser Aussage für das gesamte Schichtpaket klüftiger Gesteine im Korallenoolith.

Der Feuchteeintrag aus dem Gestein in die Grube ist daher ein Maß für die durchschnittliche Gebirgsdurchlässigkeit dieser Schicht. Da die Porosität und die Matrixdurchlässigkeit der Gesteine sehr klein sind, können sich sehr steile Druckgradienten im Gestein aufbauen, bevor frei ausfließendes Wasser an einer Kluft- oder Aufschlußfläche sichtbar wird.

Ein unbeherrschbarer Wasserzutritt in das Grubengebäude während der Betriebszeit des Endlagers ist nach den bergmännischen und hydrogeologischen Erfahrungen auszuschließen. Auch in abgeworfenen und verschlossenen Kammern oder Feldesteilen kann sich der Resthohlraum während der Betriebszeit des Endlagers nicht soweit mit Formationswässern füllen, daß Lösungen mit dem vollen hydrostatischen Druck durch den Versatz drücken würden.

Dagegen ist zu erwarten, daß sich der Resthohlraum während der Nachbetriebsphase allmählich soweit mit Formationswässern füllt, bis der natürliche hydrostatische Druck wieder erreicht ist und sich diese Wässer in Richtung des natürlichen hydraulischen Gefälles bewegen. Die Dauer des Vorganges der Wiederauffüllung setzt sich aus zwei Teilen zusammen: erstens dem Wiederauffüllen der Resthohlräume mit Formationswässern, zweitens dem Wiederanstieg des hydraulischen Drucks im Wirtsgestein.

Die ständige Wasserhaltung während der Betriebszeit des Bergwerkes Konrad führt zu einer Druckabsenkung in der Umgebung des Grubengebäudes. Nach dem Wiederauffüllen der Resthohlräume in der Nachbetriebsphase bewirkt der weitere Zufluß von Formationswässern in die Umgebung der Grube einen fortschreitenden Wiederanstieg des Druckes. Mit Modellrechnungen läßt sich der Wiederanstieg des hydrostatischen Drucks im Bereich der Grube berechnen. Die Druckabsenkung wird nach ca. tausend Jahren ausgeglichen sein (Kap. 3.9.3).

Im Untersuchungsgebiet liegen Tiefbohrungen (Kap. 1), die durch die Schichten der Unterkreide hindurchreichen. Diese Bohrungen könnten für die Ausbreitung von radio-nuklidbelasteten Grundwässern in der Nachbetriebsphase des Endlagers Wegsamkeiten darstellen. Von kontaminierten Grundwässern können nur die nördlich des Grubengebäudes liegenden Bohrungen erreicht werden. Dies kann erst in der Nachbetriebsphase des Endlagers nach mehr als tausend Jahren geschehen, wenn die durch den Bergbau bedingte Druckabsenkung wieder ausgeglichen ist.

Nach bergbehördlicher Verordnung sind alle Tiefbohrungen zu verfüllen. Ziel der vorgeschriebenen Verfüllungen ist es u. a., Grundwasserübertritte von einem Horizont in einen anderen zu verhindern. Diese Regelungen wurden auch bei den im Modellgebiet befindlichen Tiefbohrungen



angewandt /2/. Über diese Verfüllarbeiten wurden gemäß den bergbehördlichen Anordnungen Protokolle geführt.

Beim Auffahren von Strecken und beim Abbauen von Erz in den Gruben Georg und Peine I/II wurden je drei Tiefbohrungen angefahren, die kalkige und tonhaltige Gesteine der Kreide durchteuft hatten. Da diese Bohrlöcher trocken waren, müssen die Bohrungen zumindest örtlich abgedichtet sein.

Neben den technischen Maßnahmen tragen im Untersuchungsgebiet auch gesteinstypische, selbständig im Gebirge ablaufende Vorgänge (z. B. Quellen von Tonmineralen) zur Verhinderung von Grundwasserübertritten bei.

In den oben angeführten Gruben wurde beobachtet, daß die Gesteine der Unterkreide eine starke Neigung zum Quellen hatten, sobald sie mit Feuchtigkeit in Berührung kamen. Aufgrund der Quellvorgänge in der Unterkreide traten auch beim Niederbringen der Tiefbohrungen Schwierigkeiten auf, die Bohrungen offen zu halten. Die im Raum Peine anstehenden Tonsteine sind identisch mit den Unterkreidetonsteinen im Modellgebiet.

Der Vorgang des Quellens ist auf die mineralogischen Eigenschaften der in den Gesteinen der Unterkreide vorkommenden Tonminerale zurückzuführen. Hierzu trägt insbesondere der relativ hohe Smektitgehalt bei.

Daneben wurde in einer Reihe von Bohrungen beobachtet, daß die Bohrlochwände in einigen Schichtgliedern der Unterkreide nicht standfest waren. Da diese Gesteine (Ton- und Tonmergelsteine) bei Wasserzutritt zum Zerfall neigen, ist zu erwarten, daß der Nachfall in den darunterliegenden Bohrlochabschnitten zu einer Selbstabdichtung der Bohrung geführt hat.



Die hydrogeologische Situation des als Endlagerformation vorgesehenen Korallenoolith stellt sich zusammengefaßt wie folgt dar: Das Oxford ist im Grubenbereich aufgrund seiner geologischen Position weitgehend von den tieferen und höheren wasserführenden Schichten isoliert. Eine Migration von Grundwasser zur Grube könnte aus dem Hils-sandstein im Hangenden und den im Liegenden befindlichen Schichten des Oberen Muschelkalk und des Rhät erfolgen. Diese Migration ist durch die Tonsteine der Unterkreide bzw. des Lias und Dogger stark gehemmt. Die natürlichen Wegsamkeiten zu den hangenden wasserführenden Schichten sind äußerst gering, da die Unterkreide als mächtige Barriere den Malm nach oben, Süden und Osten, und die Salze des Zechstein den Malm nach Westen abdichten. Die insgesamt geringe Menge der im Grubengebäude angeschlagenen Wässer und die geringen Gebirgsdurchlässigkeiten des Korallenoolith und der Störungszonen schließen die Gefahr eines unbeherrschbaren Wasserzutritts in die Grube während der Betriebszeit aus.

In der Nachbetriebsphase wird sich der Resthohlraum mit Tiefenwässern allmählich auffüllen. Modellrechnungen zeigen, daß sich die Druckabsenkung nach ca. 1 000 Jahren wieder ausgleichen wird.

In Proben tiefer Grundwässer wurde weder Tritium noch C 14 gefunden (Kap. 3.1.9.6). Hohe Gehalte an radiogenem Helium und signifikante Abweichungen von der üblichen isotopischen Zusammensetzung (Deuterium und O 18) meteorischer Wässer sprechen für Grundwasserverweilzeiten in der Größenordnung von Millionen Jahren.

Literaturverzeichnis

- /1/ KLINGE, H. & NEUMANN-REDLIN, CHR. (1986): Hydraulische Tests in den Sedimentgesteinen der Kreide und des Jura der Schachtanlage Konrad (Salzgitter). - Z. dt. geol. Ges., 137 (1); 157-166, 6 Abb.; Hannover.
- /2/ Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. - GSF-T 136; Braunschweig.

### 3.1.10.3 Hydrogeologische Modelle

Im folgenden werden die hydrogeologische Situation und hydraulischen Kenndaten angegeben, die zur Berechnung der tiefen Grundwasserbewegung, speziell vom Ort einer potentiellen Kontamination des Wassers bis zur Biosphäre, benötigt werden. Die Zusammenstellung der Grundlagen bilden die sogenannten "Hydrogeologischen Modelle".

Instrument für daraus folgende Simulationsrechnungen sind "Geohydraulische Rechenmodelle", mit denen sich Strömungspfade und Grundwasserlaufzeiten berechnen lassen. Bei solchen Simulationsrechnungen wird von Süßwasserverhältnissen ausgegangen, obwohl die Existenz von Wasser höherer Salinität und damit höherer Dichte in großen Teilen des Untergrundes des Untersuchungsgebietes bekannt ist. Bei dem derzeitigen internationalen Stand der Technik für numerische geohydraulische Rechenmodelle ist es nicht möglich, komplexe räumliche hydrogeologische Systeme mit Modellen zu untersuchen, die die Salz-/Süßwasserproblematik berücksichtigen.

Der Nachweis der Langzeitsicherheit des Endlagers Konrad wird deswegen mit Hilfe geohydraulischer Modellrechnungen geführt, deren Modellcodes überall die gleiche Wasserdichte voraussetzen. Solche Modellrechnungen sind insofern zum Nachweis der Langzeitsicherheit des Endlagers verwendbar, als sicher ist, daß die errechneten Laufzeiten bei Berücksichtigung der in der Natur vorhandenen ortsvariablen Wasserdichte größer wären, und dieser größere Wert auch mit den Naturdaten besser übereinstimmt als die sogenannten Süßwasserlaufzeiten. Aus heutiger Sicht kann das an Hand von Salz-/Süßwasser-Modellrechnungen gezeigt werden, denen relativ einfache Untergrundstrukturen zugrundeliegen und deren Entwicklung und Anwendung sich noch im Forschungsstadium befinden /1,2/.



In den Grundwässern liegen Salzkonzentrationen vor, die etwa halbkonzentriert sind, aber nach der Tiefe gleichmäßig zunehmen. Die Extrapolation führt in einer Tiefe von etwa 2 000 m zu einer gesättigten Lösung. Dies entspricht näherungsweise der Tiefenlage des Muschelkalksalzes unterhalb der Schachtanlage Konrad. In dem "Hydrogeologischen Modell" des Antragstellers wurde deshalb die Modellbasis in diese Tiefe an die Oberkante des Salzlagers des Mittleren Muschelkalkes gelegt.

Die übrigen Ränder des modellierten Gebietes (Anl. 3.1.10.3/1) sind der geologischen und hydrogeologischen Situation angepaßt: Die Wasserscheide des Salzgitter-Höhenzugs im Süden sowie die Nord-Süd streichenden Salzstrukturen im Osten und Westen bilden die seitlichen Berandungen des Modells. Dort, wo die Salzstrukturen unterbrochen sind, bilden zum Teil tektonische Verstellungen oder Transgressionshorizonte die Grenzen des hydrogeologischen Modellgebietes. Die nördliche Modellgrenze wurde in den Bereich der Allerniederung östlich von Gifhorn gelegt, weil dort der Einlagerungshorizont Korallenoolith in Kontakt mit dem obersten Grundwasserstockwerk steht. Als undurchlässiger Modellboden werden die Tonsteine und das Steinsalz des Mittleren Muschelkalk angesehen. Am oberen Modellrand wird die oberflächennahe hydraulische Höhe - abgeleitet aus den Grundwassergleichen für das Untersuchungsgebiet - als Randbedingung vorgegeben.

Der südliche Bereich des Modellgebietes entspricht dem engeren Untersuchungsgebiet um die Schachtanlage Konrad. Weiter nördlich liegen im Vergleich hierzu weniger detaillierte Kenntnisse der hydrogeologischen Gegebenheiten vor. Die geologische Gliederung des Modellgebietes basiert auf den Ergebnissen der seismischen Erkundung und auf strukturgeologischen Erkenntnissen, die teils vor Beginn der Standorterkundung vorlagen, teils während der Standorterkundung bis zum August 1988 gewon-

nen wurden. Hieraus wurden für alle am Schichtaufbau beteiligten Schichtglieder Tiefenlinienpläne erstellt, aus denen sich die geometrischen Gegebenheiten der Modelle ableiten ließen. Neueste strukturgeologische Erkenntnisse aus dem Gebiet führten zu lokalen Änderungen der Tiefenlinienpläne, die damit den Kenntnisstand vom Januar 1989 repräsentieren (Kap. 3.1.9.1 und 3.1.9.2 sowie Anl. 3.1.10.3/2).

Als Beispiel zeigt Anlage 3.1.10.3/2 einen Tiefenlinienplan des Oxford. Anlage 3.1.10.3/3 zeigt einen Vertikalschnitt durch das Modellgebiet vom Salzgitter-Höhenzug im Süden bis zum Salzstock Calberlah im Norden.

Die hydraulischen Kenndaten der Sedimentgesteine gleicher stratigraphischer Einheiten sind grundsätzlich nicht räumlich konstant. Je nach regionalen oder lokalen Unterschieden der Ablagerungsbedingungen der Gesteine bestehen regionale bzw. lokale Variationen. Diagenetische Einflüsse verstärken diese Heterogenität zusätzlich. Einen Extremfall stellen dabei klüftige oder verkarstete Wasserleiter dar. Hier existieren Zonen hoher Wasserwegsamkeit neben geringdurchlässigen Bereichen.

Allen Formationen werden Parameter-Bandbreiten so zugewiesen, daß entsprechend geologischer Erfahrung die großräumig wirksamen mittleren Durchlässigkeiten und Porositäten (effektive Porositäten) damit abgedeckt werden (Tab. 3.1.9.6/2 und 3.1.9.6/3).

Die Entscheidung darüber, welche Durchlässigkeiten und effektive Porositäten zur Berechnung der Strömungspfade und Grundwasserlaufzeiten aus dem Bereich realistischer Werte in das hydrogeologische Modell eingehen sollen, wird wie folgt getroffen: Zeigt sich bei Sensitivitätsanalysen eine empfindliche Abhängigkeit der Laufzeit vom betrachteten Parameter, geht konservativerweise der-



jenige Wert als endgültiger Modellwert in die Simulationsrechnung ein, der zu kleinen Laufzeiten vom Einlagerungsort bis zur Biosphäre führt. Bei weniger sensibler Abhängigkeit werden die Werte angenommen, die nach geologischer Erfahrung wahrscheinlich sind.

An zahlreichen Stellen im Modellgebiet werden die Schichten von Störungen verworfen. Im hydrogeologischen Modell wurden zunächst nur solche Verwerfungen als hydraulisch wirksam berücksichtigt, durch die verschiedene Grundwasserleiter miteinander in Berührung kommen, z. B. der Obere Muschelkalk und der Rhätsandstein. Bei einem Verwurf eines Wasserleiters gegen undurchlässige Ton- und Mergelsteine wurde keine Störung im Modell berücksichtigt unter der Annahme, daß Verwerfungsbahnen in Grundwassernichtleitern keine Durchlässigkeiten aufweisen, die an diejenigen von Grundwasserleitern heranreichen.

Die Ausgangswerte für Durchlässigkeiten und effektive Porositäten dieses sogenannten "Hydrogeologischen Schichtenmodells" sind in Tabelle 3.1.10.3/1 zusammengestellt.



| Schichteinheit                                   | Durchlässigkeitsbeiwerte<br>in m/s | effektive Porositäten<br>in % |
|--|------------------------------------|-------------------------------|
| Quartär  | $10^{-5}$                          | 25                            |
| Tertiär  | $10^{-5}$                          | 25                            |
| Emscher-Mergel                                   | $10^{-8}$                          | 20                            |
| Plänerkalke                                      | $10^{-7}$                          | 5                             |
| Unterkreide außer<br>Hilssandstein               | $10^{-10}/10^{-12}$                | 10                            |
| Hilssandstein                                    | $10^{-5}$                          | 25                            |
| Wealden, Kimmeridge und<br>Münder-Mergel         | $10^{-8}$                          | 10                            |
| Oxford   | $10^{-7}$                          | 2                             |
| "Cornbrash"-Sandstein                            | $10^{-6}$                          | 5                             |
| Dogger, Lias und Keuper<br>Ton- und Mergelsteine | $10^{-10}$                         | 10                            |
| Rhät   | $10^{-6}$                          | 20                            |
| Oberer Muschelkalk                               | $10^{-6}$                          | 2                             |

Tabelle 3.1.10.3/1 Durchlässigkeitsbeiwerte  $k_f$  und effektive Porositäten im "Hydrogeologischen Schichtenmodell"

Nachfolgend werden die geohydraulischen Eigenschaften der Schichtglieder erläutert.

Der Obere Muschelkalk als unterster Kluftwasserleiter spielt eine besondere Rolle im hydraulischen Geschehen. Im Süden des Untersuchungsgebietes wurde er im Salzgitter-Höhenzug durch tektonische Vorgänge steilgestellt und streicht dort aus. Der Grundwasserspiegel kann hier max. 100 m über dem Grundwasserspiegel oberhalb der Grube und ca. 140 m über dem Spiegel in der Allerniederung liegen. Dieser Druckunterschied wird als wesentlicher Antrieb für die regionale Bewegung des Tiefengrundwassers im Modellgebiet angesehen.

Da eine Radionuklidmigration über den Oberen Muschelkalk ausgeschlossen werden kann, ist seine effektive Porosität für die Laufzeiten potentiell kontaminierten Wassers ohne Bedeutung. Für seinen  $k_f$ -Wert werden  $10^{-6}$  m/s und für seine effektive Porosität 2 % angesetzt. Seine Mächtigkeit beträgt im Modell 60 m.

Im Hangenden des Oberen Muschelkalk folgen 200 m bis 300 m mächtige Ton- und Mergelsteine des Unteren- und Mittleren Keuper mit sehr geringer Wasserwegsamkeit. Ihnen wird der Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-10}$  m/s zugeordnet, da im Bereich der zahlreichen Störungen mit lokal begrenzten höheren Durchlässigkeiten an Feinstklüften gerechnet werden kann. Die effektive Porosität wird mit 10 % angesetzt.

Der Sandsteinhorizont des Rhät (Oberer Keuper) wird zusammen mit den Feinsandsteinlagen des unteren Lias mit einer Mächtigkeit von 60 m und einen Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-6}$  m/s modelliert. Die effektive Porosität von 20 % entspricht der eines gut durchlässigen Porenwasserleiters.

Für die Durchlässigkeit und effektive Porosität des Lias werden die gleichen Werte im Modell benutzt wie für die Ton- und Mergelsteine des Keuper.

Der Untere- und Mittlere Dogger ähnelt petrographisch dem Lias, jedoch können in die Ton- und Mergelsteine Sandsteine (z. B. Dogger- $\beta$ -Sandstein) eingeschaltet sein, die in den Simulationsrechnungen nicht gesondert berücksichtigt werden. Für diese Ton- und Mergelsteine und für die ca. 100 m mächtigen Tonsteine des Oberen Dogger werden Durchlässigkeitsbeiwerte von  $10^{-10}$  m/s und effektive Porositäten von 10 % festgelegt.

Der "Cornbrash"-Sandstein (Unterbathonium-Sandstein) wird innerhalb des Dogger gesondert berücksichtigt. Insgesamt sind die Kenntnisse über die Ausbildung des



"Cornbrash"-Sandstein im Untersuchungsgebiet gering. Im Bereich der Bohrung Konrad 101 entspricht sein Durchlässigkeitsbeiwert dem der hangenden Ton- und Mergelsteine ( $k_f = 10^{-11}$  m/s). Bei Bohrungen am Schacht Konrad 2 wurde der "Cornbrash"-Sandstein ebenfalls als Feinsandstein mit geringer Porendurchlässigkeit angetroffen, in dem eine einzelne in ihrer Ausdehnung begrenzte wasserführende Kluft erbohrt wurde. Andererseits ist der "Cornbrash"-Sandstein aus der Kohlenwasserstoffexploration in der weiteren Umgebung der Grube als Porenspeicher mittlerer bis guter Durchlässigkeit bekannt. Für den "Cornbrash"-Sandstein wird daher ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-6}$  m/s und eine effektive Porosität von 5 % angesetzt. Eine Bandbreite der  $k_f$ -Werte von  $10^{-5}$  m/s bis  $10^{-11}$  m/s ist jedoch nicht auszuschließen.

Im Hangenden des Dogger werden Heersumer Schichten und Korallenoolith (Oxford) zu einer einheitlichen Modellschicht zusammengefaßt. Sie sind entsprechend bergmännischer Erfahrung aus der Grube Konrad als Kluftwasserleiter ausgewiesen.

Über die Schichten des Oxford, speziell den Korallenoolith, liegen aufgrund der kleintektonischen Aufnahmen im Grubenbereich vergleichsweise genaue Informationen vor: In einer sehr geringdurchlässigen Gesteinsmatrix existiert ein engmaschiges Trennflächensystem von Schichtflächen, Klüften und Störungen. Diese Trennflächen wurden hinsichtlich ihrer räumlichen Orientierung, Erstreckung und Öffnungsweite statistisch ausgewertet. Der Vernetzungsgrad der hydraulisch wirksamen Trennflächen ist im einzelnen unbekannt. Es kann jedoch ausgeschlossen werden, daß der gesamte Korallenoolith von einem gut durchlässigen offenen Kluftsystem durchzogen ist, da sonst ein bedeutend größerer Wassereintritt aus dem Gebirge in die Grube Konrad stattfinden müßte, als beobachtet wird.



In situ-Messungen im Grubengebäude zeigten Gebirgsdurchlässigkeiten, die meist wesentlich kleiner als  $10^{-8}$  m/s sind. Größere Werte von bis zu  $10^{-6}$  m/s waren Ausnahmen. Mit rechnerischen Abschätzungen wurden unter Zugrundelegung des derzeitigen Eintrags von Tiefenwässern in die Grube und der Geometrie des Grubengebäudes mittlere Durchlässigkeiten von kleiner als  $10^{-9}$  m/s bestimmt. Wegen der nur grob zu berücksichtigenden Geometrie des Grubengebäudes muß jedoch ein großer Sicherheitsspielraum für die Durchlässigkeitsbeiwerte zugelassen werden. Als konservativer Durchlässigkeitsbeiwert für das Oxford wird  $10^{-7}$  m/s angesetzt.

Die effektive Porosität des Oxford wird mit 2 % angesetzt, weil davon ausgegangen wird, daß die Wasserbewegung sowohl in Klufthohlräumen als auch zu einem nicht vernachlässigbaren Anteil in der porösen Gesteinsmatrix erfolgt.

Im Hangenden des Oxford folgt der Obere Malm mit Kimmeridge und Münster-Mergel. Entsprechend den vorhandenen Meßwerten für die Gebirgsdurchlässigkeit und der petrographischen Ausbildung der Schichten wird ein  $k_f$ -Wert von  $10^{-8}$  m/s angegeben. Die effektive Porosität wird mit 10 % angenommen. Im hydrogeologischen Modellgebiet treten sandiger Wealden und Mittel- und Obervalangin nur sehr untergeordnet im Norden auf. Sie werden deshalb nicht getrennt berücksichtigt. An der Schichtgrenze Jura/Kreide ist ein Transgressionshorizont ausgebildet, der aber aufgrund der Untersuchungsergebnisse (Kap. 3.1.9.6) nicht mit einer eigenen Durchlässigkeit berücksichtigt wird.

Für die 300 m bis 700 m mächtigen Ton- und Tonmergelsteine der Unterkreide kann von einer sehr geringen Durchlässigkeit ausgegangen werden. In verschiedenen Modellvarianten werden als Durchlässigkeitsbeiwert die beiden Randwerte der möglichen Bandbreite ( $10^{-10}$  m/s und

$10^{-12}$  m/s) angesetzt. Die mittlere effektive Porosität wird mit 10 % angenommen.

Der nur im Süden des hydrogeologischen Modellgebietes verbreitete Hilssandstein weist bei allen Untersuchungen sehr einheitliche Kenndaten auf. Er ist ein Porenwasserleiter mit einer effektiven Porosität von 25 %. Der gemessene Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-5}$  m/s wird als Modellwert festgesetzt.

Den bis zu 300 m mächtigen Plänerkalken der Oberkreide wurden alternativ zwei  $k_f$ -Werte von  $10^{-6}$  bzw.  $10^{-7}$  m/s zugeordnet. Sensitivitätsrechnungen zeigten, daß nur ein  $k_f$ -Wert von  $10^{-7}$  m/s zu realistischen Ein- und Ausstromraten für den oberflächennahen Grundwasserleiter führt. Als effektive Porosität werden 5 % angesetzt. Die Plänerkalke stellen hinsichtlich der Langzeitsicherheit in den untersuchten Szenarien keine nennenswerte Barriere zur Biosphäre dar, da sie mit dem obersten Grundwasserleiter im Quartär im direkten hydraulischen Kontakt stehen oder selbst den obersten Grundwasserleiter bilden.

Die "Emscher-Mergel" der Oberkreide erreichen im Norden des Salzgitter-Höhenzugs eine Mächtigkeit von mehr als 600 m. Der Durchlässigkeitsbeiwert dieser Mergel wird mit  $10^{-8}$  m/s angesetzt. Aufgrund der Auflockerung in Oberflächennähe kann die effektive Porosität mit 20 % angenommen werden.

Bei der Festlegung des Durchlässigkeitsbeiwertes für das Quartär ist zu berücksichtigen, daß das Quartär sowohl aus sandig-kiesigen Sedimenten als auch aus Schluffen und untergeordnet Geschiebemergeln zusammengesetzt ist. Als wahrscheinlicher Mittelwert für das gesamte Quartär wird ein  $k_f$ -Wert von  $10^{-5}$  m/s festgelegt. Die effektive Porosität wird mit 25 % angesetzt. Für das Tertiär gelten identische Werte.



Unter Verwendung dieser Daten wurden mit einem zweidimensionalen geohydraulischen Rechenmodell Sensitivitätsstudien zur Grundwasserbewegung für einen vertikalen Schnitt durchgeführt, der vom Salzgitter-Höhenzug im Süden bis zum Ausstreichen des Oxford unter dem Quartär im Norden (Salzstock Calberlah) reicht (Anl. 3.1.10.3/3). Dabei blieb die Variabilität der Dichte infolge Salinität unberücksichtigt (Süßwassermodell).

Es wurden Parametervariationen innerhalb der Bandbreiten für die Durchlässigkeiten durchgeführt. Bei diesen Sensitivitätsanalysen wurden auch verschiedene Anbindungen von Schichten und Einflüsse geologischer Störungen untersucht.

Es zeigt sich, daß vom Grubengebäude ausgehende Wasserpfade je nach den gewählten Parametern die Biosphäre an verschiedenen Stellen erreichen. Die berechneten Laufzeiten sind immer größer als 100 000 Jahre und liegen meist wesentlich darüber.

In einem weiteren hydrogeologischen Modell wurden Zonen erhöhter Durchlässigkeit an wichtigen tektonischen Störungen, an Salzstockrändern sowie in einzelnen Horizonten gesondert berücksichtigt. Mit den Simulationsrechnungen zu diesem Modell (Kap. 3.1.10.4) sollte geklärt werden, inwieweit Änderungen der Durchlässigkeiten entlang von Störungen den regionalen Tiefenwasserstrom beeinflussen und zu kürzeren Laufzeiten vom Endlager zur Biosphäre führen können.

Dieses sogenannte "Störzonenmodell" (Abb. 3.1.10.4/3) berücksichtigt:

- (a) - Die Immendorfer Störung im Süden des Modellgebietes einschließlich zweier Nebenstörungen im Osten und Westen der Hauptstörung.



- (b) - Die Flanken der Salzstöcke Flachstöckheim und Thiede sowie die Ostflanke der Salzstockkette Broistedt, Vechelde, Rolfsbüttel-Wendeburg.
- (c) - Den Konrad-Graben. Die Überschneidungsbereiche des Konrad-Grabens mit der Immendorfer Störung sowie mit der Flanke des Salzstocks Broistedt wurden als "Vergitterungszonen" getrennt ausgewiesen.
- (d) - Zwei geophysikalisch nachgewiesene Störungen südlich des Konrad-Grabens.
- (e) - Die Überschiebungszone von Meine im Norden des Modellgebietes.
- (g) - Lokale Verkarstungen im Oxford unter der Hauterive-Transgression. Hier wird unterstellt, daß in Kalksteinen des Oxford, welche vor der Hauterive-Transgression an der Oberfläche anstanden, durch Lösungsverwitterung Hohlräume und dadurch bedingt erhöhte Durchlässigkeiten entstanden. Deshalb wurde hier eine Zone erhöhter Durchlässigkeit von 30 m Mächtigkeit angesetzt.
- (h,i, k) - Störungen im Bereich des Salzgitter - Höhenzuges.

Im Modell wird zu beiden Seiten der genannten Störungen und entlang der Salzstockflanken ein 500 m breiter Streifen als Störungszone definiert.

Im "Schichtenmodell" waren die nach hydrogeologischer Erfahrung realistischen Parameter für ganze Schicht-einheiten in konservativer Weise so abgeändert worden, daß sie eventuell lokal vorhandene Faziesunterschiede und tektonische Strukturen berücksichtigten.

Im "Störzonenmodell" werden dagegen realitätsnähere Werte für die großräumige Gebirgsdurchlässigkeit angesetzt, die dann lokal im Bereich von Störungszonen verändert werden.

Diese Vorgehensweise wird am Beispiel des Oxford näher erläutert: Im Grubengebäude, das in der Störungszone des Konrad-Grabens liegt, ist für das Oxford ein Durchlässigkeitsbeiwert kleiner als  $10^{-9}$  m/s bestimmt worden. Im "Schichtenmodell" war als konservativer Durchlässigkeitsbeiwert hierfür  $10^{-7}$  m/s angesetzt worden. Eine zusätzliche Erhöhung der Durchlässigkeit im Bereich von Störungszonen hätte hier zu unrealistisch hohen Durchlässigkeiten für das Oxford geführt. Im "Störzonenmodell" wird daher ein großräumiger Durchlässigkeitsbeiwert von  $10^{-8}$  m/s verwendet, der lokal in Störungszonen erhöht wird.

Tabelle 3.1.10.3/2 zeigt die großräumigen Gebirgsdurchlässigkeiten der einzelnen Schichteinheiten für das "Störzonenmodell".

Hydrogeologisch ist bekannt, daß Störungen und Störungssysteme sowohl eine Erhöhung als auch eine Erniedrigung der Durchlässigkeit bewirken können oder auch keinen Einfluß auf die Durchlässigkeit haben. Dies hängt davon ab, ob Klüfte und Trennflächen noch offen stehen oder durch Mineralisation bzw. Mylonite wieder verheilt sind.

| Schichteinheit                            | Empfohlene Eingangsdaten<br>der großräumigen Gebirgs-<br>durchlässigkeiten, die<br>örtlich verändert sein<br>können |
|---|---|
| Quartär                                   | $10^{-5}$   |
| Tertiär                                   | $10^{-7}$   |
| Emscher-Mergel                            | $10^{-8}$   |
| Plänerkalke                               | im S $10^{-7}$ , im N $10^{-6}$   |
| Alb                                       | $10^{-12}$  |
| Hilssandstein                             | $10^{-5}$   |
| Hauterive, Barrême, Apt                   | $10^{-11}$  |
| Kimmeridge, Münster-Mergel und<br>Wealden | $5 \cdot 10^{-9}$   |
| Oxford                                    | $10^{-8}$   |
| "Cornbrash"-Sandstein                     | im S $10^{-7}$ , im N $10^{-6}$   |
| Tonsteine des Dogger, Lias<br>und Keuper  | horizontal $10^{-10}$ ,<br>vertikal $10^{-12}$  |
| Rhät                                      | $10^{-7}$   |
| Oberer Muschelkalk                        | $10^{-7}$   |

Tabelle Gebirgsdurchlässigkeiten im "Störzonenmodell"  
3.1.10.3/2 ( $k_f$ -Werte in m/s)

Daher werden Bandbreiten möglicher Durchlässigkeitsveränderungen innerhalb realistischer Grenzfälle festgelegt. Tabelle 3.1.10.3/3 enthält eine Abschätzung über die Bandbreite der Faktoren, um die die Durchlässigkeiten je nach Grad der tektonischen Beanspruchung verän-



dert sein können, sowie eine Zusammenstellung der Faktoren für den Referenzfall der Modellrechnungen des "Störzonenmodells".

| Störungszonen                                     | Faktoren   |                                    |
|---|------------|------------------------------------|
|   | Bandbreite | Eingangsdaten für den Referenzfall |
| 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                                 |
| lokale Verkarstungen im Oxford                    | 1 - 50     | 10                                 |
| Salzgitter-Höhenzug                               | 0,5 - 25   | 25                                 |

Tabelle      Veränderungen der Gebirgsdurchlässigkeiten in  
3.1.10.3/3   Störungszonen

Die Erhöhung der Durchlässigkeiten um z. B. den Faktor 10 bewirkt, daß in einer Störungszone die Tonsteine des Hauterive bis Apt mit einem  $k_f$ -Wert von  $10^{-10}$  m/s (statt  $10^{-11}$  m/s) und die Schichten des Oxford mit  $k_f = 10^{-7}$  m/s (statt  $10^{-8}$  m/s) modelliert werden.

Die Schichten des Alb, des Hilssandstein und des Rhät erhalten in Störungszonen aus folgenden Gründen keine erhöhten Durchlässigkeiten: Das Alb weist hohe Smektitgehalte auf. Klüfte, auf denen eine Wasserbewegung stattfand, wurden durch den Einfluß der quellfähigen Tonminerale im Gesteinsverband verschlossen, so daß in diesen Schichten auch in tektonischen Zerrüttungszonen

keine höhere Wasserwegsamkeit existiert. Diese abdichtende Wirkung der Schichten des Alb ist auch aus Erdölbohrungen bekannt, in denen das Alb auch in tektonisch gestörten Gebieten, z. B. Salzstockflanken, eine sehr gute Barriere gegenüber der Migration von Erdöl und Erdgas bildet. Hilssandstein und Rhät sind Porenwasserleiter. Da die Wasserbewegung im wesentlichen in den Poren stattfindet, führt eine erhöhte Klüftigkeit zu keinen höheren Durchlässigkeiten.

#### Literaturverzeichnis

- /1/ SCHELKES, K.; VOGEL, P.; KLINGE, H. & KNOOP, R.-M (1990):

Modelling of variable-density groundwater flow with respect to planned radioactive waste disposal sites in West-Germany - Validation activities and first results. - to be published in the Proc. of the GEOVAL-90 Symposium, Stockholm, May 14-17.

- /2/ VOGEL, P.; SCHELKES, K.; KLINGE, H. & GEISSLER, N. (1990):

Analysis of density-dependent deep groundwater movement in Northern Germany influenced by high salinity. - to be published in a separate conference volume of the "International Conference on Calibration and Reliability in Groundwater Modelling", The Hague, Sept. 3 - 6.





### 3.1.10.4 Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung

Die Modellierung der großräumigen Grundwasserbewegung für einen Endlagerstandort ist Bestandteil der Analyse zur Langzeitsicherheit eines Endlagers. Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung ermöglichen das Auffinden potentieller Ausbreitungswege von Radionukliden vom Endlager bis in die Biosphäre.

Die Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung behandeln zwei hydrogeologische Modelle: ein "Schichtenmodell" und ein "Störzonenmodell". Beide sind in Kapitel 3.1.10.3 erläutert.

#### Physikalische Grundlagen und verwendete Programme

Die Bewegung des Wassers im Untergrund wird durch Druckunterschiede angetrieben, die z. B. durch ein regionales Grundwasserspiegelgefälle hervorgerufen sein können. Ein Grundwasserleiter kann entsprechend der Ausbildung seiner Wasserwegsamkeiten als Kluft- oder Porenwasserleiter betrachtet werden. Die Wasserdurchlässigkeit eines Kluftwasserleiters wird durch die Beschaffenheit, Häufigkeit und Ausrichtung der Risse und Spalten im Festgestein bestimmt. Je dichter und verzweigter ein Kluftsystem ist, um so gleichmäßiger wird es durchströmt. Es ist aber auch möglich, daß einzelne ausgeprägte Klüfte oder Kluftzonen als Wegsamkeiten dominieren.

Im allgemeinen betrachtet man in der Grundwasserhydraulik poröse Medien /1/. Dies trifft vor allem bei Lockersedimenten zu, in denen die Wegsamkeiten als eng verzweigtes Netz von Porenkanälen ausgebildet sind. Geklüftete Medien können unter bestimmten Voraussetzungen in Modellrechnungen in guter Näherung wie poröse Medien behandelt werden /2, 3/. Aus den hydrogeologischen Da-

ten für den Standort Konrad folgt, daß diese Voraussetzungen für die durchgeführten Berechnungen der großräumigen Grundwasserbewegung erfüllt sind.

Bereichsweise wird das "poröse" Medium im Modell als homogen angesetzt, und es werden Mittelwerte für seine hydraulischen Eigenschaften festgelegt. Die mathematische Beschreibung der Grundwasserbewegung für ein poröses Medium beruht auf dem Darcyschen Fließgesetz und den Erhaltungssätzen für Masse und Energie der Flüssigkeit und ihrer Inhaltsstoffe. Die daraus resultierenden Differentialgleichungen werden analytisch oder numerisch gelöst.

Zur numerischen Modellierung der Grundwasserströmung für den Standort Konrad werden die Programmsysteme SWIFT /4/ und FEM301 /5/ verwendet. Die Programme lösen die Differentialgleichungen nach unterschiedlichen Methoden: SWIFT nach der Methode der Finiten Differenzen, FEM301 nach der Methode der Finiten Elemente. Den Modellrechnungen mit beiden Programmen liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Zeitlich unveränderlicher Fluß in wassergesättigten Formationen,
- Gültigkeit des Darcyschen Gesetzes auch bei kleinen Wassergeschwindigkeiten,
- Behandlung von Kluftwasserleitern als äquivalente poröse Medien und
- Nichtberücksichtigung von Dichteunterschieden aufgrund von Salinitäts- oder Temperaturdifferenzen.

Als Finite-Differenzen-Programm mit eingeschränkten Möglichkeiten der Modellierung komplizierter Geometrien wird SWIFT beim geometrisch einfacheren "Schichtenmodell" eingesetzt, während mit FEM301 beide hydrogeologischen Modelle berechnet werden. Der Einsatz von zwei



Rechenprogrammen, die zudem noch unterschiedliche Lösungsmethoden verwenden, erhöht die Verlässlichkeit der Aussagen zur großräumigen Grundwasserbewegung.

#### Modellrechnungen zum "Schichtenmodell" mit SWIFT

Mit SWIFT wird das "Schichtenmodell" behandelt. Mit ihm können Strömungsvorgänge, Wärmetransport, Transport von Radionukliden und anderen Wasserinhaltsstoffen berechnet werden. Das Programm löst dazu die entsprechenden Differentialgleichungen numerisch nach der Methode der Finiten Differenzen. SWIFT ist in umfangreichen Untersuchungen /6/ mit Erfolg eingesetzt worden. Seine Anwendbarkeit und Genauigkeit wurde durch Vergleichsrechnungen mit analytischen Lösungen und durch Vergleiche mit anderen Rechenprogrammen getestet /7, 8, 9/. Es entspricht daher dem Stand von Wissenschaft und Technik und wird von verschiedenen Arbeitsgruppen im Rahmen von Sicherheitsanalysen eingesetzt.

#### Modellaufbau SWIFT

Die Lage und Größe des Modellgebietes orientiert sich an den geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Gegebenheiten des Untersuchungsgebietes. Im allgemeinen werden die Modellränder durch undurchlässige geologische Formationen, Grundwasserscheiden, Vorfluter und durch die Geländeoberfläche gebildet. Den Modellrändern werden eindeutige Strömungsbedingungen zugeordnet.

Das Untersuchungsgebiet liegt zwischen Nord-Süd-streichenden Salzstrukturen, der Wasserscheide des Salzgitter-Höhenzugs im Süden und der Allerniederung im Norden (Abb. 3.1.10.4/1). Als tiefste geologische Einheit wird der Obere Muschelkalk berücksichtigt. Der darunterliegende Mittlere Muschelkalk enthält undurchlässige Salzlagen. Für den Bereich zwischen dem in verschiedenen



Tiefen liegenden Oberen Muschelkalk und der Modellbasis wird ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \cdot 10^{-14}$  m/s und eine effektive Porosität von 10 % angenommen. Bei dem betrachteten Modellgebiet werden die vertikalen Begrenzungsflächen und die Modellbasis als geschlossen angesetzt. Eine Ausnahme bildet der obere Teil der seitlichen Begrenzung zwischen dem Salzgitter-Höhenzug und dem Salzstock Broistedt. Hier wird ein Grundwasseraustausch über das Quartär, den Emscher-Mergel und die Plänerkalke mit einem Nachbargebiet, dem Abstromgebiet der Fuhse, ermöglicht.

Für SWIFT ist eine Unterteilung des Modellgebietes in ein orthogonales Raster erforderlich. Aus diesem Grund muß das gesamte Modellgebiet als Quader abgebildet werden. Die Änderung der Orientierung des Gebietes im Norden von einer Nordost-Südwest-Ausrichtung in eine Nord-Süd-Ausrichtung bedingt eine leichte Verzerrung der Entfernungen im nördlichen Modellteil. Auf die berechnete Grundwasserbewegung hat die Verzerrung nur wenig Einfluß.

Zur Berechnung der Grundwasserbewegung wird das Modellgebiet in einzelne Elemente unterteilt, die hinsichtlich ihrer hydraulischen Eigenschaften als homogen betrachtet werden. Je feiner die Diskretisierung ist, um so besser kann die Realität nachgebildet werden. Die Gesamtanzahl der Elemente im Modell ist dabei durch die Rechnerkapazität begrenzt. Für die Diskretisierung des großen Untersuchungsgebietes muß deshalb ein grobes Raster verwendet werden. Die wesentlichen Zusammenhänge des Grundwasserleitersystems werden jedoch nachgebildet.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte, der in Kapitel 3.1.10.3 vorgegebenen Schichtenfolge zum "Schichtenmodell", sowie der Tiefenlage und Mächtigkeit einzelner Schichten wird für das Modellgebiet folgende Diskretisierung gewählt:

## Horizontale Unterteilung (Abb. 3.1.10.4/1)

## West-Ost-Richtung (x-Achse)

1 · 1 km; 4 · 0,75 km; 4 · 1 km; 4 · 0,75 km;  
1 · 1 km; 1 · 1,5 km;

## Süd-Nord-Richtung (y-Achse)

2 · 1,5 km; 4 · 1 km; 2 · 1,5 km; 2 · 2 km;  
8 · 2,5 km; 1 · 2 km; 1 · 1,5 km; 8 · 1 km;  
1 · 1,5 km; 1 · 1,7 km;

Vertikale Unterteilung von oben nach unten  
(z-Achse)

1 · 200 m; 22 · 100 m

Bei dieser Diskretisierung ergibt sich eine Gesamtanzahl von 10 350 Elementen. Das Modell hat eine Breite (x-Richtung) von 13,5 km, eine Gesamtlänge (y-Richtung) von 48,7 km und eine vertikale Ausdehnung (z-Richtung) von 2,4 km. Die Richtungsänderung des Modellgebietes nach Nordosten beginnt nach 26,5 km (y=16).

Beim Aufbau des Grundwassermodells ist die Festlegung von Randbedingungen insbesondere dort notwendig, wo ein Wasseraustausch über die Modellgrenze möglich ist. Im Grundwassermodell betrifft das vor allem die Oberfläche. Ausgehend vom Grundwasserhöhengleichenplan (Kap. 3.1.9.6) werden für alle Elemente an der Modelloberfläche die mittleren Grundwasserstandshöhen bestimmt, die dann in Drücke umgerechnet werden. Mit Hilfe dieser Druckangaben sind die Randbedingungen an der Modelloberfläche festgelegt.

Für den Teil der westlichen vertikalen Begrenzungsfläche zwischen dem Salzstock Broistedt und dem Salzgitter-Höhenzug werden ebenfalls Angaben für den Druck festgelegt. Es wird davon ausgegangen, daß ein Wasserabfluß



nur im Quartär, im Emscher-Mergel und in den Plänerkalken erfolgen kann, und daß die Druckverhältnisse an der Modellgrenze durch eine tiefenkonstante Grundwasserstandshöhe aus dem Grundwasserhöhengleichnenplan bestimmt sind. Unterhalb der Oberkreidebasis wird kein Wasseraustausch angenommen.

Wenn an den Rändern des Modells Drücke vorgegeben werden, werden diese als stationär angesehen. Es werden also weder jahreszeitliche Schwankungen noch die Änderung der hydrologischen Verhältnisse über lange Zeiträume berücksichtigt. Sofern der Grundwasserhöhengleichnenplan die Auswirkung künstlicher Eingriffe in den Grundwasserhaushalt enthält, werden auch diese als gleichbleibend behandelt.

Die Übertragung der geologischen Verhältnisse in das Modellraster erfolgt so, daß das System von Wasserleitern und Barrieren erhalten bleibt. Dabei müssen Elemente mit wasserleitenden Eigenschaften flächig aneinandergrenzen. Elemente mit Barriereneigenschaften unterbinden die Strömung auch dann, wenn sie sich nur an Kanten berühren. Emscher-Mergel, Kimmeridge und alle Tonsteine werden als Barrieren modelliert, alle übrigen Schichten als Wasserleiter. Da im allgemeinen keine söhlige Lagerung vorliegt, werden insbesondere die geringmächtigeren Wasserleiter durch eine treppenförmig angeordnete Belegung von Elementen wiedergegeben.

Die Nachbildung einer geologischen Schichtenfolge erfolgt bei SWIFT durch die Angabe von Durchlässigkeitsbeiwerten in allen drei Raumrichtungen und der effektiven Porosität in jedem Element. Können bei der Übertragung geologischer Verhältnisse in ein Modellraster Lage und Mächtigkeit nicht in der Form wiedergegeben werden, daß Schichtmächtigkeit und Elementdicke übereinstimmen, müssen für die vorgegebenen Abmessungen im Raster veränderte Eingabedaten zur Durchlässigkeit und



Porosität berechnet werden. Dabei soll die Transmissivität der Schicht, das Produkt aus Schichtmächtigkeit und Durchlässigkeitsbeiwert, erhalten bleiben. Beim Grundwassermodell für das Untersuchungsgebiet ist die Berechnung dieser Eingabedaten umfangreich und deshalb nur mit Vereinfachungen möglich. Vergleichsrechnungen zeigen jedoch, daß die angenommenen Vereinfachungen nur geringe Auswirkungen auf die berechnete Grundwasserbewegung haben.

#### Ergebnisse SWIFT

Wesentliche Ergebnisse der Modellrechnungen sind für jedes Element der Druck, die Komponenten der Filtergeschwindigkeit in den verschiedenen Raumrichtungen, sowie die Ein- und Ausstromraten über die offenen Begrenzungsflächen. Aus den Ergebnissen lassen sich unter Einbeziehung der effektiven Porosität Abstandsgeschwindigkeiten und Stromlinien ermitteln. Die Stromlinien beschreiben den Weg, den einzelne Wasserpartikel zurücklegen. Für Teilgebiete oder Teilflächen können die Durchflußraten bilanziert werden.

Möglichkeiten zur Überprüfung eines Grundwassermodells bestehen z. B. im Vergleich der tatsächlichen Grundwasserneubildungsraten mit berechneten Ein- und Ausstromraten an der Modelloberfläche oder von gemessenen Grundwassergeschwindigkeiten mit berechneten. Für das vorliegende Grundwassermodell gibt es nur eingeschränkte Überprüfungsmöglichkeiten. Messungen zur Strömungsgeschwindigkeit liegen lediglich für das Quartär vor. Gerade das Quartär ist aber nur sehr vereinfacht nachgebildet worden. Es wird mit den Plänerkalken oder anderen Schichten zusammengefaßt, da seine Mächtigkeit im Vergleich zur gesamten Modellmächtigkeit gering ist. Aus diesem Grund sind auch detaillierte Vergleiche mit Grundwasserneubildungsraten nicht sinnvoll. Es wird jedoch darauf geachtet, daß die berechneten Ein- und Aus-

stromraten über die Modelloberfläche im Bereich realistischer Werte liegen.

Infolge der eingeschränkten Vergleichsmöglichkeiten mit gemessenen Daten ist es erforderlich, die Plausibilität der Ergebnisse mit Hilfe von Parametervariationen zu überprüfen. Dabei sind die beim Modellaufbau verwendeten Daten von großer Bedeutung. Die Vorgehensweise bei der Zusammenstellung der Daten ist in Kapitel 3.1.10.3 beschrieben. Einzelne Werte zur Durchlässigkeit bestimmter Schichten wirken sich sensitiv auf potentielle Ausbreitungswege von Radionukliden vom Endlager bis in die Biosphäre aus.

Zur Überprüfung des Grundwassermodells und zur Erfassung sensitiver Parameter werden die Durchlässigkeiten des Quartär, der Plänerkalke, des Kimmeridge, des Oxford, des Rhät und des Oberen Muschelkalk variiert. Insgesamt zeigen alle Parametervariationen plausible Ergebnisse. Es wird daher davon ausgegangen, daß das Grundwassermodell in sich widerspruchsfrei ist.

Die tiefsten Grundwasserleiter im Modell, Oberer Muschelkalk und Rhät, stehen im Südwesten im Salzgitter-Höhenzug über Tage an. Sie haben im Norden lediglich östlich des Konrad-Grabens, im Gebiet des Salzstocks Thiede, eine direkte Verbindung zur Oberfläche. Die Kontakte zu anderen Grundwasserleitern im Bereich der Störungen im nördlichen Modellgebiet sind wenig wirksam. Neben den Austritten in den Aufschlüssen am Salzstock Thiede geben sie ihr Wasser hauptsächlich an die Ton- und Mergelsteine des Jura und Keuper und damit an die darüberliegenden Wasserleiter ab.

Die direkte Verbindung der tiefen Grundwasserleiter Oberer Muschelkalk und Rhät mit der Oberfläche im Bereich des Salzstocks Thiede ist bei den Modellrechnungen



mit SWIFT nicht, bei den Modellrechnungen mit FEM301 jedoch berücksichtigt. Ergänzende Rechnungen mit SWIFT unter Einbeziehung dieses Sachverhalts ergeben keine kürzeren Wasserlaufzeiten als die in Tabelle 3.1.10.4/1 aufgeführten.

Der Hilssandstein steht ebenfalls im Salzgitter-Höhenzug an der Oberfläche an. Seine nördliche Verbreitungsgrenze liegt über der Grube Konrad. In der Gegend von Adersheim, südlich des Salzstocks Thiede, streicht der Hils-sandstein zu Tage aus. Er stellt einen lokal begrenzten Grundwasserleiter dar.

Die südliche Verbreitungsgrenze der Wasserleiter "Cornbrash"-Sandstein und Oxford liegt etwas südlich des Konrad-Grabens. "Cornbrash"-Sandstein und Oxford werden im Untersuchungsgebiet durch Unterkreidetone transgressiv überlagert. Beide Wasserleiter erstrecken sich über die Modell-Nordgrenze hinaus und haben im Norden am Salzstock Calberlah Kontakt zum obersten Grundwasserstockwerk.

Der Grundwasserspiegel im Salzgitter-Höhenzug liegt ca. 140 m über dem Grundwasserspiegel der Allerniederung. Das dadurch vorhandene Druckgefälle verursacht im wesentlichen die von Süd nach Nord gerichtete Grundwasserbewegung in den Grundwasserstockwerken unterhalb der Oberkreide.

Plänerkalke, Tertiär und Quartär bilden das oberste Grundwasserstockwerk. Es ist im Modell nur teilweise durch zwischengeschaltete Emscher-Mergel unterteilt. Der Abfluß verläuft generell von Süden nach Norden. Er variiert örtlich entsprechend der Transmissivität und dem lokalen Grundwassergefälle. Unterschiedliche Durchlässigkeiten der oberflächennahen Wasserleiter haben vor allem Einfluß auf die Ein- und Ausstromraten an der Modelloberfläche. Es zeigt sich, daß bei Verwendung der



in Tabelle 3.1.10.3/1 angegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte die Ein- und Ausstromraten innerhalb realistischer Bereiche für die Grundwasserneubildung und den Grundwasserabstrom liegen.

Aufgrund der Ergebnisse von Parametervariationen (Kap. 3.1.10.3) müssen bezüglich einer Ausbreitung von Radionukliden aus dem Endlager zwei Varianten betrachtet werden. Sie unterscheiden sich signifikant in Bezug auf die Fließwege zur Biosphäre.

Variante 1 und Variante 2 verwenden die in Tabelle 3.1.10.3/1 aufgeführten Durchlässigkeitsbeiwerte und effektiven Porositäten. Bei Variante 1 wird der Durchlässigkeitsbeiwert der Unterkreidetonsteine mit  $1 \cdot 10^{-10}$  m/s angesetzt, bei Variante 2 mit  $1 \cdot 10^{-12}$  m/s.

Es ergibt sich bei Variante 1 eine Aufwärtsbewegung des Wassers in den Unterkreidetonsteinen mit Darcygeschwindigkeiten bis ca.  $10^{-4}$  m/a. Die horizontale Bewegung in den tiefen Wasserleitern Oberer Muschelkalk, Rhät, "Cornbrash"-Sandstein und Oxford ist wesentlich schneller. Das Hangende und Liegende des Oxford wird im wesentlichen von unten nach oben durchströmt. Die vorherrschende Strömungsrichtung verläuft nach Nordosten und auf die Oberfläche zu. Einen geringen Teil seines Wassers gibt der Hilssandstein an die liegenden Unterkreidetonsteine ab. Im nördlichen Bereich steigen die Tiefenwässer auf.

Bei Variante 2 bewirkt die Verringerung des Durchlässigkeitsbeiwertes der Unterkreidetonsteine einen langsameren Druckabbau. Die Wasserbewegung in den Tonsteinen ist im Vergleich zur Variante 1 deutlich geringer, im wesentlichen aber immer noch aufwärts gerichtet. Lokal findet eine Abwärtsbewegung vom Oxford in die liegenden Tonsteine statt. Im Gegensatz zur Variante 1 ist hier

ein konvektiver Transport vom Oxford in den "Cornbrash"-Sandstein möglich. Erkennbar ist die veränderte Bewegungsrichtung im Kimmeridge. Sie verläuft im Gegensatz zu Variante 1 vorwiegend horizontal.

Der Einfluß des Durchlässigkeitsbeiwerts der Unterkreidetone auf den potentiellen Schadstofftransport wird besonders in der Darstellung von Stromlinien deutlich. In Abbildung 3.1.10.4/2 sind die Ausbreitungswege als Projektion auf die vertikale y-z-Ebene für beide Varianten dargestellt. Bei Variante 1 verlaufen die Fließwege zunächst unterschiedlich lange nahezu horizontal im Oxford und Kimmeridge nach Norden. Danach findet ein vertikaler Aufstieg durch die Unterkreidetone statt. In den Plänerkalken bewegen sich die betrachteten Wasserpartikel noch etwas weiter nach Norden. Die Stromlinien enden in der obersten Schicht des Modells.

Aus den Stromlinien werden Laufzeiten von Wasserteilchen vom Startpunkt im Lagerbereich bis zum Eintritt in die oberste Schicht sowie die zugehörigen Weglängen ermittelt. Daraus lassen sich mittlere Abstandsgeschwindigkeiten berechnen. Sie betragen bei Variante 1 für das Wasser aus dem Lagerbereich ungefähr  $9 \cdot 10^{-3}$  m/a. Als kürzeste Laufzeit ergeben sich 430 000 Jahre.

Bei Variante 2 bewegt sich das Wasser aus dem Lagerbereich vorwiegend im Oxford. Eine Wasserbewegung aus dem Lagerbereich in die Unterkreidetone findet kaum statt. Bei ähnlichen Laufzeiten (mindestens 300 000 Jahre), aber längeren zurückgelegten Wegen ergibt sich die im Vergleich zu Variante 1 erheblich größere mittlere Abstandsgeschwindigkeit von ca. 0,1 m/a. Einige Stromlinien aus dem Lagerbereich verlaufen durch die Dogger-tonsteine und anschließend durch den "Cornbrash"-Sandstein. Die zugehörigen mittleren Laufzeiten betragen 1,1 Mio. Jahre.



Im Hinblick auf eine Erfassung der Strömungsvorgänge wird für den Lagerbereich eine Wassermengenbilanz aufgestellt. Der Lagerbereich umfaßt im Modell aufgrund der Diskretisierung in der horizontalen Ebene Elemente mit  $x=6$  bis  $x=8$  und  $y=9$  bis  $y=10$ . Er hat damit etwa die zweieinhalbfache Fläche des geplanten Endlagers. Bei den Berechnungen für die Variante 1 ergibt sich, daß ca.  $1\,000\text{ m}^3/\text{a}$  aus dem Lagerbereich im Korallenoolith in Richtung Norden fließen, ca.  $1\,800\text{ m}^3/\text{a}$  gehen in den hangenden Kimmeridge über und ca.  $400\text{ m}^3/\text{a}$  fließen im Korallenoolith in Richtung Osten ab. Der Gesamtdurchsatz beträgt ca.  $3\,200\text{ m}^3/\text{a}$ . Für die Variante 2 ergibt sich ein geringerer Gesamtdurchsatz von ca.  $1\,620\text{ m}^3/\text{a}$ . Es werden ca.  $480\text{ m}^3/\text{a}$  nach Norden abgeführt, ca.  $230\text{ m}^3/\text{a}$  im Oxford in östliche Richtung, ca.  $820\text{ m}^3/\text{a}$  in den Kimmeridge und nach unten in die Doggertonsteine ca.  $90\text{ m}^3/\text{a}$ .

Die Modellrechnungen zur Grundwasserbewegung ergeben, daß bezüglich einer potentiellen Radionuklidausbreitung aus dem Lagerbereich drei Ausbreitungswege möglich sind. Bei Variante 1 ergibt sich eine mögliche Radionuklidausbreitung vom Einlagerungsbereich nahezu direkt nach oben über den Kimmeridge, die Unterkreidetonsteine und die Plänerkalke. Der Aufstiegsbereich in den oberflächennahen Grundwasserleiter liegt südwestlich von Braunschweig bei den Ortschaften Groß Gleidingen und Salzgitter-Üfingen. Variante 2 liefert als potentielle Ausbreitungsbereiche den Oxford und den "Cornbrash"-Sandstein. Für beide Formationen liegt der Aufstiegsbereich bei der Ortschaft Calberlah.

Die beiden dargestellten Varianten unterscheiden sich durch die Durchlässigkeitsbeiwerte der Unterkreidetonsteine. Beide Varianten werden hinsichtlich der Radionuklidausbreitung gleichwertig behandelt. Tabelle 3.1.10.4/1 enthält zusammengefaßt Daten, die im Hinblick



auf die Langzeitsicherheit beide Varianten charakterisieren. Aufgeführt sind für die Ausbreitungsgebiete die minimale Laufzeit und eine mittlere Geschwindigkeit für alle im Endlagerbereich beginnenden Stromlinien. Weiterhin enthält die Tabelle Durchflußraten durch den Lagerbereich, die bei der Berechnung der Radionuklidausbreitung zugrunde gelegt werden.

|   | Variante 1                 | Variante 2        |                           |
|---|----------------------------|-------------------|---------------------------|
| Ausbreitungsweg                                 | Unterkreidetons-<br>steine | Oxford            | "Cornbrash"-<br>Sandstein |
| minimale Laufzeit<br>in a                       | 430 000                    | 300 000           | 1 100 000                 |
| mittlere Abstands-<br>geschwindigkeit<br>in m/a | $9 \cdot 10^{-3}$          | $1 \cdot 10^{-1}$ | $3 \cdot 10^{-2}$         |
| Durchfluß im Lagerbereich in m <sup>3</sup> /a  | 3 200                      | 1 620             |                           |

Tabelle                      Ergebnisübersicht der SWIFT-Rechnungen  
3.1.10.4/1

Modellrechnungen zum "Störzonenmodell" und "Schichtenmodell" mit FEM301

Zur numerischen Modellierung der Grundwasserströmung für den Standort Konrad wird neben SWIFT auch FEM301 /5/ verwendet. FEM301 ist ebenfalls in umfangreichen Untersuchungen mit Erfolg eingesetzt und im internationalen Projekt HYDROCOIN mehrmals getestet worden. Ziel dieses Projektes war es, durch Vergleichsrechnungen zu analytischen Lösungen und genau definierten Testbeispielen mit verschiedenen Rechenprogrammen den Stand von Wissenschaft und Technik in der Grundwassermodellierung festzustellen, die Rechenprogramme zu verifizieren und die Methoden der Modellkalibrierung und -validierung zu verfeinern /8, 10/.

Das Programm FEM301 beruht auf der Methode der Finiten Elemente und dient zur Berechnung stationärer Grundwasserströmungen in gesättigten Medien.

#### Modellbau\_FEM301

Das Modellgebiet (Abb. 3.1.10.4/3) ist im wesentlichen identisch mit dem Gebiet, das für die Modellrechnungen mit SWIFT zugrunde gelegt wird. Unterschiede zu dem mit SWIFT berechneten Modellgebiet ergeben sich dadurch, daß das Gebiet nicht in ein orthogonales Raster unterteilt werden muß. Mit einem Finite-Elemente-Programm lassen sich geologische Strukturen leichter als mit einem Finite-Differenzen-Programm modellieren. Dies ist auch der Grund, warum bei dem geometrisch komplizierten "Störzonenmodell" ein Finite-Elemente-Programm verwendet wird.

Bei den Modellrändern werden als Parametervariationen Wasserzuflüsse in die tiefen Wasserleiter Oberer Muschelkalk und Rhät durch den Süd- und Ostrand des Modells sowie ein Wasseraustausch im Quartär, im Emscher-Mergel und in den Plänerkalken über den Westrand im Abstromgebiet der Fuhse untersucht.

Obwohl auch das "Schichtenmodell" Störungen geometrisch berücksichtigt, wird mit dem "Störzonenmodell" der Einfluß von Störungen und Störzonen auf die großräumige Grundwasserbewegung detaillierter behandelt. Die modellierten Störungen und Störzonen sind in Kapitel 3.1.10.3 aufgeführt und in Abbildung 3.1.10.4/3 dargestellt. Zu ihnen gehören der Konrad-Graben (c), die Immendorfer-Störung (a), eine entlang der Flanke der Salzstöcke Broistedt, Vechelde und Rolfsbüttel angenommene Störzone ( $b_p$ ), die Überschiebung von Meine (e) und die Vergitterungszonen (#) des Konrad-Grabens mit den Störzonen a und  $b_p$ . Ferner geht eine angenommene Verwitterungszone im Bereich des Ausbisses des Oxford an der Transgres-



sionsfläche der Unterkreide als Störzone (g) in das Modell ein. Im Gegensatz zum "Schichtenmodell" wird die Unterkreide in zwei Bereiche unterteilt. Den oberen Teil bildet das Alb, den unteren Teil die Schichtenfolge von Apt, Barrême und Hauterive. Im folgenden wird bei der Behandlung des "Störzonenmodells" die Schichtenfolge Apt, Barrême und Hauterive als Unterkreide bezeichnet.

Der Großteil der Störungen und Störzonen und ein Teil der Salzstockflanken werden entsprechend ihrem tatsächlichen Einfallen als geneigte Flächen modelliert. Eine vereinfachte Darstellung als vertikale Struktur wird dort gewählt, wo eine dadurch verursachte Verfälschung der Resultate ausgeschlossen werden kann.

Das Grubengebäude wird als dreidimensionaler Körper mit homogener, stark erhöhter hydraulischer Durchlässigkeit modelliert, dessen Umriß ebenfalls in Abbildung 3.1.10.4/3 dargestellt ist. Die Mächtigkeit wird mit 70 m angesetzt. Zusätzlich zu diesem Körper, der die Einhüllende des Grubengebäudes nach dem Auffahren der Einlagerungsfelder bildet, werden die nach Norden aus dem Grubengebäude herausführende Strecke durch ein horizontales eindimensionales Element und vier kurze, in das Liegende (Dogger) reichende Strecken durch vertikale eindimensionale Elemente an der Stelle des Schachtes Konrad 2 dargestellt. Im Modell reichen die letzteren bis zur Basis des Dogger, wodurch ihr hydraulischer Einfluß überbetont wird.

Zur Berechnung der Grundwasserbewegung wird das Modellgebiet in einzelne Elemente unterteilt, die hinsichtlich ihrer hydraulischen Eigenschaften als homogen betrachtet werden. Die Elemente sind in Elementsäulen angeordnet. Ausgehend von den beiden zweidimensionalen, topologisch identischen Elementnetzen für die Modelloberfläche und



den Modellboden wird aus jedem Element des Oberflächennetzes durch die Verbindung mit dem entsprechenden Element des Modellbodennetzes eine Elementsäule gebildet. Diese wird anschließend unter Berücksichtigung der benachbarten, bereits erstellten Säulen und der hydrogeologisch-geometrischen Anforderungen in einzelne Elemente unterteilt.

Je feiner die Diskretisierung ist, um so besser kann die Geometrie des hydrogeologischen Modells nachgebildet werden. Die Diskretisierung wird daher an jenen Stellen verfeinert, die hydraulisch von Bedeutung sind oder eine komplexe Geometrie aufweisen. Dies trifft im Modellgebiet insbesondere auf die weitere Umgebung des Grubengebäudes und des Konrad-Grabens sowie auf die Flanke des Salzgitter-Höhenzugs zu.

Das erzeugte Oberflächennetz mit sämtlichen auf die Oberfläche projizierten Begrenzungen der vorgegebenen Störungen und Störzonen sowie dem Grubengebäude und den Salzstöcken ist in Abbildung 3.1.10.4/3 dargestellt.

Im allgemeinen wird jede hydrogeologische Schichteinheit durch eine Elementlage dargestellt. Eine Ausnahme ist das Oxford, das im Bereich des Grubengebäudes durch drei Lagen nachgebildet wird. Topologische Gründe (z. B. in der Umgebung von Störungen) machen zudem lokal Zwischenlagen erforderlich. Die Festlegung der Ober- und Untergrenze von Schichteinheiten, die bei der Unterteilung der Elementsäulen erfolgt, basiert auf Tiefenlinienplänen der Schichteinheiten.

Das Modell hat eine maximale Breite in Ost-West-Richtung von 13,6 km, eine maximale Gesamtlänge in Nord-Süd-Richtung von 45,6 km und eine vertikale Ausdehnung bis 3,1 km. Das Elementnetz enthält je 560 Oberflächen- und Modellbodenelemente und bis zu 24 Elementschichten. Es umfaßt rund 6 000 Elemente und 21 000 Knoten.

Der vertikale Aufbau des Modells ist in Abbildung 3.1.10.4/4 dargestellt. Sie zeigt einen Süd-Nord-Schnitt vom südlichen Modellrand (westlich des Salzstocks Flachstöckheim) durch das Grubengebäude bis ca. 2,5 km südlich der Überschiebung von Meine. Die verschiedenen hydrogeologischen Schichteinheiten sind durch verschiedene Farben, die Grenzen der Störzonen durch durchgehende schwarze Linien innerhalb der gleichen Schichteinheit gekennzeichnet. Da der Schnitt Elementgrenzen folgt und damit nicht eben ist, wird eine Projektion dargestellt, wodurch in der Abbildung eine Überlappung von Schichteinheiten an der Modellbasis unter dem Grubengebäude entsteht.

Die Charakterisierung einer hydrogeologischen Schichteinheit erfolgt durch die Angabe des Durchlässigkeitsbeiwertes und der effektiven Porosität. Während im "Schichtenmodell" alle Schichteinheiten als isotrop angenommen sind, werden im "Störzonenmodell" die Tonsteine des Keuper, des Lias und des Dogger anisotrop modelliert. Die Durchlässigkeit der isotropen Schichten wird durch einen, jene der anisotropen Schichten durch zwei  $k_f$ -Werte angegeben. Sie bezeichnen die Durchlässigkeit parallel und senkrecht zur Schichtung. Im Modell werden die Durchlässigkeitstensoren für die entsprechenden Elemente aufgrund der mittleren räumlichen Orientierung der Elemente berechnet. Die Durchlässigkeit in den Störzonen wird durch einen Faktor festgelegt, mit dem der oder die  $k_f$ -Werte jeder hydrogeologischen Schichteinheit (mit Ausnahme von Alb, Hilssandstein und Rhät) innerhalb der Störzone zu multiplizieren sind (Tab. 3.1.10.3/3).

Die Randbedingungen an den seitlichen Begrenzungen des Modells und am Modellboden sind durch die Annahme von meistens undurchlässigen Rändern festgelegt. Überall dort, wo ein Wasseraustausch über die Modellgrenze mög-



lich ist, sind die Druckspiegelhöhe (hydraulisches Potential) oder der Wasserfluß festgelegt. Im vorliegenden Modell trifft dies vor allem auf die Modelloberfläche zu. Diese entspricht in den Gebieten mit Quartärbedeckung dem Grundwasserspiegel, wie er aus dem Grundwasserhöhengleichenplan (Kap. 3.1.9.6) hervorgeht. In den Abschnitten mit anstehendem Festgestein, z. B. Salzgitter-Höhenzug, entspricht sie der Erdoberfläche. Als Randbedingung wird dann die Druckspiegelhöhe der Geländehöhe gleichgesetzt.

An den Rändern des Modells mit vorgegebenen Druckspiegelhöhen sind stationäre Drücke angenommen worden. Für den Teil der westlichen vertikalen Begrenzungsfläche zwischen dem Salzstock Broistedt und dem Salzgitter-Höhenzug, also im Abstromgebiet der Fuhse, wird ebenfalls ein geschlossener Rand angenommen. Um den Einfluß dieser Randbedingung zu ermitteln, wird sie in einem speziellen Rechenfall an dieser Stelle variiert, indem das Potential in den Plänerkalken und im Emscher-Mergel dem Potential im darüberliegenden Quartär gleichgesetzt wird. Diese Bedingung erlaubt einen Wasserfluß durch den Modellrand. Die Modellrechnung ergibt einen geringen Wasserabfluß aus dem Modellrand und zeigt einen äußerst geringen Einfluß dieser Randbedingung auf das Fließverhalten im Modellgebiet.

In zwei Rechenfällen wird der Süd- und Ostrand der tief-  
liegenden Wasserleiter Oberer Muschelkalk und Rhätab-  
schnittsweise als durchlässig angenommen. Als Randbe-  
dingungen werden Wasserzuflüsse in das Modell vorge-  
geben. Damit wird der Einfluß möglicher Infiltrations-  
zonen dieser Wasserleiter außerhalb des Modellgebietes  
auf das Fließsystem innerhalb des Modellgebietes unter-  
sucht.



Ergebnisse\_FEM301

Resultate der Modellrechnungen sind für alle Elementknoten der Druck, angegeben als hydraulisches Potential, und die Komponenten der Filtergeschwindigkeit in den verschiedenen Raumrichtungen. Aus den Ergebnissen lassen sich die Fließwege und, unter Einbeziehung der effektiven Porosität, Abstandsgeschwindigkeiten ermitteln. Die Fließwege beschreiben den Weg, den einzelne Wasserpartikel zurücklegen. Für ausgewählte Elementflächen, z. B. in Schnitten oder für die Einhüllende des Grubengebäudes, werden die Durchflußraten bilanziert.

Wie bereits bei den Modellrechnungen mit SWIFT dargestellt, ist zur Überprüfung eines Grundwassermodells und zur Erfassung sensitiver Parameter die Durchlässigkeit hydrogeologischer Schichteinheiten zu variieren. Dies gilt auch für das "Störzonenmodell", bei dem unter diesem Gesichtspunkt acht Varianten behandelt werden.

Insgesamt zeigen alle Parametervariationen Ergebnisse, die sich bei einer Veränderung der Parameter auf eine Weise verschieben, die hydrogeologischen Erfahrungen entspricht und durch analytische Vergleichsrechnungen in ihren Grundzügen bestätigt wird. Es wird daher davon ausgegangen, daß das Grundwassermodell in sich widerspruchsfrei ist.

Der Referenzfall des "Störzonenmodells" sowie die Varianten 1 und 2 des "Schichtenmodells" werden im folgenden detaillierter beschrieben, weil sie im Gegensatz zu den anderen Parametervariationen signifikante Auswirkungen auf die Fließwege haben.

Der Referenzfall des "Störzonenmodells" wird charakterisiert durch die in Tabelle 3.1.10.3/2 aufgeführten Durchlässigkeitsbeiwerte der hydrogeologischen Schichteinheiten sowie die Multiplikationsfaktoren der Durch-

lässigkeitsbeiwerte im Bereich von Störzonen (Tab. 3.1.10.3/3).

Die wichtigsten Zuflüsse in das Modellgebiet erfolgen über die Grundwasserleiter Oberer Muschelkalk, Rhät und Hilssandstein am Salzgitter-Höhenzug. Die berechnete Grundwasserneubildungsrate in der Ausbißfläche des Rhät ergibt im Vergleich mit dem mittleren Jahresniederschlag plausible Werte, während jene des Oberen Muschelkalk hohe und jene des Hilssandstein sehr hohe Werte annehmen. Aus diesem Grund wird bei einer Parametervariation der  $k_f$ -Wert des Hilssandsteins reduziert. Durch diese Reduktion ergibt sich an der Ausbißfläche des Hilssandsteines eine Grundwasserneubildungsrate, die zwar noch hoch ist, aber im Bereich realistischer Werte liegt. Der Wasserfluß durch die Grube und die Wasserfließwege werden bei dieser Parametervariation gegenüber dem Referenzfall nur unwesentlich verändert.

Südlich des Konrad-Grabens, nahe der südlichen Verbreitungsgrenze von Oxford und "Cornbrash"-Sandstein, weisen die Wasserleiter Oberer Muschelkalk, Rhät und Hilssandstein bedeutend höhere Potentiale auf als Oxford und "Cornbrash"-Sandstein. Das Oxford erhält im wesentlichen Zuflüsse durch die Unterkreide aus dem Hilssandstein, während der "Cornbrash"-Sandstein sowohl durch die Tonsteine des Dogger aus dem Rhät als auch durch die Unterkreide aus dem Hilssandstein Zuflüsse erfährt.

Da in seinem südlichsten Verbreitungsbereich der "Cornbrash"-Sandstein ein etwas höheres Potential als das Oxford aufweist, wird das Oxford zusätzlich durch Wasserzuflüsse aus dem Dogger gespeist.

Im Bereich des Grubengebäudes weist der "Cornbrash"-Sandstein, bedingt durch die teilweise Verstellung des Rhät am Bleckenstedter Sprung, ungefähr das gleiche Potential auf wie das Oxford. Nördlich der Grube bis in



die Gegend von Meine stellt das Oxford den Wasserleiter mit dem höchsten Potential dar. Die Abflußrichtung verläuft generell von Süden nach Norden. Sie variiert örtlich entsprechend der Transmissivität der Grundwasserleiter.

Der Durchfluß durch das Grubengebäude beträgt im Referenzfall ca.  $630 \text{ m}^3/\text{a}$  (Tab. 3.1.10.4/2).

Da das Schichtpaket Oxford/Kimmeridge gegenüber den Wasserstauern im Liegenden und Hangenden eine wesentlich höhere Durchlässigkeit aufweist, ist das Potentialgefälle in diesen Schichten äußerst flach. Dieser Umstand wird zusätzlich durch die im Konrad-Graben erhöhte Durchlässigkeit und den Einfluß des hochdurchlässigen, ausgedehnten Grubengebäudes verstärkt. Der Wasserfluß durch das Grubengebäude wird wesentlich von der Durchlässigkeit des Deckgebirges bestimmt.

Das durch das Grubengebäude strömende Wasser tritt in das Oxford ein. Da das Oxford das höchste Potential aufweist und im Hangenden und Liegenden von Wasserstauern eingefaßt wird, fließt das Wasser in ihm nach Norden ab. Das Oxford verliert nach oben und nach unten Wasser; nach oben durch die Deckgebirgsschichten von Kimmeridge, Unterkreide, Alb und Plänerkalke in das Quartär, nach unten durch die Doggertonsteine in den "Cornbrash"-Sandstein und in einzelnen Parametervariationen weiter durch die Liastonsteine in das Rhät.

Dadurch ist eine Unterteilung in zwei große Gruppen von Ausbreitungswegen je nach Wasserleiter, in dem ein signifikanter Horizontalverlauf erfolgt, gegeben. Ein Teil der Ausbreitungswege der ersten Gruppe verbleibt nur eine kurze Strecke im Oxford und steigt bereits in der Umgebung der Grube steil an die Modelloberfläche auf. Ein Aufstieg von Oxford-Wasser durch die Deckgebirgs-



schichten kann jedoch erst nördlich des Verbreitungsgebietes des Hilssandstein vorkommen, da dieser ein höheres Potential aufweist als das Oxford.

Fließwegberechnungen mit Startpunkten von Wasserteilchen im Grubengebäude dienen zur Ermittlung potentieller Fließwege und zur Berechnung der Fließzeiten und Fließgeschwindigkeiten. Die Potentialverteilung im Oxford, im darüberliegenden Kimmeridge und zum Teil auch im darunterliegenden Dogger ist äußerst flach. Diese Umstände bewirken, daß der Verlauf der Fließwege aus dem Grubengebäude selbst innerhalb einer Modellvariante je nach Startpunkt sehr unterschiedlich sein kann. Aus diesem Grund werden die Fließwege für eine größere Anzahl von Startpunkten, die über das Grubengebäude verteilt sind, berechnet. Die Fließwegberechnungen zeigen die möglichen Ausbreitungswege mit den zugehörigen Freisetzungsbereichen und liefern die Bandbreiten der entsprechenden Wasserfließzeiten.

Die Ergebnisse der Fließwegberechnungen des Referenzfalles des "Störzonenmodells" sind in drei Abbildungen dargestellt: Abbildung 3.1.10.4/5 stellt den Verlauf der Fließwege im Grundriß dar, Abbildung 3.1.10.4/6 im Seitenriß, in Abbildung 3.1.10.4/7 ist für jeden Fließweg die Fließdistanz gegen die Fließzeit (kumuliert längs des Fließweges) aufgetragen. Die Farbe der Fließwege zeigt an, in welchen Schichteneinheiten der Fließweg verläuft; die Zuordnung zu den einzelnen Schichteneinheiten geht aus der Balkendarstellung im oberen Teil der Abbildungen hervor. Die Zahlen an den Fließwegen bezeichnen die Startpunkte der Wasserteilchen innerhalb des modellierten Grubengebäudes.

Im Referenzfall enden von 19 Fließwegen fünf in geringer Entfernung vom Grubengebäude (Zone A, Umgebung Grube, Abb. 3.1.10.4/8), zwei in der nördlichen Umgebung der Grube bis Meine, jedoch außerhalb des Salzstockrandes

(Zone C), zwei im Gebiet des Salzstockrandes Broistedt-Rolfsbüttel und des Modellrandes bis Gifhorn (Zone D), sowie zehn im Gebiet Meine-Calberlah-Gifhorn (Zone E). Von 19 Fließwegen konnten neun bis an die Oberfläche verfolgt werden (Austritt in das Quartär). Eine Stromlinie tritt im "Cornbrash"-Sandstein aus dem Westrand des Modells nördlich des Salzstocks Rolfsbüttel aus. Die restlichen neun im Modellgebiet verbleibenden Fließwege wurden bei Fließzeiten über 1 Mio. Jahre aus numerischen Gründen abgebrochen, jedoch stellen sie bis zum Abbruchpunkt verlässliche Stromlinienverläufe dar und können zur Charakterisierung der Ausbreitungswege herangezogen werden.

Die kürzeste Fließzeit für die neun bis in das Quartär gelangenden Fließwege beträgt 1,3 Mio. Jahre. Die nicht weiter verfolgten Fließwege weisen - mit Ausnahme der einen Stromlinie, die im "Cornbrash"-Sandstein den Westrand des Modells nördlich des Salzstocks Rolfsbüttel erreicht - Laufzeiten bis zum Abbruchpunkt von über 1 Mio. Jahre auf. Es kann angenommen werden, daß sich entlang aller Stromlinien des Referenzfalles Laufzeiten bis in das Quartär von über 1 Mio. Jahre ergeben.

Zur ersten Gruppe der Ausbreitungswege - Aufstieg der Stromlinien nach einem kürzeren oder längeren Fließweg im Oxford und Kimmeridge durch die Deckgebirgsschichten Unterkreide und Alb zur Modelloberfläche - zählen neun Fließwege. Von diesen weisen sechs einen lediglich geringen Horizontalverlauf auf, während drei Fließwege zuerst über längere Strecken im Oxford und Kimmeridge verbleiben.

Zehn Fließwege steigen nach kürzerem oder längerem Verlauf im Oxford durch die Doggertonsteine zum "Cornbrash"-Sandstein ab und verlaufen meist über weite Strecken in diesem Wasserleiter, ehe sie durch die Deck-



schichten zur Oberfläche aufsteigen oder aus dem "Cornbrash"-Sandstein direkt in das Quartär austreten.

Die Verteilung der Stromlinien nach Ausbreitungsweg-Gruppen und Austritts-Orten ist in Tabelle 3.1.10.4/3 zusammengestellt. Tabelle 3.1.10.4/4 enthält die kürzesten Fließzeiten der charakteristischen Ausbreitungswege.

Die Abstandsgeschwindigkeit variiert im Oxford je nach Entfernung zur Grube und Stromlinienverlauf (Störzonen, übriges Modellgebiet) zwischen 0,04 m/a und 0,6 m/a, im "Cornbrash"-Sandstein zwischen 0,1 m/a und 0,5 m/a.

In Variante 1 des "Schichtenmodells", die sich gegenüber dem Referenzfall des "Störzonenmodells" neben der Nichtberücksichtigung der Störzonen durch eine erhöhte Durchlässigkeit des Deckgebirges (Unterkreide und Alb) und der Wasserleiter Oxford, Kimmeridge, "Cornbrash"-Sandstein, Rhät und Oberer Muschelkalk sowie der Wasserstauer Dogger-, Lias- und Keupertonsteine auszeichnet, erreichen 17 Stromlinien das Quartär. Fünf Stromlinien weisen keinen nennenswerten Horizontalverlauf auf (Zone A), elf enden in der Zone C, vier in der Zone D; die Zonen B (Thiede) und E (Meine-Calberlah) werden von keiner Stromlinie erreicht. Mit Ausnahme einer Stromlinie, die dem Rand des Salzstocks Broistedt folgt und in der Gegend von Gifhorn austritt, enden sämtliche Stromlinien südlich der Störzone von Meine.

Die gegenüber dem Referenzfall des "Störzonenmodells" um zwei Größenordnungen erhöhte Durchlässigkeit des Alb und die größere Durchlässigkeit der Unterkreide erleichtert den Aufstieg durch die Deckgebirgsschichten, wie in der Verteilung der Stromlinien auf die Ausbreitungsweg-Gruppen (Verlauf von 17 Stromlinien durch die Deckschichten, Abstieg von drei Fließwegen in den "Corn-



brash"-Sandstein) deutlich zum Ausdruck kommt. Die kürzeste Laufzeit beträgt 330 000 Jahre (Tab. 3.1.10.4/3 und 3.1.10.4/4).

Die Abstandsgeschwindigkeiten betragen im Oxford 0,1 m/a bis 0,4 m/a, im "Cornbrash"-Sandstein 0,7 m/a bis 1,1 m/a.

Gegenüber der Variante 1 des "Schichtenmodells" ist in Variante 2 die Durchlässigkeit von Unterkreide und Alb auf  $1 \cdot 10^{-12}$  m/s herabgesetzt. Der Abfluß durch das Deckgebirge nach oben ist dadurch stark erschwert. Gleichzeitig erleichtert die geringere Durchlässigkeit der Wasserstauer Dogger-, Lias- und Keupertonsteine den Austausch mit den tieferen Wasserleitern.

Es können 15 Stromlinien bis in das Quartär berechnet werden. Nur noch vier Stromlinien treten in den Zonen A, C und D aus. Die meisten Stromlinien (13) enden im Gebiet Meine-Calberlah-Gifhorn (Zone E), während drei Stromlinien in der Gegend von Thiede (Zone B) austreten.

Nur fünf Fließwege steigen nach kürzerem oder längerem Horizontalverlauf im Oxford durch Kimmeridge und Unterkreide direkt zur Modelloberfläche auf, während 15 Stromlinien durch den "Cornbrash"-Sandstein verlaufen und sieben von ihnen sogar zum Rhät absteigen.

Die meisten Stromlinien verlaufen also weit nach Norden und enden in der Gegend von Calberlah. Dabei findet über weite Strecken ein Horizontalverlauf im Oxford statt, ohne daß jedoch Stromlinien auftreten, die zwischen dem Grubengebäude und dem Austritt in das Quartär durchgängig im Oxford verbleiben. Der vorzeitige Übertritt dieser Fließwege in die benachbarten Schichten (unten Doggertonstein, oben Kimmeridge und Unterkreide) läßt sich auf zwei Ursachen zurückführen:

- a) Die Anwesenheit von Störungen und
- b) den Wasserabfluß aus dem Oxford in die begrenzenden Wasserstauer, verursacht durch das tiefere Potential im "Cornbrash"-Sandstein (südlich der Überschiebung von Meine) und in den Deckgebirgsschichten der Unterkreide sowie den Wasserzufluß in das Oxford im nördlichsten Teil des Modellgebietes.

- zu a) Im nördlichen Teil des Abflußgebietes wird das Oxford an drei Störungen so stark versetzt, daß seine Durchgängigkeit teilweise unterbrochen wird:
- durch die Überschiebung von Meine (Störung e),
  - durch die Störung r, ausgehend vom Salzstock Gifhorn und
  - durch den Graben von Gifhorn (Störungen p und q).

Diese Störungen sperren das Oxford auf folgenden Anteilen seines gesamten Aquiferquerschnittes ab:

- Störung e            25 %,
- Störung r            35 % und
- Störung p, q        90 %.

Dadurch verliert das Oxford nördlich der Überschiebung von Meine seine Rolle als Wasserleiter mit dem höchsten Potential.

- zu b) Das Oxford weist in Variante 2 des "Schichtenmodells" durchweg ein höheres Potential auf als das darüberliegende Kimmeridge, während gegenüber den Wasserstauern des Dogger im Liegenden nur im südlichen Abschnitt ein Überdruck herrscht. Für das Oxford bedeutet dies, daß ein geringer Abfluß nach oben im gesamten Modellbereich, nach unten nur im südlichen Abschnitt erfolgt, während nördlich der Überschiebung von Meine Wasser von unten zufließt.



Werden diese Zu- und Abflüsse mit den schichtparallelen Durchflüssen und dem Durchfluß durch das Grubengebäude in Beziehung gesetzt, so ergibt sich am Beispiel der Variante 2 des "Schichtenmodells" folgende Bilanz: Der Durchfluß durch das Grubengebäude beläuft sich auf ca. 1 050 m<sup>3</sup>/a. Der horizontale Durchfluß im Oxford durch den West-Ost-Schnitt am Nordrand des Konrad-Grabens beträgt rund 3 450 m<sup>3</sup>/a, und an der Austrittsfläche bei Calberlah exfiltrieren rund 1 100 m<sup>3</sup>/a. Demgegenüber beträgt der vertikale Zufluß von unten in das Oxford im Gebiet nördlich der Überschiebung von Meine ca. 1 400 m<sup>3</sup>/a.

Tabelle 3.1.10.4/4 enthält eine Zusammenstellung der kürzesten Fließzeiten für die charakteristischen Ausbreitungswege des Referenzfalls des "Störzonenmodells" sowie entsprechende Angaben für die Varianten 1 und 2 des "Schichtenmodells".

Aus den Tabellen 3.1.10.4/3 und 3.1.10.4/4 geht hervor, daß 60 % der betrachteten Fließwege der Variante 1 des "Schichtenmodells" Laufzeiten von weniger als 1 Mio. Jahre aufweisen; die kürzeste Laufzeit beträgt 330 000 Jahre. Insgesamt weisen von allen Varianten des "Störzonenmodells" lediglich zwei Varianten zwei bzw. einen Fließweg mit Laufzeiten unter 1 Mio. Jahre auf, wobei die minimale Laufzeit mit 720 000 Jahren um mehr als das Doppelte höher ist als die minimale Laufzeit von Variante 1 des "Schichtenmodells".

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, daß das "Schichtenmodell" gegenüber dem "Störzonenmodell" zu kürzeren Wasserlaufzeiten führt. Die von SWIFT und FEM301 erzielten Resultate zum "Schichtenmodell" zeigen bezüglich der Ausbreitungswege für die betrachteten zwei Varianten eine gute Übereinstimmung. Bei der Bestimmung der Fließ-



zeiten gilt dies nur für Variante 1, bei der die von SWIFT und von FEM301 berechneten kürzesten Fließzeiten in der gleichen Größenordnung liegen. Für Variante 2 ergeben sich mit FEM301 gegenüber SWIFT erheblich längere Wasserlaufzeiten. Eine Begründung dafür sind die angesprochenen Störungen, die zu Verschiebungen innerhalb des Oxford führen, in Verbindung mit den für SWIFT und FEM301 durchgeführten Diskretisierungen. Da die SWIFT-Ergebnisse zum "Schichtenmodell" insgesamt die kürzesten Wasserlaufzeiten für die wesentlichen Ausbreitungswege ergeben, bilden diese Modellrechnungen die Grundlage für die Betrachtungen zur Langzeitsicherheit (Kap. 3.9).

| Rechenfall                        | Durchfluß durch das Grubengebäude in m <sup>3</sup> /a |
|-----------------------------------|--|
| "Störzonenmodell"<br>Referenzfall | 630  |
| "Schichtenmodell"<br>Variante 1   | 2 840  |
| Variante 2                        | 1 050  |

Tabelle            Durchfluß durch das Grubengebäude  
3.1.10.4/2

| Rechenfall                     | Anzahl der Stromlinien mit Laufzeiten |           | Ausbreitungswege durch          |                                 | Anzahl der Stromlinien mit Endpunkten in |   |    |   |    |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|--|---|----|---|----|
|                                | ≤ 1 Mio.a                             | > 1 Mio.a | Oxford und Deckgebirgsschichten | Oxford und tiefere Wasserleiter | A  | B | C  | D | E  |
| "Störzonenmodell" Referenzfall | 1 (0,38*)                             | 18        | 9                               | 10                              | 5  | - | 2  | 2 | 10 |
| "Schichtenmodell" Variante 1   | 12                                    | 8         | 17                              | 3                               | 5  | - | 11 | 4 | -  |
| Variante 2                     |                                       | 20        | 5                               | 15                              | 1  | 3 | 3  | - | 13 |

## Bemerkungen:

\* Austritt im "Cornbrash"-Sandstein am westlichem Modellrand

A: Umgebung Grube

B: Thiede

C: Nördliche Umgebung Grube bis Meine (ohne Rand entlang der Salzstöcke Broistedt und Rolfsbüttel)

D: Rand entlang der Salzstöcke Broistedt und Rolfsbüttel und Modellrand bis Gifhorn

E: Meine-Calberlah-Gifhorn

Tabelle Laufzeiten, Fließwege und Austritts-Orte  
3.1.10.4/3

|                                | Fließzeiten                                 |  |                             |  |   |
|--------------------------------|---|--|-----------------------------|--|---|
|                                | Ausbreitungsweg durch Deckgebirgsschichten  |  |                             | Ausbreitungsweg durch die tiefen Wasserleiter, z. T. Aufstieg durch Deckgebirgsschichten |   |
|                                | Steller Aufstieg durch Deckgebirgsschichten | Oxford-Kimmeridge-Deckgebirgsschichten | Oxford-Deckgebirgsschichten | Oxford-"Cornbrash"-Sandstein   | Oxford-"Cornbrash"-Sandstein - Rhät-"Cornbrash"-Sandstein |
|                                | in Mio. a                                   | in Mio. a                              | in Mio. a                   | in Mio. a  | in Mio. a   |
| "Störzonenmodell" Referenzfall | 1,3   | 1,3                                    | -                           | 5,0 (0,38*)  | -   |
| "Schichtenmodell" Variante 1   | 0,33  | 0,98                                   | 0,47                        | 2,5  | -   |
| Variante 2                     | 38,8  | 6,3                                    | -                           | 7,0  | 19,6  |

## Bemerkung:

\* Stromlinie verläßt westlichen Modellrand im "Cornbrash"-Sandstein

Tabelle Minimale Fließzeiten in den charakteristischen Ausbreitungswegen  
3.1.10.4/4

Literaturverzeichnis

- /1/ BEAR, J.: Dynamics of Fluids in Porous Media. American Elsevier Publishing Company, Inc., New York 1972.
- /2/ LONG, J. C. S.; REMER, J. S.; WILSON, C. R.; WITHERSPOON, P. A.: Porous Media Equivalents for Networks of Discontinuous Fractures - Water Resourc. Research, 18 (1982), 3, S. 645-658.
- /3/ LONG, J. C. S.: Investigation of Equivalent Porous Medium Permeability in Networks of Discontinuous Fractures - Ph. D. Thesis, University of California, Berkeley, 1983
- /4/ INTERA ENVIRONMENTAL CONSULTANTS, INC.: Simulator for Waste Injection Flow and Transport. User's Manual for SWIFT, Version TUB/PTC 3.82 März 1986.
- /5/ KIRALY, L.: FEM301 - A Three Dimensional Model for Groundwater Flow Simulation. NAGRA, Technical Report 84-49, Baden/Switzerland, 1985
- /6/ INTRACON: International Nuclide Transport Code Intercomparison Study. Final Report Level 1 - Code Verification, SKI-Report 84:3. Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm 1984.
- /7/ INTRACON: International Nuclide Transport Code Intercomparison Study, Final Report Levels 2 and 3 - Model Validation and Uncertainty Analysis, SKI-Report 86:2. Swedish Nuclear Power Inspectorate, Stockholm 1986.
- /8/ HYDROCON: Progress Report 1 to 6. - Swedish Nuclear Power Inspectorate (SKI), Stockholm, 1985-1988

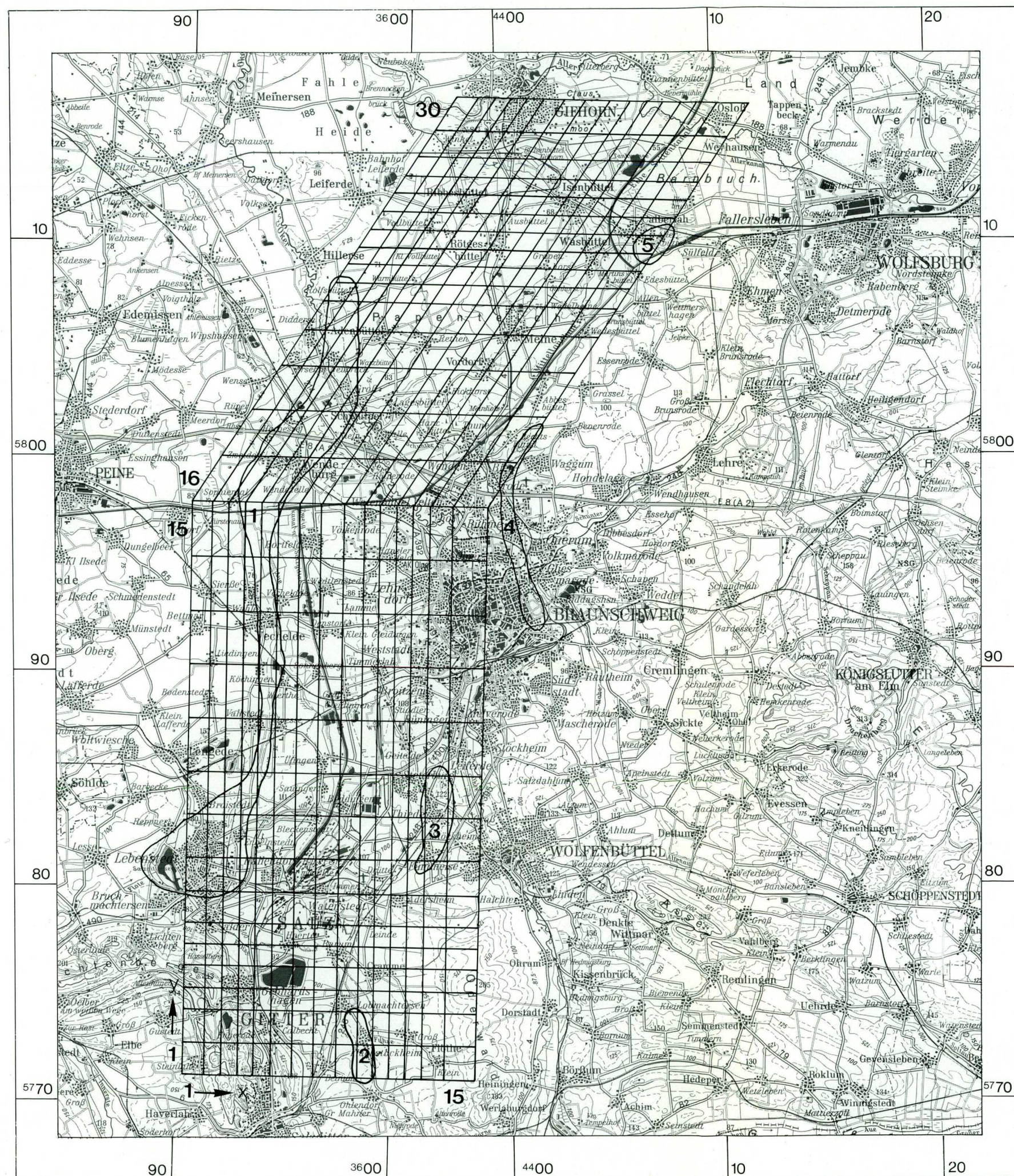


/9/ PROJEKT SICHERHEITSSTUDIEN ENTSORGUNG (PSE): Abschlußbericht, Fachband 18. Hrsg.: Projektleitung PSE, Berlin Januar 1985.

/10/ The International HYDROCOIN Project. Level 1: Code Verification. - Nuclear Energy Agency (NEA), OECD, Paris, 1988







Kartengrundlage: Topographische Übersichtskarte 1:200 000, CC 3926 (1980)  
Herausgegeben vom Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt a.M.  
Vervielfältigt mit Erlaubnis des Niedersächs. Landesverwaltungsamtes  
- Landesvermessung - B4 - 262/85

0 5 10 15 20 km

Salzstock

- 1 Broistedt-Wendeburg-Rolfsbüttel
- 2 Flachstockheim
- 3 Thiede
- 4 Bechtsbüttel
- 5 Calberlah

Abbildung 3.1.10.4/1: Lage und horizontale Unterteilung des mit SWIFT berechneten Modellgebietes



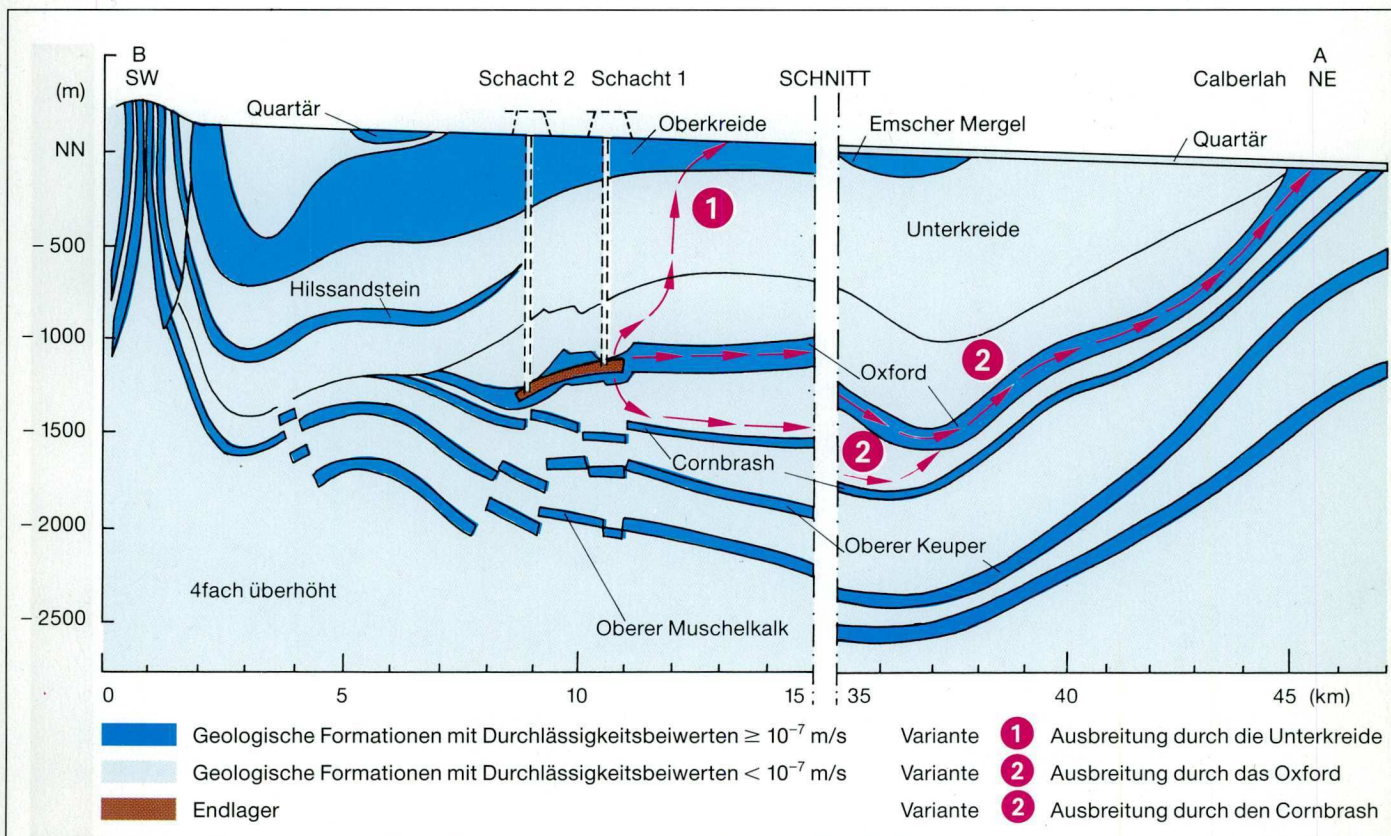
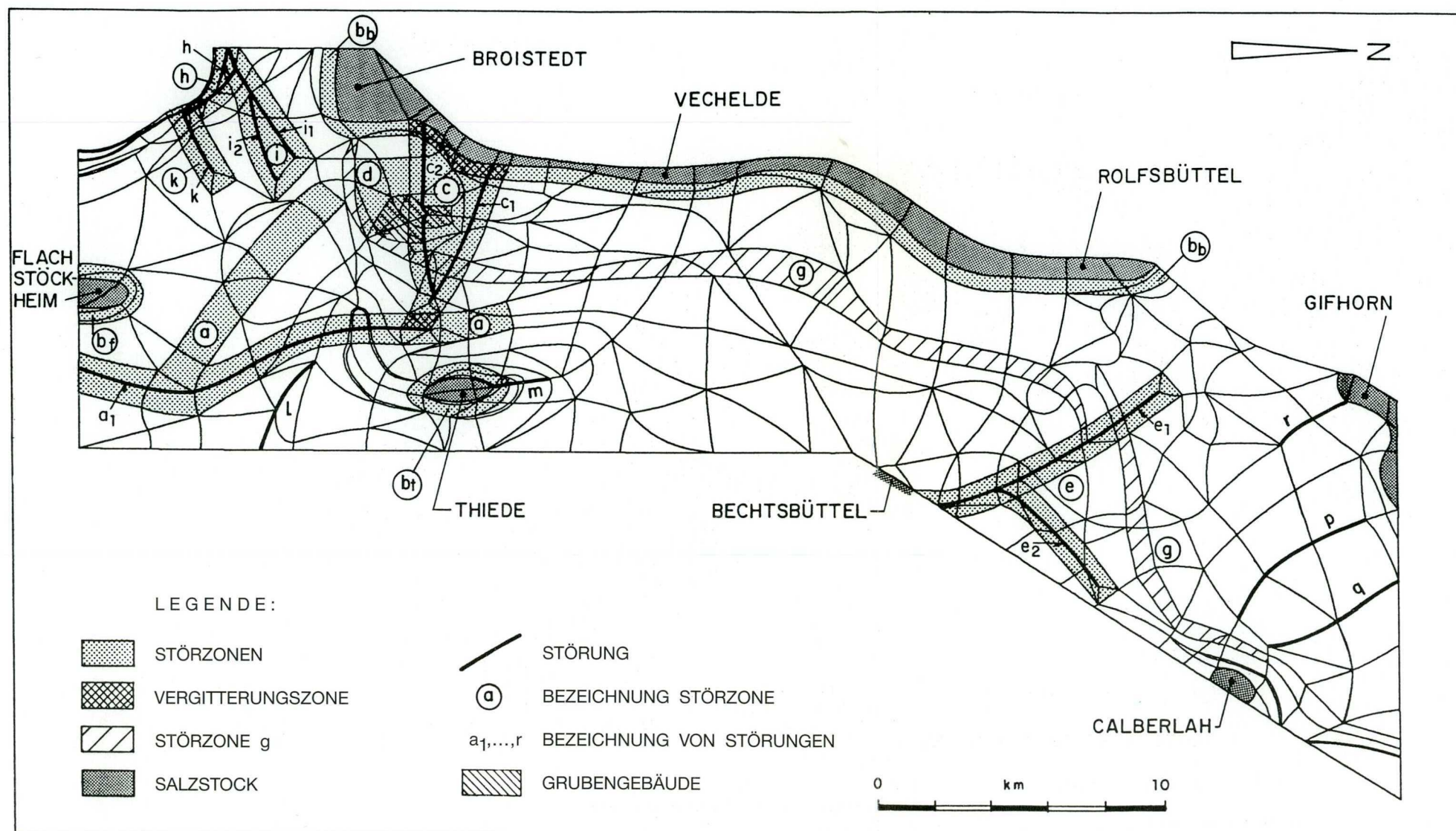


Abbildung 3.1.10.4/2: Stromlinien vom Grubengebäude zur Oberfläche für Variante 1 und 2 (SWIFT-Modell)



- a Immendorfer Störung  
 b<sub>D</sub> Salzstockflanke Broistedt-Vechelde-Rolfsbüttel  
 b<sub>T</sub> Salzstockflanke Thiede  
 b<sub>F</sub> Salzstockflanke Flachstockheim  
 c Konrad-Graben

- d Störungen südlich des Konrad-Grabens  
 e Überschiebung von Meine  
 h Störzone Salzgitter-Höhenzug  
 i, k Störzonen nördlich an die des Salzgitter-Höhenzuges anschließend

Abbildung 3.1.10.4/3: Elementnetz (FEM 301) mit Lage der Störungen und Störzonen, des Grubengebäudes und der Salzstöcke



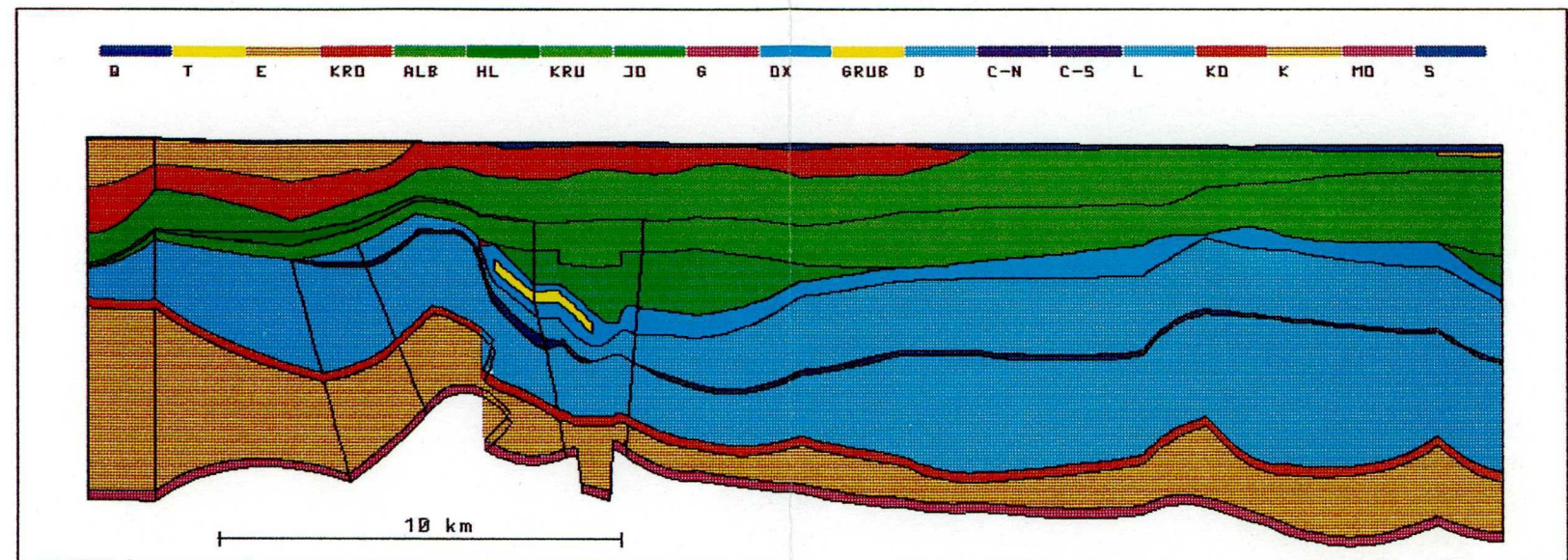


Abbildung 3.1.10.4/4: Modellschnitt (Salzstock Flachstockheim-Grubengebäude-Gebiet südlich von Meine) mit hydro-geologischen Schichteinheiten und Störzonen (4fach überhöht)

|     |                            |      |   |
|-----|----------------------------|------|---|
| Q   | Quartär                    | GRUB | Grubengebäude                                   |
| T   | Tertiär                    | D    | Tonsteine des Dogger                            |
| E   | Emscher-Mergel             | C-N  | »Cornbrash«-Sandstein (nördliches Modellgebiet) |
| KRO | Plänerkalke                | C-S  | »Cornbrash«-Sandstein (südliches Modellgebiet)  |
| ALB | Alb                        | L    | Tonsteine des Lias                              |
| HL  | Hilssandstein              | KO   | Rhät  |
| KRU | Apt, Barrême, Hauterive    | K    | Tonsteine des Keuper                            |
| JO  | Kimmeridge                 | MO   | Oberer Muschelkalk                              |
| G   | Störzone Verwitterungszone | S    | Salzstock                                       |
| OX  | Oxford                     |      |   |



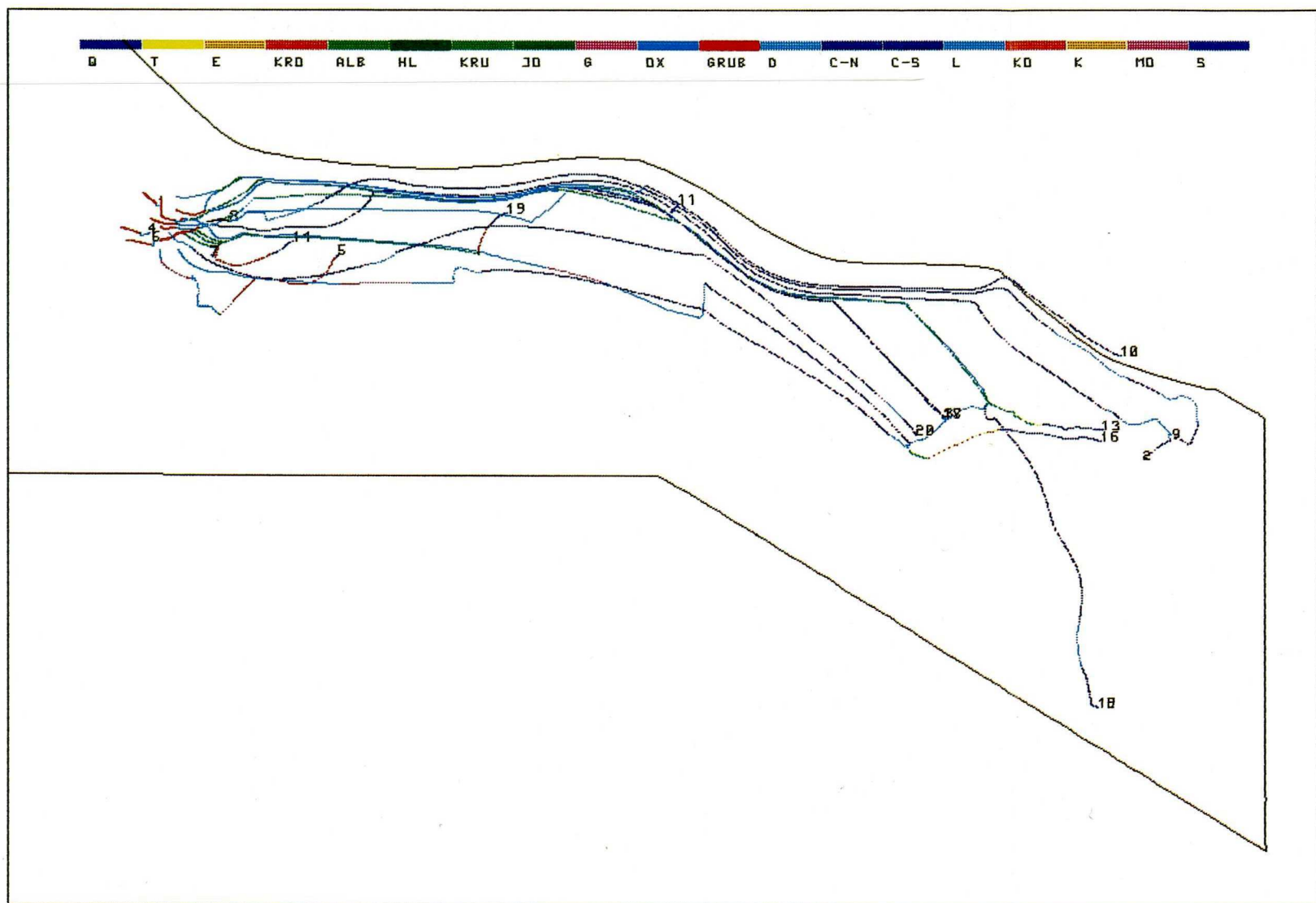


Abbildung 3.1.10.4/5: Referenzfall »Störzonenmodell«: Grundriß der Fließwege

|     |                            |      |   |
|-----|----------------------------|------|---|
| Q   | Quartär                    | GRUB | Grubengebäude                                   |
| T   | Tertiär                    | D    | Tonsteine des Dogger                            |
| E   | Emscher-Mergel             | C-N  | »Cornbrash«-Sandstein (nördliches Modellgebiet) |
| KRO | Plänerkalke                | C-S  | »Cornbrash«-Sandstein (südliches Modellgebiet)  |
| ALB | Alb                        | L    | Tonsteine des Lias                              |
| HL  | Hilssandstein              | KO   | Rhät  |
| KRU | Apt, Barrême, Hauterive    | K    | Tonsteine des Keuper                            |
| JO  | Kimmeridge                 | MO   | Oberer Muschelkalk                              |
| G   | Störzone Verwitterungszone | S    | Salzstock                                       |
| OX  | Oxford                     |      |   |

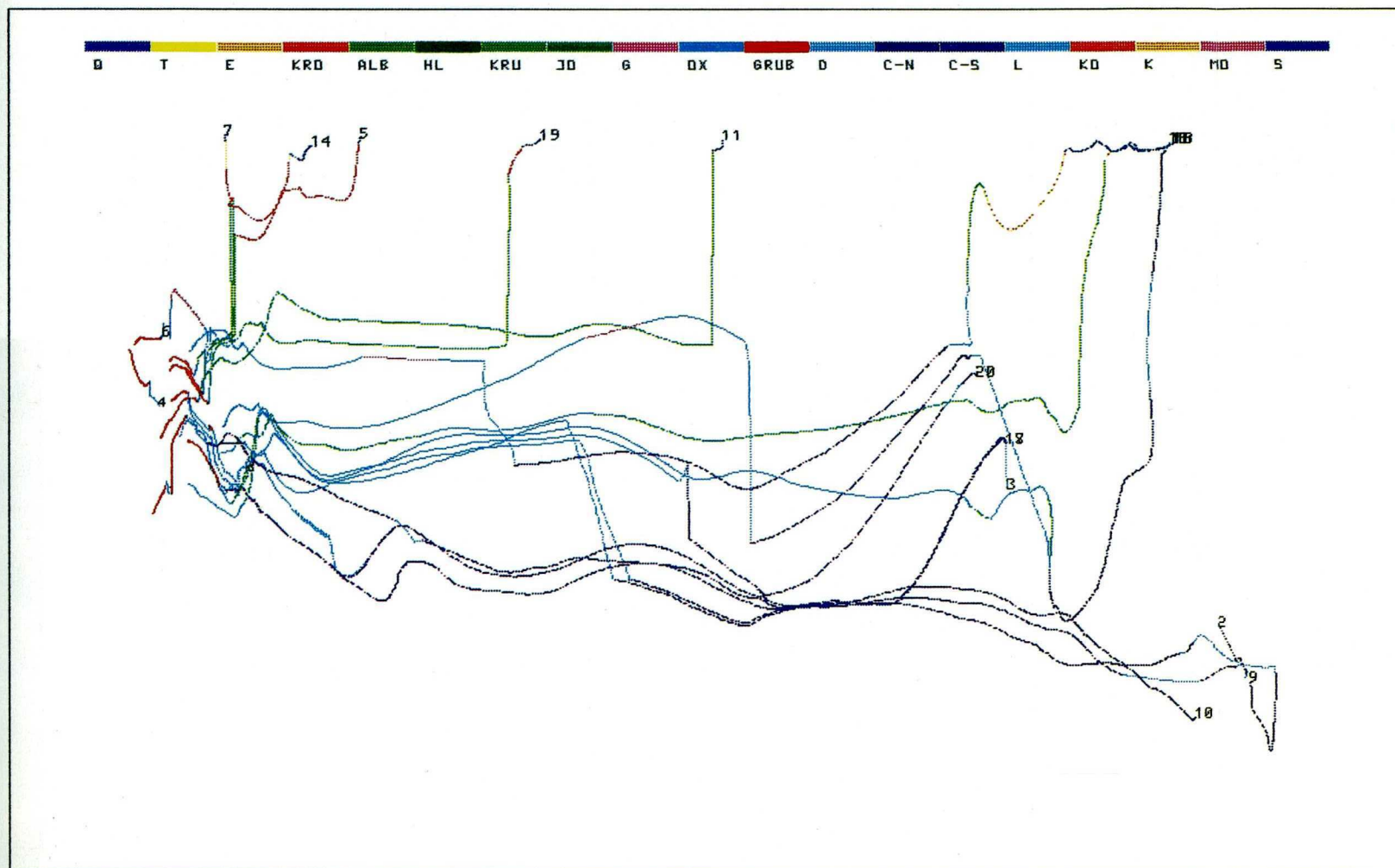


Abbildung 3.1.10.4/6: Referenzfall »Störzonenmodell«: Seitenriß der Fließwege (8fach überhöht)

|     |                            |      |   |
|-----|----------------------------|------|---|
| Q   | Quartär                    | GRUB | Grubengebäude                                   |
| T   | Tertiär                    | D    | Tonsteine des Dogger                            |
| E   | Emscher-Mergel             | C-N  | »Cornbrash«-Sandstein (nördliches Modellgebiet) |
| KRO | Plänerkalke                | C-S  | »Cornbrash«-Sandstein (südliches Modellgebiet)  |
| ALB | Alb                        | L    | Tonsteine des Lias                              |
| HL  | Hilssandstein              | KO   | Rhät  |
| KRU | Apt, Barrême, Hauterive    | K    | Tonsteine des Keuper                            |
| JO  | Kimmeridge                 | MO   | Oberer Muschelkalk                              |
| G   | Störzone Verwitterungszone | S    | Salzstock                                       |
| OX  | Oxford                     |      |   |

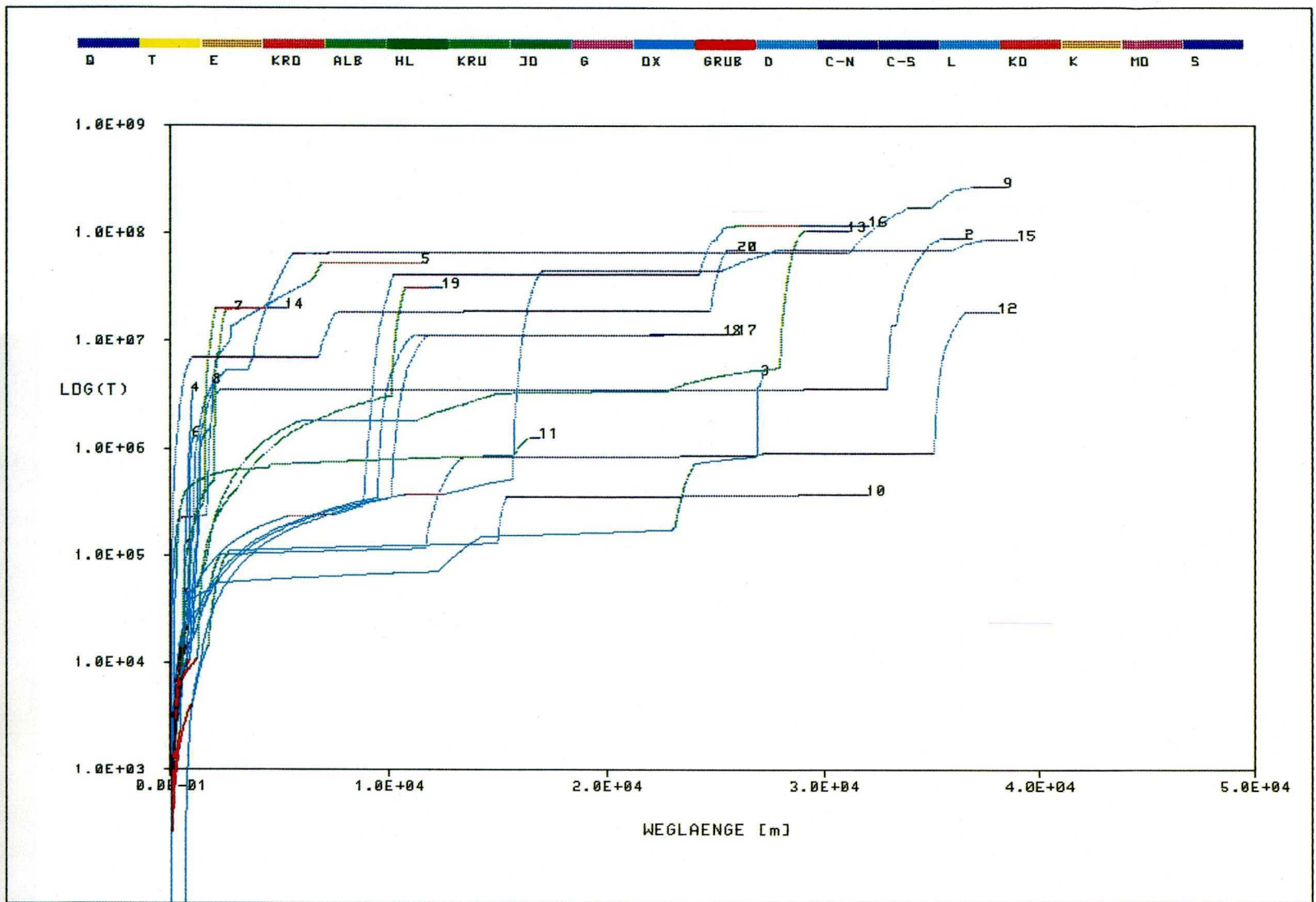


Abbildung 3.1.10.4/7: Referenzfall »Störzonenmodell«: Weg-Zeit-Diagramm der Fließwege

|     |                            |      |   |
|-----|----------------------------|------|---|
| Q   | Quartär                    | GRUB | Grubengebäude                                   |
| T   | Tertiär                    | D    | Tonsteine des Dogger                            |
| E   | Emscher-Mergel             | C-N  | »Cornbrash«-Sandstein (nördliches Modellgebiet) |
| KRO | Plänerkalke                | C-S  | »Cornbrash«-Sandstein (südliches Modellgebiet)  |
| ALB | Alb                        | L    | Tonsteine des Lias                              |
| HL  | Hilssandstein              | KO   | Rhät  |
| KRU | Apt, Barrême, Hauterive    | K    | Tonsteine des Keuper                            |
| JO  | Kimmeridge                 | MO   | Oberer Muschelkalk                              |
| G   | Störzone Verwitterungszone | S    | Salzstock                                       |
| OX  | Oxford                     |      |   |



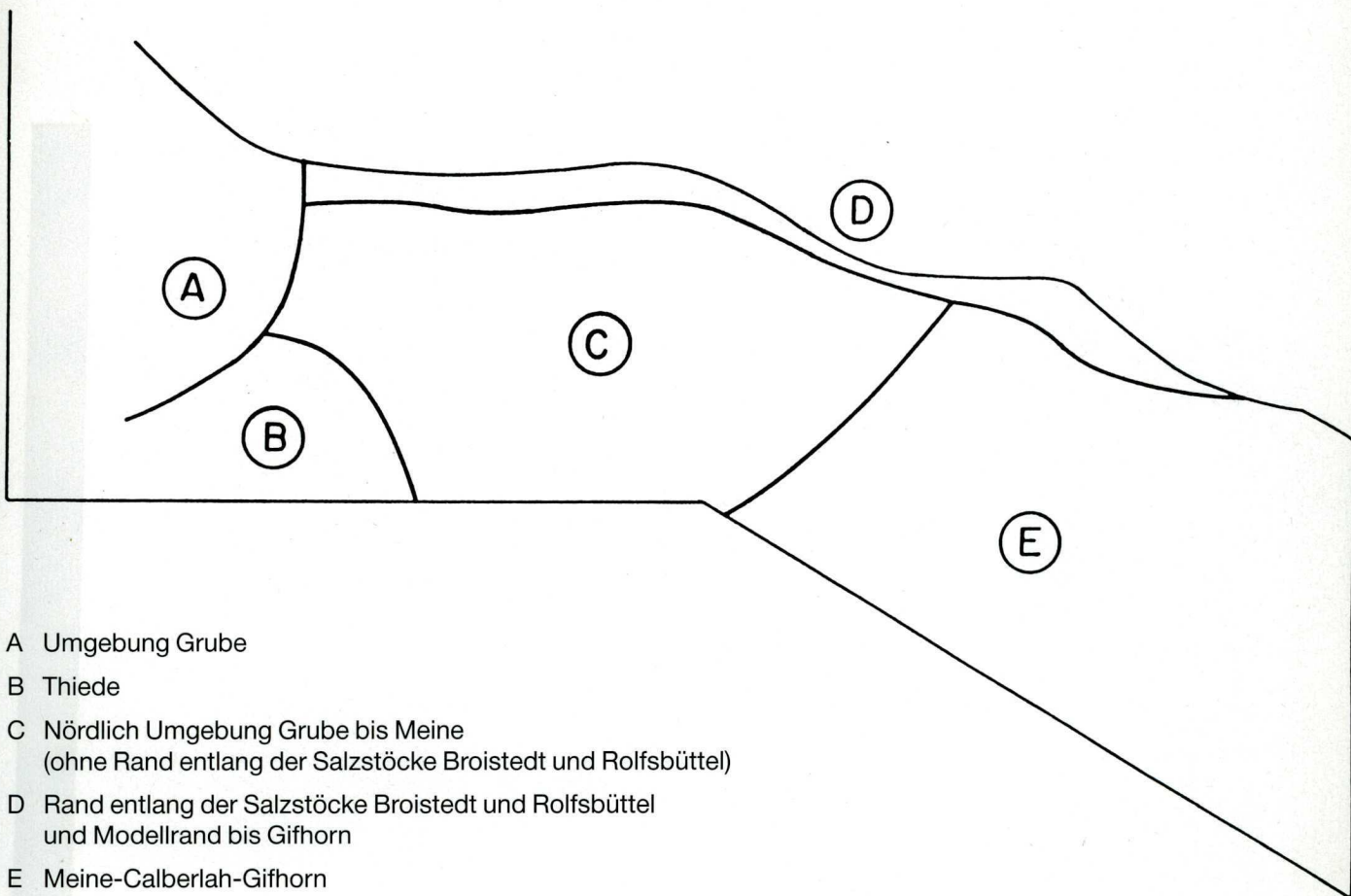


Abbildung 3.1.10.4/8: Gebietseinteilung zur Charakterisierung der Endpunkte der Fließwege im »Störzonenmodell«



## UNTERKAPITEL

### 3.1.10.5 Gebirgsmechanische Bewertung

3.1.10.5.1 Berechnung mit kontinuumsmechanischen Modellen

3.1.10.5.2 Berechnungen mit Hilfe markscheiderischer Modelle

3.1.10.5.3 Gebirgsmechanische Beurteilung der Grube Konrad nach Einrichtung als Endlager





### 3.1.10.5 Gebirgsmechanische Bewertung

Für Aussagen zum Trag- und Verformungsverhalten der Gesamtstruktur der Schachtanlage Konrad werden geeignete Rechenmodelle verwendet. Neben Modellen aus der Bergschadenskunde zur Vorausberechnung über- bzw. untertägiger Bewegungsvorgänge können kontinuumsmechanische Modelle in Verbindung mit den phänomenologischen Ansätzen der Elastizitäts- und Plastizitätstheorie benutzt werden. Dabei müssen die Ergebnisse von Modellrechnungen stets vor dem Hintergrund idealisierender Annahmen zur Beschreibung des anstehenden Gebirges gesehen werden.

### 3.1.10.5.1 Berechnung mit kontinuumsmechanischen Modellen

#### Zielsetzung der Berechnungen mit der Finite-Element-Methode

Die Methode der Finiten Elemente (FEM) /1,2/ ist ein verbreitetes und in der Gebirgsmechanik anerkanntes numerisches Verfahren, das es gestattet, Berechnungen der Beanspruchungen und Verformungen untertägiger Hohlräume und des umgebenden Gebirges vorzunehmen. Modellrechnungen mit Hilfe der Finite-Element-Methode können somit als geeignetes Hilfsmittel angesehen werden, realitätsnahe Aussagen über den Beanspruchungszustand des anstehenden Gebirges im Bereich des derzeit aufgefahrenen Grubengebäudes bis zur Geländeoberfläche zu liefern.

Darüber hinaus erfolgt mit der FEM eine Abschätzung des Einflusses geplanter Einlagerungsfelder auf den Bereich der wichtigsten geologischen Barriere (Unterkreidschichten) hinsichtlich ihrer Integrität in Bezug auf mögliche Bruchzustände im Deckgebirge.

Neben Berechnungen mit großräumigen Modellen wurden solche zur Standsicherheit geplanter Einlagerungsfelder mit einem Kammer-Festen-Verhältnis von 1 : 4 durchgeführt.

#### Untersuchungen zur Ermittlung gebirgsmechanischer Parameter

Neben den in Kapitel 3.1.9.7 beschriebenen in situ-Messmethoden dienen festigkeitsmechanische Laboruntersuchungen sowohl an Gesteinskernen als auch an größeren, aus dem Gebirge geschnittenen Blöcken der Ermittlung von Eingangsparametern für gebirgsmechanische Berechnungen sowie zur Erfassung petrographischer Einheiten gleicher



mechanischer Gesteinseigenschaften. Darüber hinaus werden Laboruntersuchungen zur genaueren Interpretation von in situ-Versuchen (Frac-Versuche, Spannungsmessungen) durchgeführt.

An Kernen aus verschiedenen Orten und Bohrungen innerhalb der Grube, aus den Schächten und der Untersuchungsbohrung Konrad 101 (Abb. 3.1.10.5/1) wurden festigkeitsmechanische Untersuchungen mit unterschiedlichen Versuchsmethoden und -bedingungen durchgeführt. Das Schwergewicht lag auf triaxialen sowie einaxialen Festigkeitsuntersuchungen zur Ermittlung der Materialeigenschaften. Diese Untersuchungen wurden durch Spaltzug-, Torsions- und Scherversuche sowie durch Ultraschallmessungen ergänzt.

In Berechnungsmodellen werden zur Beschreibung der mechanischen Eigenschaften des Gebirges Stoffgesetze benötigt. Die hierfür erforderlichen Stoffparameter werden durch Laboruntersuchungen ermittelt. Das den Berechnungen zugrunde liegende Konzept basiert auf dem Nachbruchverhalten der Gesteine. Eingangsparameter sind Restreibungswinkel ( $\phi_R$ ) und Restkohäsion ( $c_R$ ) sowie der Restverformungsmodul RVM.

Abbildung 3.1.10.5/2 gibt beispielhaft die Meßkurve eines triaxialen Laborversuchs wieder, aus dem die erforderlichen Festigkeitsparameter abgeleitet werden können. In Tabelle 3.1.10.5/1 sind die Ergebnisse zusammengestellt.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß das Nachbruchverhalten der untersuchten Gesteine in guter Näherung durch ein linear elastisch-idealplastisches Stoffgesetz approximiert werden kann.

| Stratigraphie/Petrographie  | Nachbruchfestigkeiten<br>(Streubereiche)  |
|---|---|
| Cenoman/<br>Tonmergel- bis mergeliger Kalkstein   | $c_R = 5.3 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 30.7^\circ$<br>$RVM = 6600 \text{ MPa}$                       |
| Oberalb/<br>Tonmergel- bis Mergelstein  | $c_R = 3.5 - 3.9 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 9.1 - 23.6^\circ$<br>$RVM = 3100 \text{ MPa}$           |
| Mittel-, Unterhalb, Apt/<br>Tonmergel- bis Mergelstein  | $c_R = 1.2 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 22.0^\circ$<br>$RVM = 2350 - 2600 \text{ MPa}$                |
| Barrême/<br>Ton- bis Mergelstein  | $c_R = 0.9 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 25.4^\circ$<br>$RVM = 2500 \text{ MPa}$                       |
| Hauterive/<br>Ton- bis Tonmergelstein   | $c_R = 1.4 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 25.8 - 27.4^\circ$<br>$RVM = 4800 - 5950 \text{ MPa}$         |
| Kimmeridge/<br>Tonmergel- bis Kalkstein   | $c_R = 2.3 - 2.9 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 39.6 - 43.4^\circ$<br>$RVM = 12100 - 15100 \text{ MPa}$ |
| Oxford, Oberer Korallenoolith/<br>Ton- bis Kalkstein  | $c_R = 1.0 - 4.0 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 30.0 - 42.7^\circ$<br>$RVM = 8700 - 17000 \text{ MPa}$  |
| Oxford, Mittlerer Korallenoolith,<br>Zwischenmittel/<br>Tonmergel- bis Kalkstein              | $c_R = 2.1 - 5.3 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 33.2 - 45.9^\circ$<br>$RVM = 6500 - 18100 \text{ MPa}$  |
| Oxford, Mittlerer Korallenoolith,<br>Unteres Lager/<br>Eisenoolith                            | $c_R = 2.8 - 11.8 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 34.5 - 36.9^\circ$<br>$RVM = 9000 - 13600 \text{ MPa}$ |
| Oxford, Unterer Korallenoolith/<br>Tonmergel- bis Kalkstein,<br>Feinsandstein                 | $c_R = 2.3 - 3.5 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 36.2 - 47.7^\circ$<br>$RVM = 9700 - 17200 \text{ MPa}$  |
| Dogger/<br>Ton- bis Kalkmergelstein,<br>Kalk- bis Feinsandstein                               | $c_R = 1.7 - 3.3 \text{ MPa}$<br>$\varphi_R = 25.7 - 41.6^\circ$<br>$RVM = 8100 - 13500 \text{ MPa}$  |
| Legende: $c_R$ = Restkohäsion, $\varphi_R$ = Restreibungswinkel, $RVM$ = Restverformungsmodul |   |

Tabelle 3.1.10.5/1: Überblick über Nachbruchfestigkeiten von unterschiedlichen Gesteinen aus der Schachtanlage Konrad



## Modelluntersuchungen

### Modellbeschreibung der großräumigen Berechnungen

Es werden drei Modellschnitte (ein Nord-Süd-Schnitt und zwei Ost-West-Schnitte) untersucht, deren Lagen die signifikanten Bereiche des Grubengebäudes erfassen (Abb. 3.1.10.5/1). Grundlage für die Modelle sind entsprechende geologische Schnitte (Kap. 3.1.9.2). Die stratigraphischen Horizonte werden zu Modellschichten zusammengefaßt (Abb. 3.1.10.5/3). Exemplarisch wird der Nord-Süd-Schnitt betrachtet. Die geschilderte Vorgehensweise gilt auch für die Ost-West-Schnitte.

Signifikante Störungszonen (Kap. 3.1.9.2) werden im Modell ebenso berücksichtigt, wie die durch die Art der Erzgewinnung zu unterscheidenden Grubenbereiche des Spülversatzfeldes und LHD-Feldes.

Die Modellstruktur beschreibt als Scheibenmodell (ebener Verzerrungszustand) einen Gebirgsausschnitt von 1 300 m Mächtigkeit und einer Längenausdehnung von 4 035 m (Abb. 3.1.10.5/4). Die als Störungszonen aufgefaßten Sprünge haben im Modell eine Breite von rund 50 m und reichen bis zur Unteralbtransgression. Da einzelne Abbaukammern bzw. Strecken nicht diskret in der Modellstruktur berücksichtigt werden, muß die flächenhafte untertägige Abbaugeometrie über Modellelemente von ca. 20 m Höhe und rund 100 m Länge erfaßt werden. Das mechanische Tragverhalten eines räumlichen Systems, bestehend aus Kammern, Strecken und Festen, wird über die mechanischen Eigenschaften der betreffenden Elemente eingearbeitet.

Als entscheidende Einflußgröße für die Erfassung der Abtragwirkung der räumlichen Struktur der Grube und zukünftiger Einlagerungsfelder in die zweidimensionale Modellscheibe wird der mittlere Durchbauungsgrad  $D$



der einzelnen Abbaufelder angesetzt. Die Steifigkeitsminderung der das Grubengebäude abbildenden Elemente erfolgt linear in Abhängigkeit von D. Der mittlere Durchbaungsgrad D ist:

- Bereich des Spülversatzfeldes:  $D \sim 66 \%$
- Bereich des Einlagerungs-  
feldes 6a :  $D \sim 20 \%$
- Bereich des LHD-Feldes :  $D \sim 30 \%$

Einer konservativen Erfassung der Materialparameter des Gesteins in Bezug auf den zu beschreibenden trennflächenbehafteten Gebirgsverband im Modell wird wie folgt Rechnung getragen:

- Festigkeitsbestimmende Parameter des Gesteins ergeben sich aus triaxialen Laboruntersuchungen im Nachbruchbereich. Damit wird die Scherfestigkeit des Modellgebirges an jeder Stelle auf den Scherwiderstand, der in einer Trennfläche herrscht, reduziert (Durchtrennungsgrad nahe 100 %).
- Der Elastizitätsmodul des Gesteins geht als Restverformungsmodul in die Berechnung ein.
- Das Nachbruchverhalten des Modellmaterials wird idealplastisch beschrieben.

Zur Kennzeichnung eines sich im Modell einstellenden Beanspruchungszustandes wird der Wert  $\eta$  definiert, der die maximal mögliche deviatorische Beanspruchung (zweite Invariante des Spannungsdeviators) zur vorhandenen ins Verhältnis setzt. Dabei errechnet sich die maximal mögliche deviatorische Beanspruchung aus der Fließbedingung nach /4/ in Abhängigkeit vom mittleren Spannungszustand (erste Invariante des Spannungstensors)

und den Scherparametern  $\phi_R$  und  $c_R$ . Im Falle des Erreichens der Fließgrenze nimmt  $\eta$  den Wert 1 an (Plastifizierung).

Ergebnisse der numerischen Berechnungen zum Beanspruchungszustand im Nord-Süd-Schnitt

Es wurden drei Zustände untersucht

- Primärzustand unter Berücksichtigung tektonischer Elemente vor Auffahrung des Grubengebäudes,
- Beanspruchungszustand nach Errichtung des Grubengebäudes und
- Beanspruchungszustand nach zusätzlicher Auffahrung des geplanten Einlagerungsfeldes 6a.

Abbildung 3.1.10.5/5 weist die Störungszonen a), b) und c) (Abb. 3.1.10.5/3) im Sinne des verwendeten Stoffgesetzes als gebrochen (plastifiziert) aus. Der Einfluß der Tektonik in den Bereichen d) und e) führt zu einer Erhöhung der deviatorischen Beanspruchung.

Die im Modell simulierte Errichtung des Grubengebäudes (Abb. 3.1.10.5/6) bewirkt großräumige Spannungsumlagerungen, die zu druckentspannten Bereichen über den Abbauen führen. Daraus resultiert eine Verringerung der vorherrschenden deviatorischen Beanspruchung in den Modellschichten der Barriere über der Grube (Unterkreideschichten) und eine Erhöhung nördlich des Bleckenstedter Sprungs. Die direkte Auswirkung eines im Modell vollständig plastifizierten LHD-Feldes in Form erhöhter Scherbeanspruchung bleibt auf die Modellschicht des Kimmeridge beschränkt. Eine Plastifizierung ( $\eta = 1$ ) tritt nur lokal in unmittelbarer Nähe über dem LHD-Feld auf.



Durch die Auffahrung des geplanten Einlagerungsfeldes 6a wird keine wesentliche Erhöhung des deviatorischen Beanspruchungszustandes im Einlagerungshorizont hervorgerufen (Abb. 3.1.10.5/7). Als Folge der Druckumlagerung stellt sich im Bereich des Kimmeridge über dem Feld 6a eine Reduzierung der deviatorischen Beanspruchung aufgrund von Entlastung ein. Signifikante Einwirkungen auf andere Modellbereiche, vorzugsweise auf das alte Grubengebäude, können nicht nachgewiesen werden.

Die Entwicklung des Senkungstrops vom Grubengebäude bis zur Geländeoberfläche zeigt Abbildung 3.1.10.5/8. Das Trogtiefste an der Geländeoberfläche stellt sich mit rund 280 mm Absenkung über dem Spülversatzfeld ein. Form und Maximalwert des berechneten Senkungstrops stimmen mit dem Übertagenivellement (Stand Mai 1988) gut überein. Das Auffahren des Einlagerungsfeldes 6a bewirkt im nördlichen Teil des berechneten Trops eine Senkungszunahme von rund 20 mm an der Tagesoberfläche.

Die Ergebnisse der Berechnungen der Ost-West-Schnitte bestätigen im wesentlichen die Resultate aus dem Nord-Süd-Schnitt.

#### Beschreibung des Kammer-Festen-Modells

Zur Beurteilung der Standsicherheit geplanter Einlagerungsfelder wurden Berechnungen der Festen bei einem Kammer-Festen-Verhältnis von 1 : 4 durchgeführt /3/. Das Modell bezieht sich auf drei Regelkammerquerschnitte mit  $40 \text{ m}^2$  Querschnittsfläche und einer flachen Festenstärke von 28 m (Abb. 3.1.10.5/9).

Das Scheibenmodell beschreibt einen Gebirgsausschnitt in 1 000 m Teufe mit einer Breite von 170 m und einer Höhe von 135 m (Abb. 3.1.10.5/10). Zur Bestimmung der Modell-



auflast wird eine mittlere Dichte des Deckgebirges von  $2\,400\text{ kg/m}^3$  angenommen.

#### Ergebnisse der Berechnung zum geplanten Kammer-Festen-Verhältnis

Unter Verwendung standortspezifischer Materialparameter wird der ungünstige Fall offenstehender Kammern ohne Ansatz eines Ausbauwiderstandes untersucht. Bei Verwendung des konservativ angesetzten Stoffgesetzes des großräumigen Modells erweisen sich die Festen als tragfähig. Die aus der Kammerauffahrung resultierende plastische Zone (Auflockerungszone) im Stoßbereich hat eine durchschnittliche Tiefe von 5 m (Abb. 3.1.10.5/11).

Die erzielten Berechnungsergebnisse werden durch die im Feld 1 gemachten bergmännischen Erfahrungen sowie durch die im Feld 5/1 gewonnenen Meßergebnisse hinsichtlich der Gesamtstandfestigkeit bestätigt.

### 3.1.10.5.2 Berechnungen mit Hilfe markscheiderischer Modelle

#### Methodik des Berechnungsverfahrens

Zur Untersuchung der durch die alten Abbaufelder und die geplanten Einlagerungsfelder hervorgerufenen Senkungen an der Erdoberfläche und Deformationen im Deckgebirge kommt ein Rechenmodell aus der Bergschadenskunde zur Anwendung. Dieses Verfahren beruht auf bergmännischen Erfahrungen sowie Beobachtungen und beschreibt das Gebirgsverhalten und die Gebirgseigenschaften durch statistische Verteilungsfunktionen.

Es erlaubt die Berücksichtigung der zeitabhängigen Entwicklung der Senkungen und Deformationen. Die Anwendung verlangt eine Kalibrierung an entsprechenden Messungen. Dazu werden die gemessenen Bodensenkungen über dem Grubengebäude herangezogen. Das Rechenverfahren liefert Ergebnisse für einen Bereich von 200 m oberhalb der Abbau- und Einlagerungsfelder bis zur Geländeoberfläche.

#### Modellbeschreibung

Als Eingangsdaten für die Berechnungen dienten:

- Flächen und mittlere Mächtigkeiten der Abbaufelder,
- Konvergenzvolumina der Abbaufelder,
- Senkungsdaten aus dem Übertagenivellement und
- Planungsdaten für das Grubengebäude (Stand März 1984).

Die durch Konvergenz hervorgerufenen Volumenverringern der aufgefahrenen Grubenräume sind über einen mehrjährigen Zeitraum von der Markscheiderei von P+S beobachtet worden. Mit Hilfe von Anpassungsfunktionen, die an der Entwicklung des Senkungstogs optimiert wur-

den, konnten die Volumenkonvergenzen als Funktion der Zeit extrapoliert werden.

Zur Vorausberechnung des Konvergenzverhaltens geplanter Einlagerungsfelder wird auf die beobachteten Volumenkonvergenzen vergleichbarer Abbaufelder zurückgegriffen.

#### Berechnungsergebnisse

Senkungs- und Verschiebungsberechnungen sind für die Jahre 1988 und 2010 sowie für einen sehr weit in der Zukunft liegenden Zeitpunkt erfolgt. Kennzeichnend für den letzteren ist, daß sämtliche Grubenräume wieder völlig geschlossen sind. Die Ergebnisse der bergschadenkundlichen Berechnungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Der Senkungstrog über dem Grubengebäude vergrößert sich stetig. Wie die Zeitsenkungskurve für das Senkungsmaximum (Abb. 3.1.10.5/12) verdeutlicht, ist mit dem Auffahren der geplanten Einlagerungsfelder keine nennenswerte Zunahme der Senkungsrate verbunden. Die für die Jahre der Erzgewinnung von 1965 bis 1976 ermittelten Senkungsraten stellen somit Maximalwerte dar, die bei der Errichtung und im Betrieb des Endlagers nicht mehr erreicht werden. Beispielhaft zeigen die Abbildungen 3.1.10.5/13 und 3.1.10.5/14 einen Ost-West- und Nord-Süd-Schnitt durch den Senkungstrog für die Jahre 1983 und 1988. Die gemessenen und berechneten Senkungswerte stimmen weitgehend überein (Abb. 3.1.10.5/12).

An der Tagesoberfläche hat sich in der Vergangenheit das Senkungssmaximum über dem Spülversatzfeld eingestellt. Auch nach Errichtung der Einlagerungskammern wird das Maximum seine Lage nur unwesentlich ändern.



Folgende Höchstwerte der Vertikal- und Horizontalverschiebungen sind zu erwarten (Tab. 3.1.10.5/2):

| Jahr        | Vertikalverschiebungen<br>in mm | Horizontalverschiebungen<br>in mm |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1988        | 268                             | 158                               |
| 2010        | 343                             | 201                               |
| langfristig | 669                             | 401                               |

Tabelle                      Vertikal- und Horizontalverschiebungen  
3.1.10.5/2                      im Maximum des Senkungstrog

In Abbildung 3.1.10.5/15 sind beispielhaft für die Jahre 1988 und 2010 die Linien gleicher Vertikalverschiebungen und die Horizontalverschiebungsvektoren dargestellt. Die für das Jahr 1988 berechneten Vertikalverschiebungen stehen mit den gemessenen in Übereinstimmung (Abb. 3.1.9.7/4). Für das Jahr 2010 liegen die berechneten vertikalen und horizontalen Verschiebungen innerhalb der im Bergbau bekannten Größenordnungen.

Wie die nach dem bergschadenkundlichen Berechnungsverfahren durchgeführten Untersuchungen gezeigt haben, nehmen die Gebirgsverformungen mit wachsender Teufe zu. Aus Größe und Verteilung der Verschiebungsvektoren ergeben sich homogene Senkungsvorgänge im Barrierenbereich der Unterkreideschichten.

Im Zusammenhang mit den geomechanischen Vorgängen im Deckgebirge steht auch die Einwirkung der Abbau- und Einlagerungsfelder auf die Schächte Konrad 1 und Konrad 2. Untersuchungen hierzu sind für unterschiedliche Teufen und Zeitpunkte durchgeführt worden. Beispielhaft

ist das Ergebnis für das Jahr 2010 dargestellt (Abb. 3.1.10.5/16).

Die wesentliche Beanspruchung der Schächte ergibt sich aus der relativen Längenänderung in vertikaler Richtung und der Scherung (Differenz der Hauptverzerrungen). Erwartungsgemäß treten bei Schacht Konrad 2 infolge des geringeren Abstandes zu Abbau- und Einlagerungsfeldern größere Einflüsse auf als bei Schacht Konrad 1. Insgesamt sind die Einwirkungen auf die beiden Schächte jedoch gering. Das liegt daran, daß beide Schächte nicht in unmittelbarer Nähe stark konvergierender Abbaufelder stehen. Sie werden vielmehr durch die peripher angeordneten Einlagerungsfelder beeinflusst, in denen geringere Konvergenzraten als in den alten Abbaufeldern zu erwarten sind.

### 3.1.10.5.3 Gebirgsmechanische Beurteilung der Grube Konrad nach Einrichtung als Endlager

Die erzielten Ergebnisse der gebirgsmechanischen Modellrechnungen sowie der markscheiderischen Berechnungen lassen folgende Aussagen zu:

- Nennenswerte Schäden an übertägigen Anlagen und Bauwerken sind nicht zu erwarten.
- Die aus der Auffahrung der Einlagerungsfelder entstehenden Einwirkungen auf die Schächte Konrad 1 und Konrad 2 sind gering und nicht stabilitätsgefährdend.
- Das Deckgebirge wird homogenen Verformungen ausgesetzt, die einem Endwert zustreben.
- Die Auffahrung der Einlagerungsfelder erzeugt im Deckgebirge keine Spannungszustände, die zum Bruch führen.
- Bei dem geplanten Kammer-Festen-Verhältnis ist die Tragfähigkeit der Festen bei den vorgegebenen geologischen Verhältnissen gewährleistet.

Bei Unterstellung einer homogenen Verteilung der Abfälle in den Einlagerungskammern wird durch die Zerfallswärme der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide eine Temperaturerhöhung von maximal 3 K am Stoß nicht überschritten (Kap. 3.6). Auswirkungen der Temperaturerhöhung auf das gebirgsmechanische Verhalten des kammernahen Gebirges sind nicht zu erwarten.

Bergmännische Erfahrungen unter dem Aspekt der Erzgewinnung auf der Schachthanlage Konrad beziehen sich naturgemäß nur auf den derzeit erschlossenen Teil der Grube. Die dort gewonnenen Erfahrungen sind auf die Gebirgsbereiche geplanter Einlagerungsfelder übertragbar,



so daß die Gesamtstabilität des alten und neuen Gruben-  
gebäudes beurteilt werden kann.

So weist der Abbauhorizont des Mittleren Korallenoolith im Zusammenhang mit dem eingebrachten Ausbau ausreichende Stabilität gegenüber flächenhaftem zu Bruch gehen auf. Kennzeichnend für das allgemein günstige mechanische Verhalten des Gebirges im Bereich des Mittleren Korallenoolith ist das in den 60er Jahren aufgefahrene Spülversatzfeld, das trotz hohen Durchbauungsgrades (im Mittel 66%) und minimaler Festenstärke (zum Teil wenige Meter) jederzeit bergmännisch beherrschbar war. Im Spülversatzfeld sind Kammern mit einem Hohlraumvolumen von z. T. über 2000 m<sup>3</sup> unversetzt standfest geblieben. Erzabbau im tektonisch höher beanspruchten Gebirge (LHD-Feld) gefährdeten seinerzeit auch ohne eingebrachten Versatz die Gesamtstabilität des betreffenden Abbaufeldes nicht. Eine Anpassung an unterschiedliche Gebirgsverhältnisse bei der Hohlraumauffahrung und -sicherung war durch flexible und den Gebirgsverhältnissen angepaßte Auswahl der Ausbaumaßnahmen und Abbauführung möglich und notwendig.

Zusammen mit der Tatsache, daß die in der Erzgewinnungsphase vorzugsweise in Sprengtechnik aufgefahrenen und dadurch lokal mechanisch höher beanspruchten Kammern und Strecken nach wie vor standfest sind, lassen sich auf Grund bergmännischer Erfahrungen folgende, die Gesamtstabilität der Einlagerungsfelder positiv beeinflussende, Faktoren angeben:

- Die Felder liegen überwiegend im Bereich des Mittleren Korallenoolith, der gebirgsmechanisch günstige Eigenschaften aufweist.
- Unterschiedlichen Gebirgsverhältnissen wird mit flexiblen Ausbaumaßnahmen begegnet.

- Die Einlagerungskammern werden gebirgsschonend, vorzugsweise in Schneidtechnik, aufgefahren; dabei wird die Anzahl der offenen Einlagerungskammern minimiert.
- Der Durchbauungsgrad liegt mit ca. 20% z. T. erheblich unter dem alter Abbaufelder.
- Beschickte Einlagerungskammern werden frühzeitig planmäßig versetzt und somit über den Betriebszeitraum hinaus mechanisch gestützt.
- Das bereits aufgefahrene Feld 1 ähnelt in seiner Geometrie und seiner Lage zu einem alten Abbaufeld zukünftigen Einlagerungsfeldern und bestätigt das Strecken-Festen-Verhältnis als standfest.

Die Gesamtheit der Berechnungsergebnisse und die Summe der bergmännischen Erfahrungen weisen aus gebirgsmechanischer Sicht die Gesamtstabilität des Endlagers als gegeben aus.

Literaturverzeichnis

- /1/ ZIENKIEWICZ, O. C. (1984): Methode der finiten Elemente. - 2. Aufl., 743 S.; München, Wien (Carl Hanser Verlag).
  
- /2/ BATHE, K.-J. (1982): Finite Element Procedures in Engineering Analysis. - 735 S., Englewood Cliffs, N.J., USA, (Prentice-Hall).
  
- /3/ DIEKMANN, N. & KONIECZNY, R. & MEISTER, D. & SCHNIER, H. (1986): Geotechnical and Rock Mechanical Investigations for the Design of the Konrad Repository  
Proc. Int. Symp. on the Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes, Hannover, 3. - 7. March 1986, IAEA SM-289/47, pp. 385 - 400, 11. Abb.; Vienna (Int. Atomic Energy Agency).
  
- /4/ DRUCKER, D. C. & PRAGER, W. (1952): Soil mechanics and plastic analysis or limit design. - Q. J. Appl. Math., 10: 157 - 175; Providence, R.T., USA (Brown University).





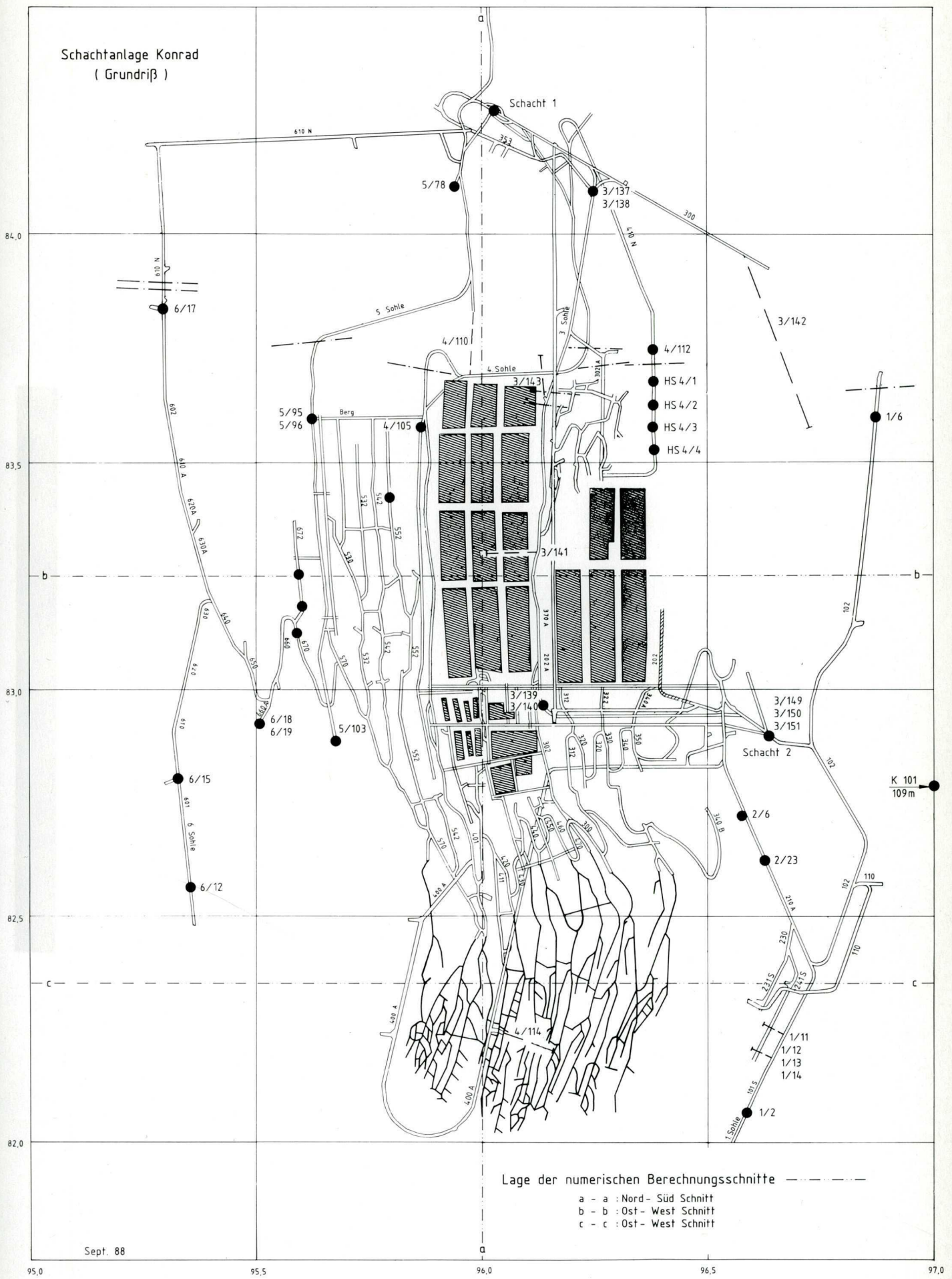


Abbildung 3.1.10.5/1: Probenahmeorte für festigkeitsmechanische Laboruntersuchungen

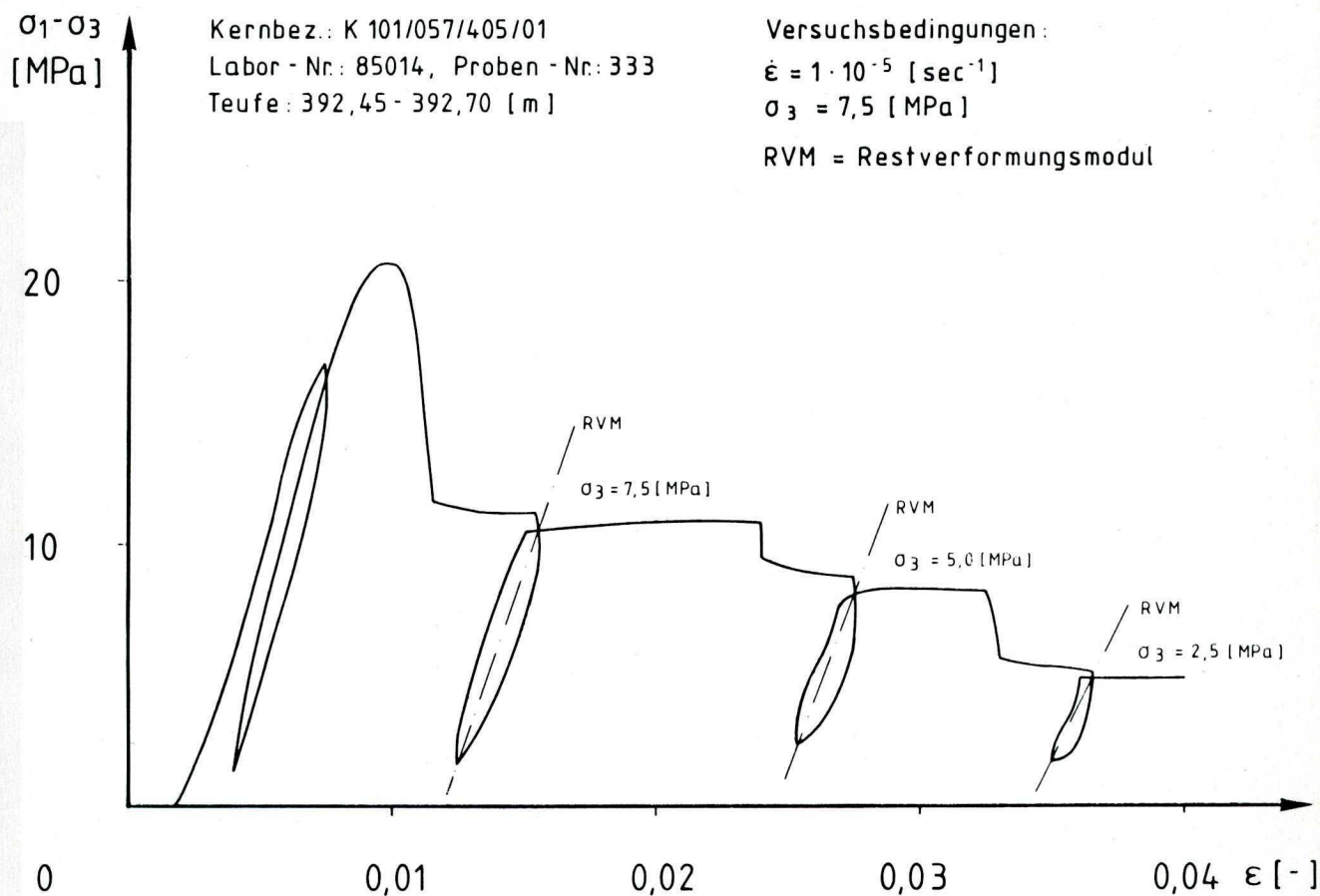


Abbildung 3.1.10.5/2: Versuchskurve einer triaxial belasteten Gesteinsprobe aus der Tiefbohrung Konrad 101



N-S-Schnitt a-a  
(R 96 000)

- Schicht 1:** - Quartär  
- Oberturon  
- Mittelturon  
- Unterturon  
- Obercenoman  
- Mittelcenoman
- Schicht 2:** - Untercentoman  
- Oberalb  
- Mittelalb
- Schicht 3:** - Unteralb  
- Oberapt  
- Oberbarrême  
- Mittelbarrême  
- Unterbarrême
- Schicht 4:** - Oberhauterive  
- Unterhauterive

- Schicht 5:** - Oberalm 1-4  
- Mittelkimmeridge  
- Unterkimmeridge
- Schicht 6:** - Oberer Korallenoolith  
- Mittlerer Korallenoolith  
- Unterer Korallenoolith
- Schicht 7:** - Callovium  
- Bathonium  
- Bajocium

- (a) Südliche Randverwerfung des Sauinger Grabens  
(b) Konrad-Sprung  
(c) Bleckenstedter Sprung  
(d) + (e) Tektonik im Bereich des LHD-Feldes

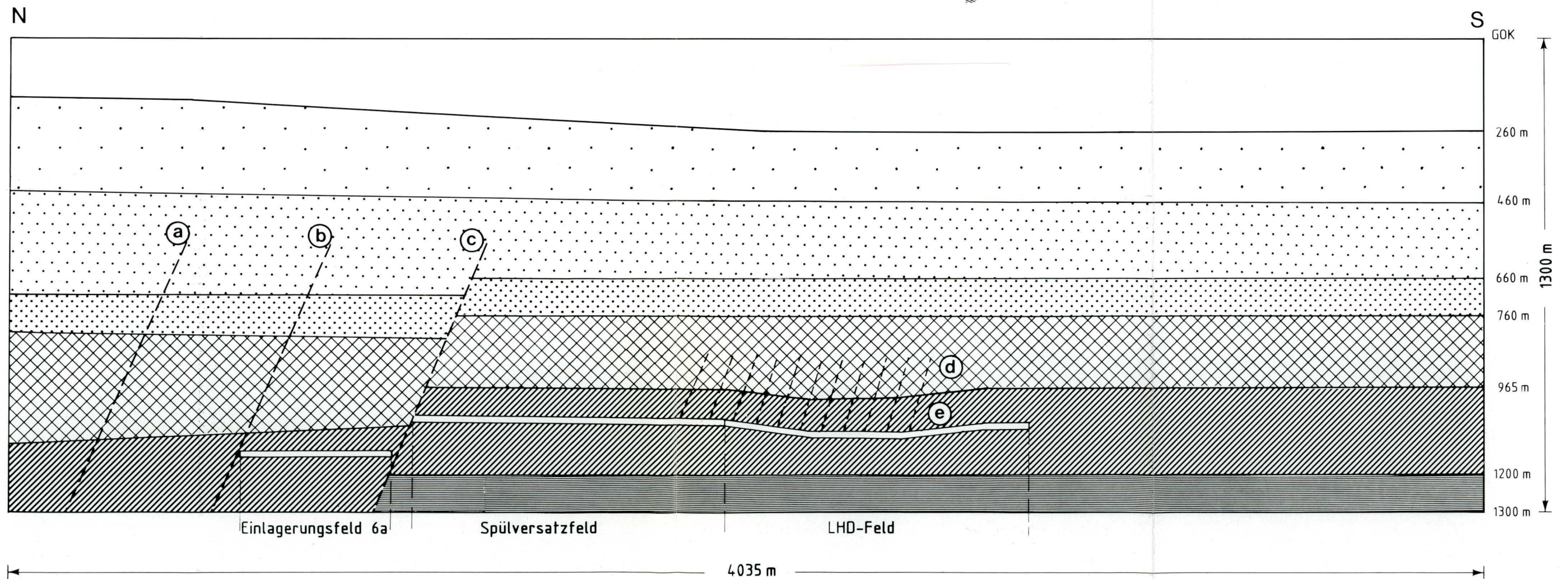


Abbildung 3.1.10.5/3: Einarbeitung der Stratigraphie sowie tektonischer Elemente in das Berechnungsmodell



Finite-Elemente-Modell  
KONRAD N-S-Schnitt (R 96.000)

358 Knoten  
271 Elemente (4-Knoten isoparametrisch)

Alter Grubenbau und Einlagerungsfeld 6a

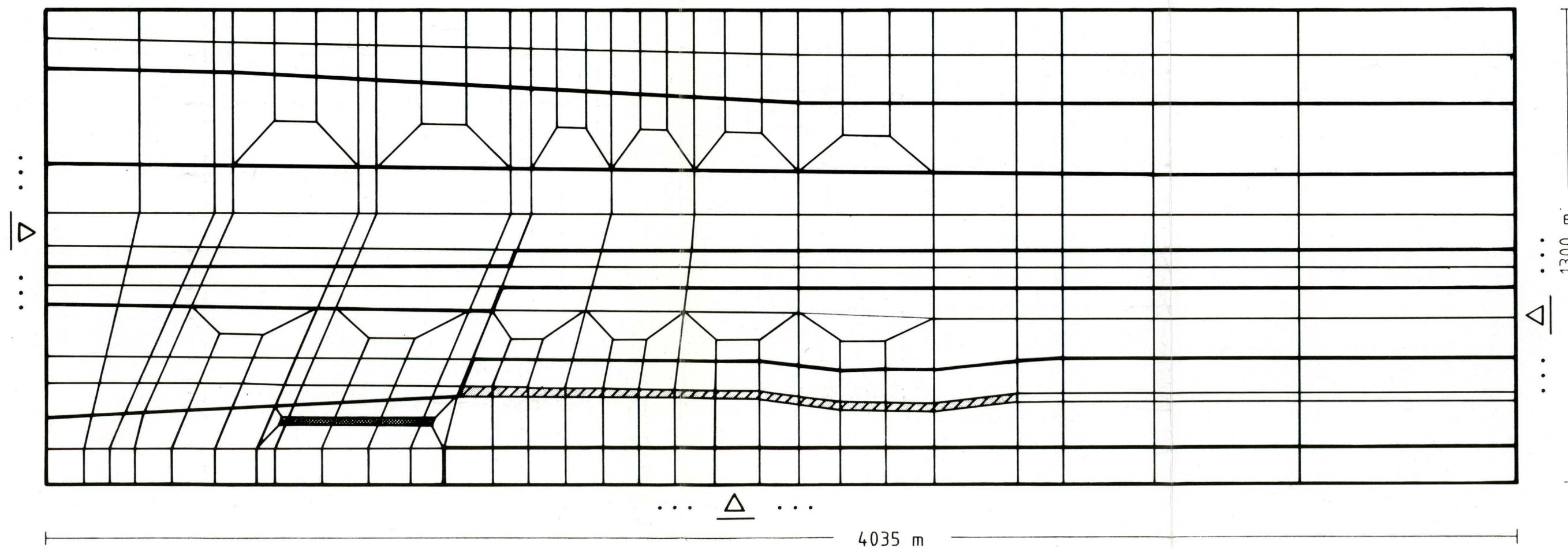








Abbildung 3.1.10.5/4: Finite-Elemente-Modell KONRAD N-S-Schnitt



## Verteilung der $\eta$ - Werte

$$\eta = \frac{\text{zul } \sqrt{I_2'}}{\text{vorh } \sqrt{I_2'}}$$

mit  $\text{zul } \sqrt{I_2'} = \alpha \cdot I_1 - K$  mit  $I_1 = 3 \cdot \sigma_m$   
 $\text{vorh } \sqrt{I_2'} = \sqrt{\frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$

|   |                    |
|---|--------------------|
|  | 1,0 - 1,09 (Bruch) |
|  | 1,1 - 1,49         |
|  | 1,5 - 2,249        |
|  | 2,25 - 3,49        |
|  | 3,5 - 12,49        |
|  | $\geq 12,5$        |

Stoffgesetz:  
 elast./plast. mit  
 Fließbedingung nach  
 Drucker / Prager

|                | Stoffparameter des Primärspannungszustandes |         |                  |         |
|----------------|---|---------|------------------|---------|
|                | Elast. Kennwerte                            |         | Bruchparameter   |         |
|                | $\nu$                                       | E [MPa] | $\varphi$ [Grad] | c [MPa] |
| Schicht 1      | 0,40  | 3000    | 23               | 3,50    |
| Schicht 2      | 0,40  | 3000    | 15               | 2,50    |
| Schicht 3      | 0,40  | 2000    | 25               | 1,50    |
| Schicht 4      | 0,40  | 2000    | 25               | 1,50    |
| Schicht 5      | 0,40  | 3000    | 33               | 3,80    |
| Schicht 6      | 0,40  | 3000    | 35               | 3,00    |
| Schicht 7      | 0,40  | 3000    | 33               | 1,10    |
| Bereich a)b)c) | 0,20  | 1500    | 20               | 0,50    |
| Bereich d)     | 0,35  | 2500    | 33               | 3,80    |
| Bereich e)     | 0,30  | 2500    | 35               | 3,00    |

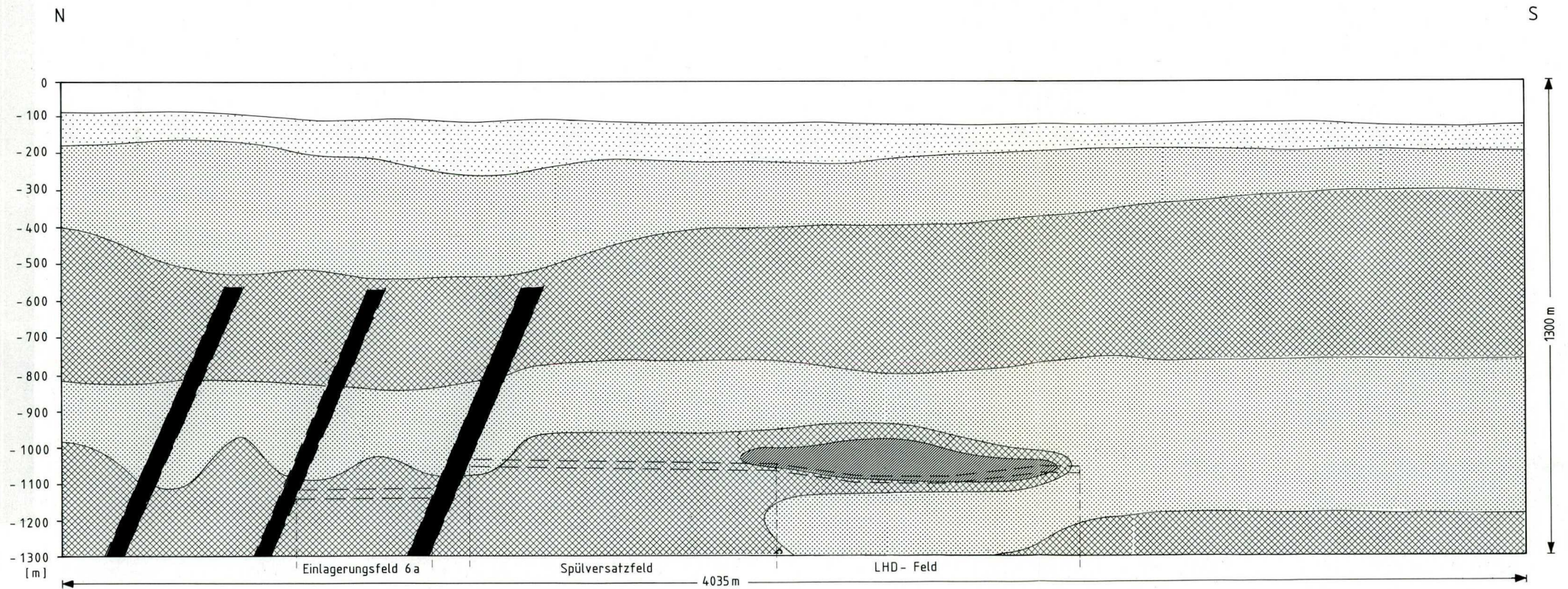
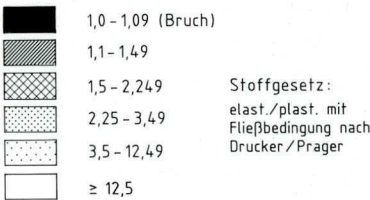


Abbildung 3.1.10.5/5: Primärzustand unter Berücksichtigung tektonischer Elemente vor Auffahrung des Grubengebäudes



Verteilung der  $\eta$  - Werte

$$\eta = \frac{\text{zul } \sqrt{I'_2}}{\text{vorh } \sqrt{I'_2}}$$
  
mit  $\text{zul } \sqrt{I'_2} = \alpha \cdot I_1 - K$  mit  $I_1 = 3 \cdot \sigma_m$   
$$\text{vorh } \sqrt{I'_2} = \sqrt{\frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$$



| Stoffparameter:<br>Altes Grubengebäude |                  |         |                  |         |
|--|------------------|---------|------------------|---------|
|  | Elast. Kennwerte |         | Bruchparameter   |         |
|  | $\nu$            | E [MPa] | $\varphi$ [Grad] | c [MPa] |
| Schicht 1                              | 0,40             | 3000    | 23               | 3,50    |
| Schicht 2                              | 0,40             | 3000    | 15               | 2,50    |
| Schicht 3                              | 0,40             | 2000    | 25               | 1,50    |
| Schicht 4                              | 0,40             | 2000    | 25               | 1,50    |
| Schicht 5                              | 0,40             | 3000    | 33               | 3,80    |
| Schicht 6                              | 0,40             | 3000    | 35               | 3,00    |
| Schicht 7                              | 0,40             | 3000    | 33               | 1,10    |
| Bereich a)b)c)                         | 0,20             | 1500    | 20               | 0,50    |
| Bereich d)                             | 0,35             | 2500    | 33               | 3,80    |
| Bereich e)                             | 0,25             | 2000    | 35               | 3,00    |
| Bereich Spülversatz.                   | 0,30             | 1020    | 35               | 3,00    |
| Bereich LHD- Feld                      | 0,20             | 1750    | 35               | 3,00    |

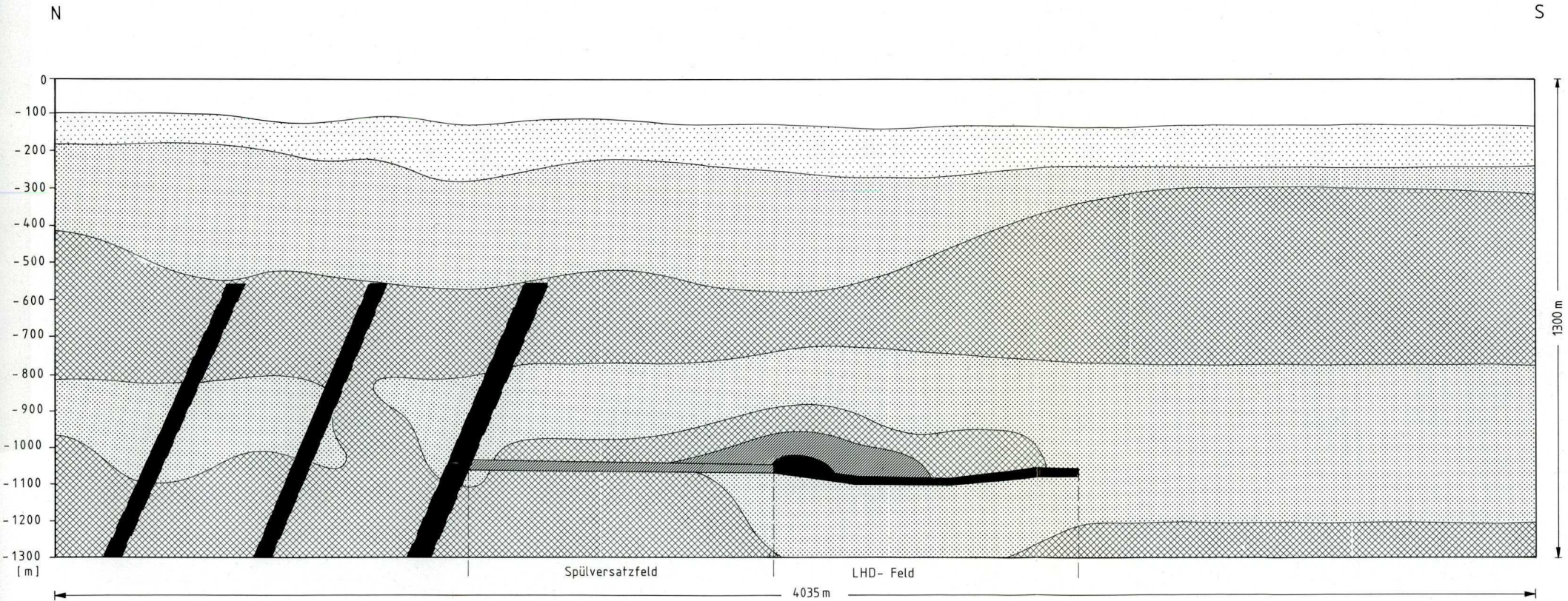








Abbildung 3.1.10.5/6 Beanspruchungszustand nach Errichtung des alten Grubengebäudes



Verteilung der  $\eta$  - Werte

$$\eta = \frac{\text{zul } \sqrt{I_2'}}{\text{vorh } \sqrt{I_2'}}$$
  
mit  $\text{zul } \sqrt{I_2'} = \alpha \cdot I_1 - K$  mit  $I_1 = 3 \cdot \sigma_m$   
vorh  $\sqrt{I_2'} = \sqrt{\frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]}$

|   |                    |  |
|---|--------------------|--|
|  | 1,0 - 1,09 (Bruch) | Stoffgesetz:<br>elast./plast. mit<br>Fließbedingung nach<br>Drucker / Prager |
|  | 1,1 - 1,49         |  |
|  | 1,5 - 2,249        |  |
|  | 2,25 - 3,49        |  |
|  | 3,5 - 12,49        |  |
|  | $\geq 12,5$        |  |

| Stoffparameter: Altes Gruben-<br>gebäude und Einlagerungsfeld 6a |                  |         |                  |         |
|--|------------------|---------|------------------|---------|
|  | Elast. Kennwerte |         | Bruchparameter   |         |
|  | $\nu$            | E [MPa] | $\varphi$ [Grad] | c [MPa] |
| Schicht 1  | 0,40             | 3000    | 23               | 3,50    |
| Schicht 2  | 0,40             | 3000    | 15               | 2,50    |
| Schicht 3  | 0,40             | 2000    | 25               | 1,50    |
| Schicht 4  | 0,40             | 2000    | 25               | 1,50    |
| Schicht 5  | 0,40             | 3000    | 33               | 3,80    |
| Schicht 6  | 0,40             | 3000    | 35               | 3,00    |
| Schicht 7  | 0,40             | 3000    | 33               | 1,10    |
| Bereich a)b)c)   | 0,20             | 1500    | 20               | 0,50    |
| Bereich d)   | 0,35             | 2500    | 33               | 3,80    |
| Bereich e)   | 0,25             | 2000    | 35               | 3,00    |
| Bereich Spülversatz.   | 0,30             | 1020    | 35               | 3,00    |
| Bereich LHD- Feld  | 0,20             | 1750    | 35               | 3,00    |
| Bereich Einl.- feld 6a   | 0,30             | 2400    | 35               | 3,00    |

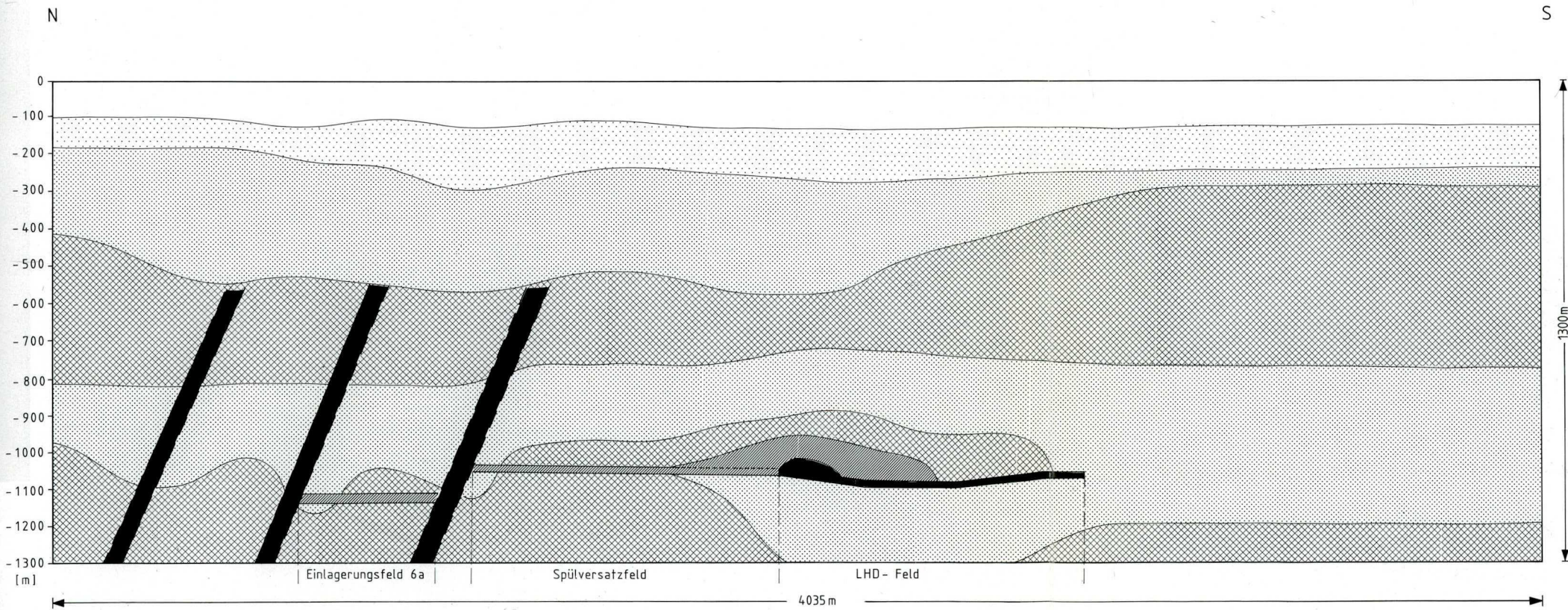


Abbildung 3.1.10.5/7: Beanspruchungszustand nach zusätzlicher Auffahrung des geplanten Einlagerungsfeldes 6 a



# Entwicklung des Senkungstroges in unterschiedlichen Teufen

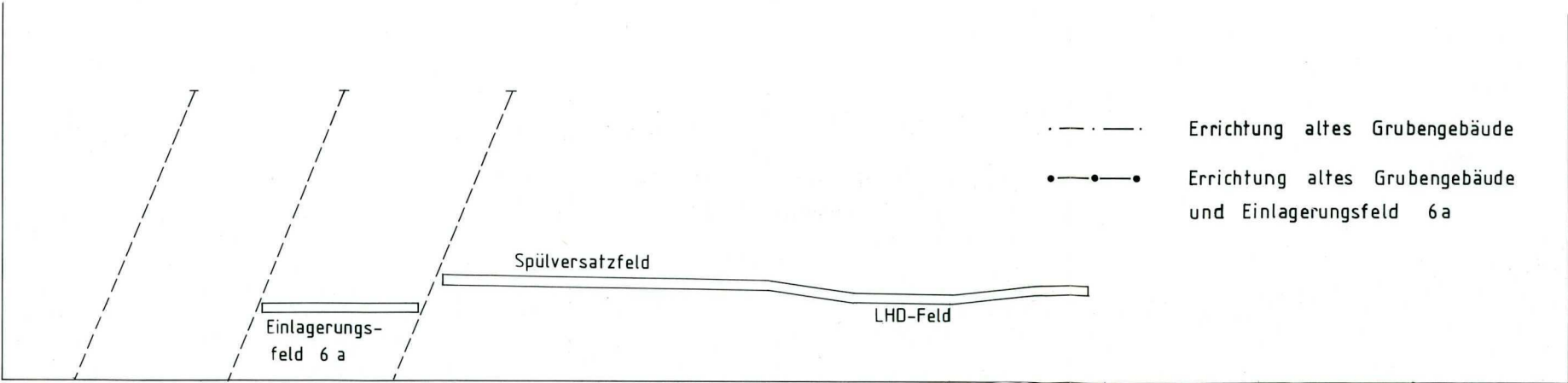
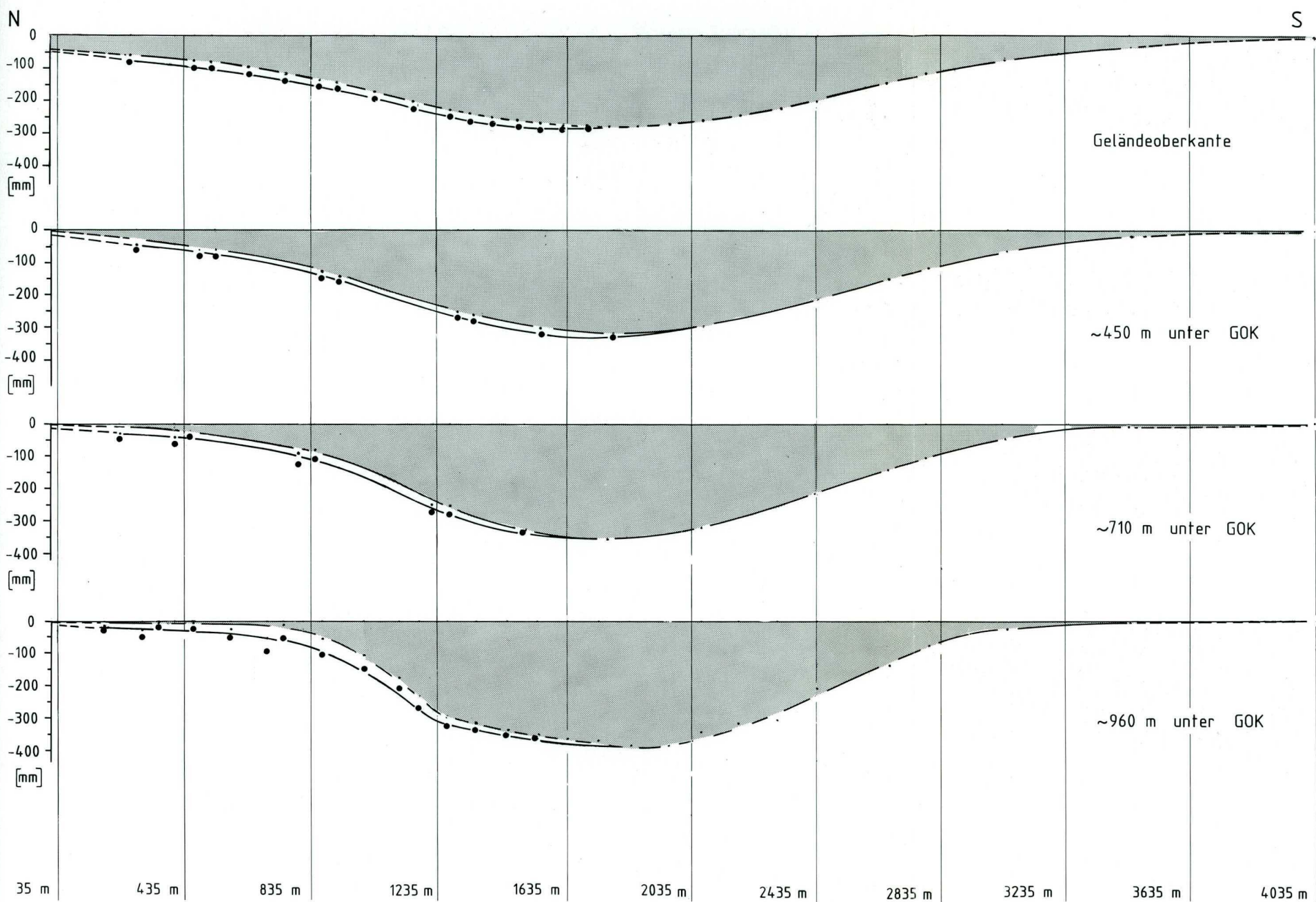


Abbildung 3.1.10.5/8: Entwicklung des Senkungstroges in unterschiedlichen Teufen



Kammer-Pfeiler-Verhältnis: 1:4

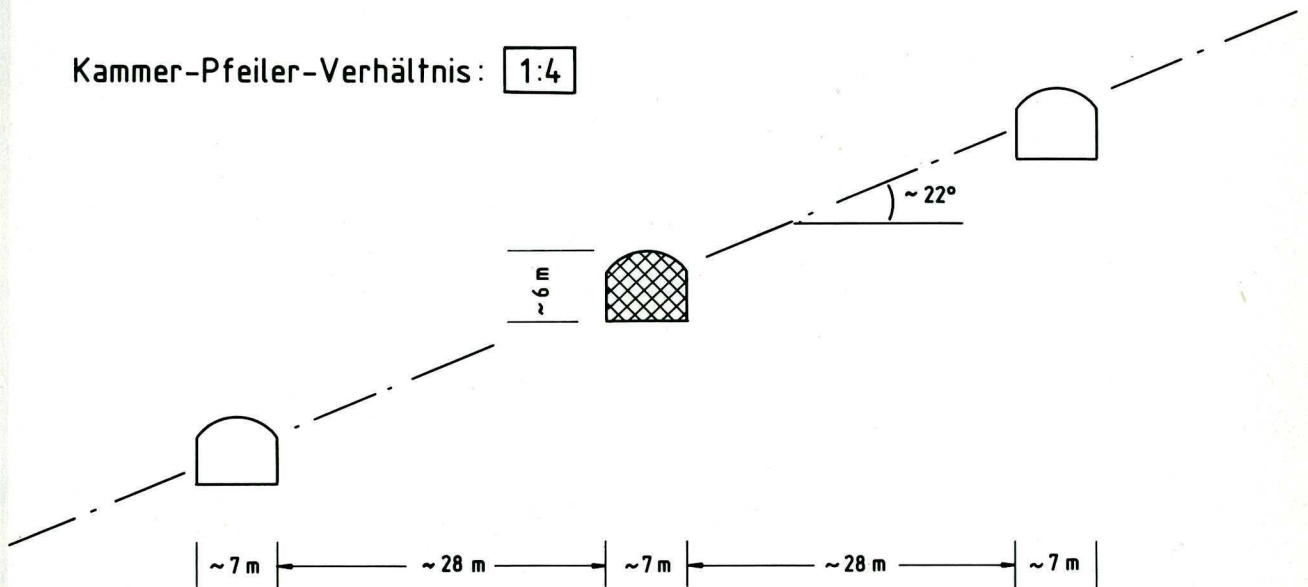


Abbildung 3.1.10.5/9: Einlagerungskammern (Regelkammerquerschnitt) im Lagereinfallen



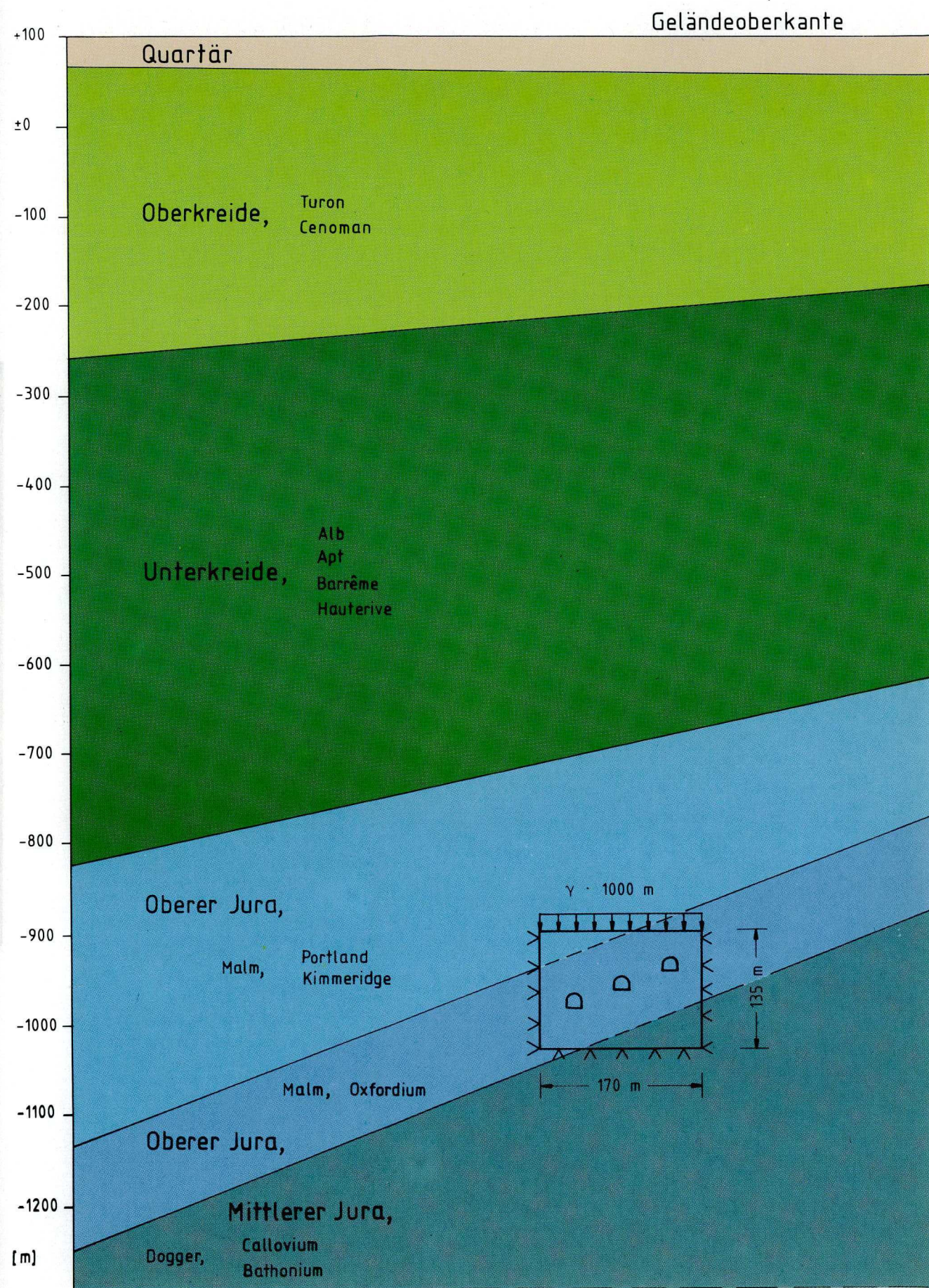
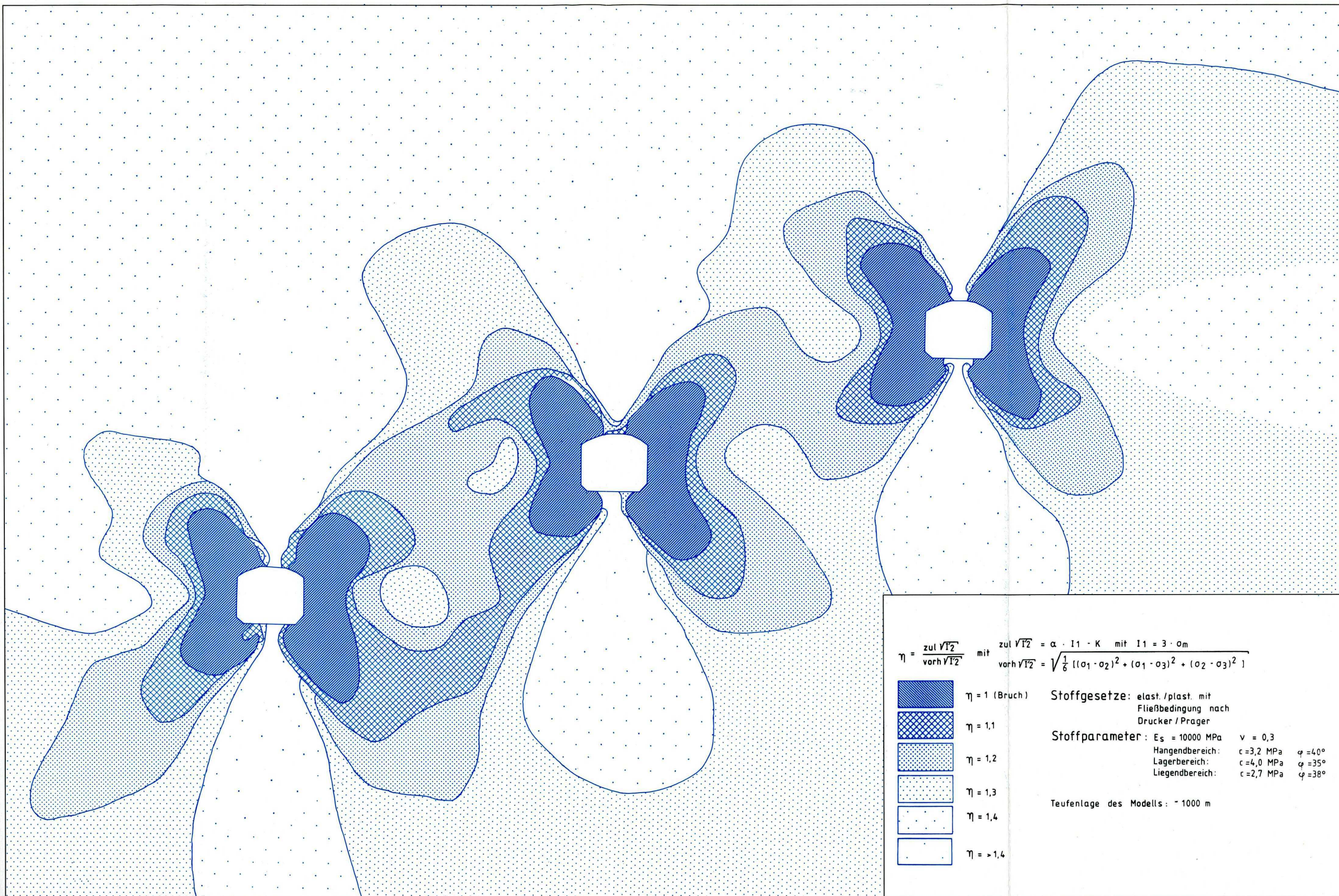


Abbildung 3.1.10.5/10: Lage und Größe des im Modell abgebildeten Gebirgsausschnittes





$\eta = \frac{\text{zul } \sqrt{I_2}}{\text{vorh } \sqrt{I_2}}$  mit  $\text{zul } \sqrt{I_2} = \alpha \cdot I_1 \cdot K$  mit  $I_1 = 3 \cdot \sigma_m$   
 $\text{vorh } \sqrt{I_2} = \sqrt{\frac{1}{6} [( \sigma_1 - \sigma_2 )^2 + ( \sigma_1 - \sigma_3 )^2 + ( \sigma_2 - \sigma_3 )^2 ]}$

|  |                    |   |
|--|--------------------|---|
|  | $\eta = 1$ (Bruch) | <b>Stoffgesetze:</b> elast./plast. mit<br>Fließbedingung nach<br>Drucker / Prager<br><br><b>Stoffparameter:</b> $E_s = 10000 \text{ MPa}$ $\nu = 0,3$<br>Hangendbereich: $c = 3,2 \text{ MPa}$ $\varphi = 40^\circ$<br>Lagerbereich: $c = 4,0 \text{ MPa}$ $\varphi = 35^\circ$<br>Liegendbereich: $c = 2,7 \text{ MPa}$ $\varphi = 38^\circ$ |
|  | $\eta = 1,1$       |   |
|  | $\eta = 1,2$       |   |
|  | $\eta = 1,3$       |   |
|  | $\eta = 1,4$       |   |
|  | $\eta = > 1,4$     |   |

Teufenlage des Modells:  $\sim 1000 \text{ m}$

Abbildung 3.1.10.5/11:  
 Bruchzonen ( $\eta = 1$ ) um Regelkammerquerschnitt ( $\sim 40 \text{ m}^2$ )  
 mit Kammer-Pfeiler-Verhältnis 1:4.



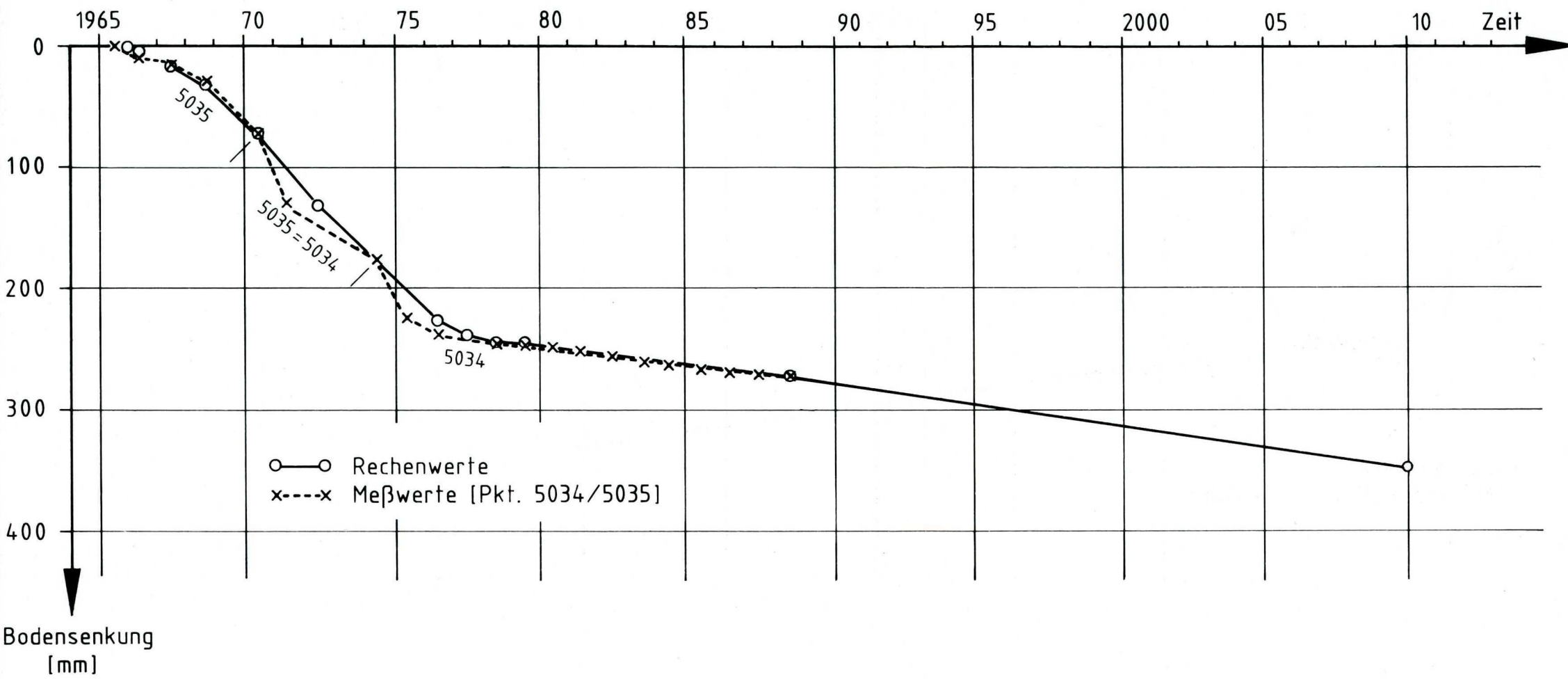
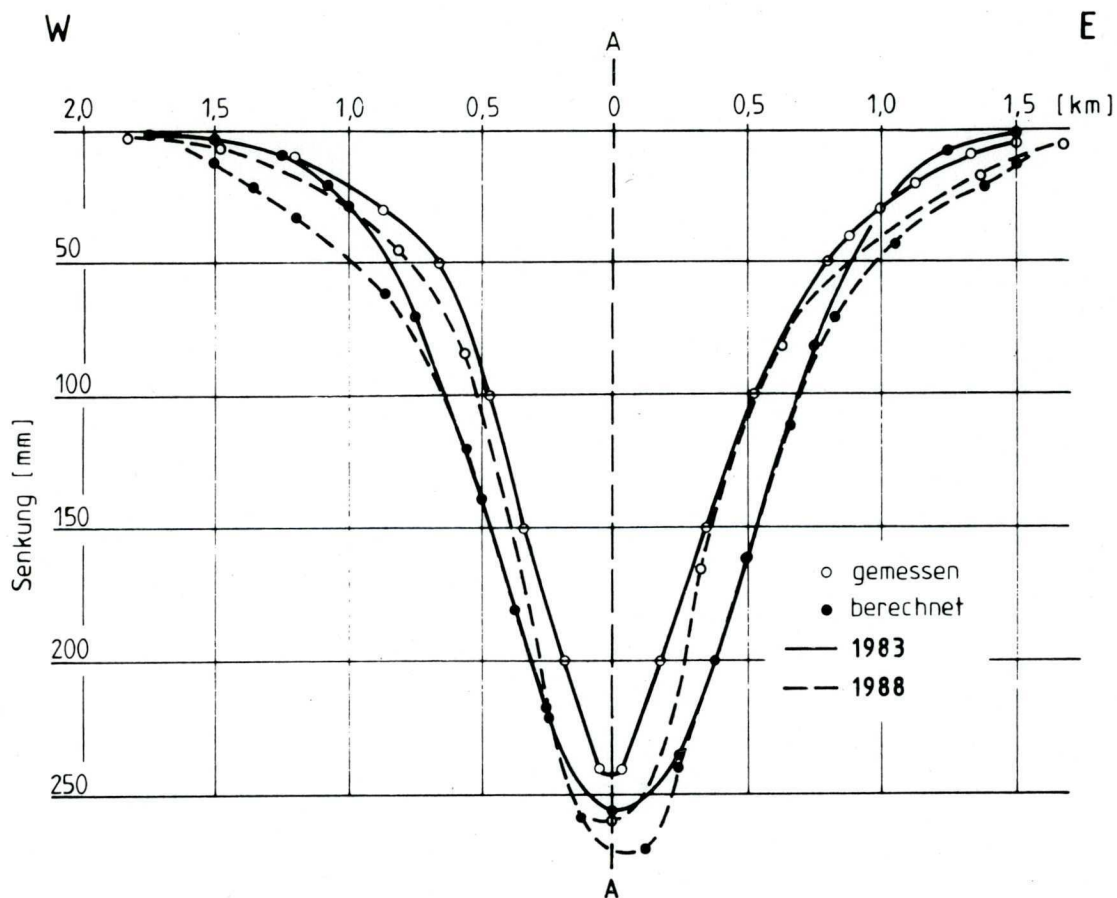
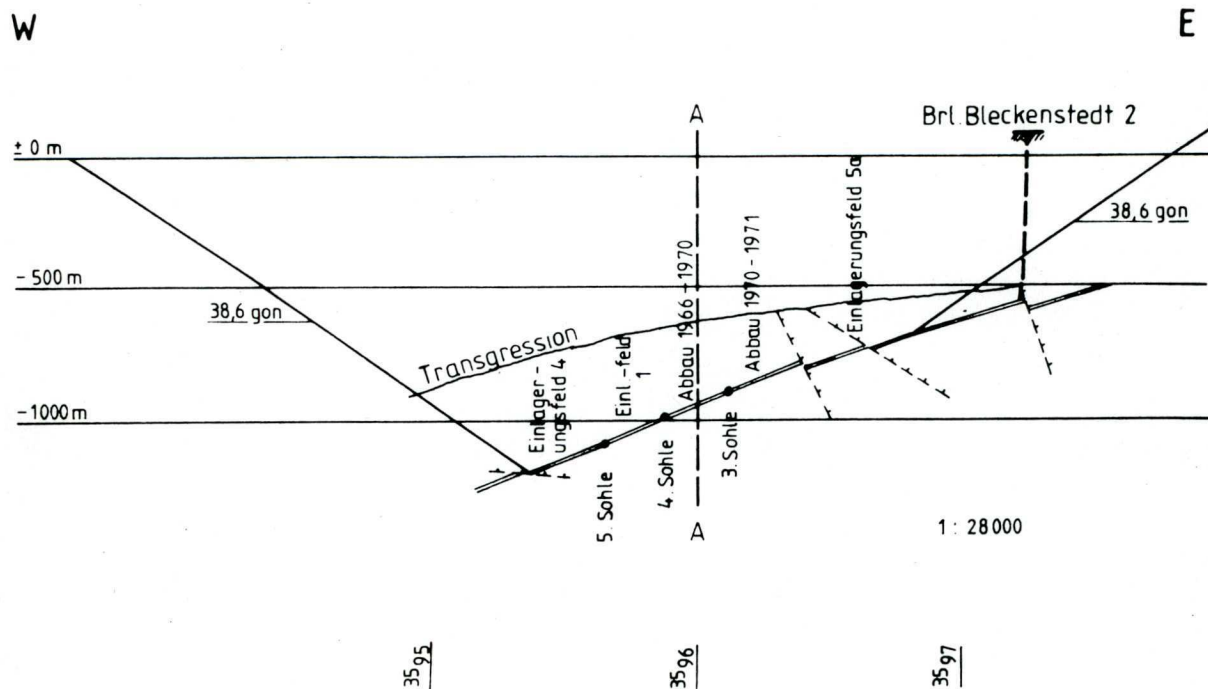


Abbildung 3.1.10.5/12: Zeitlicher Verlauf von Bodensenkungen im Maximum des Senkungstrogens bis zum Jahre 2010 und Vergleich gemessener und berechneter Werte



Rechtswert der Schnittlinie  
W - E 5.783,250 km

Hochwert der Schnittlinie  
A - A 3.596,000 km

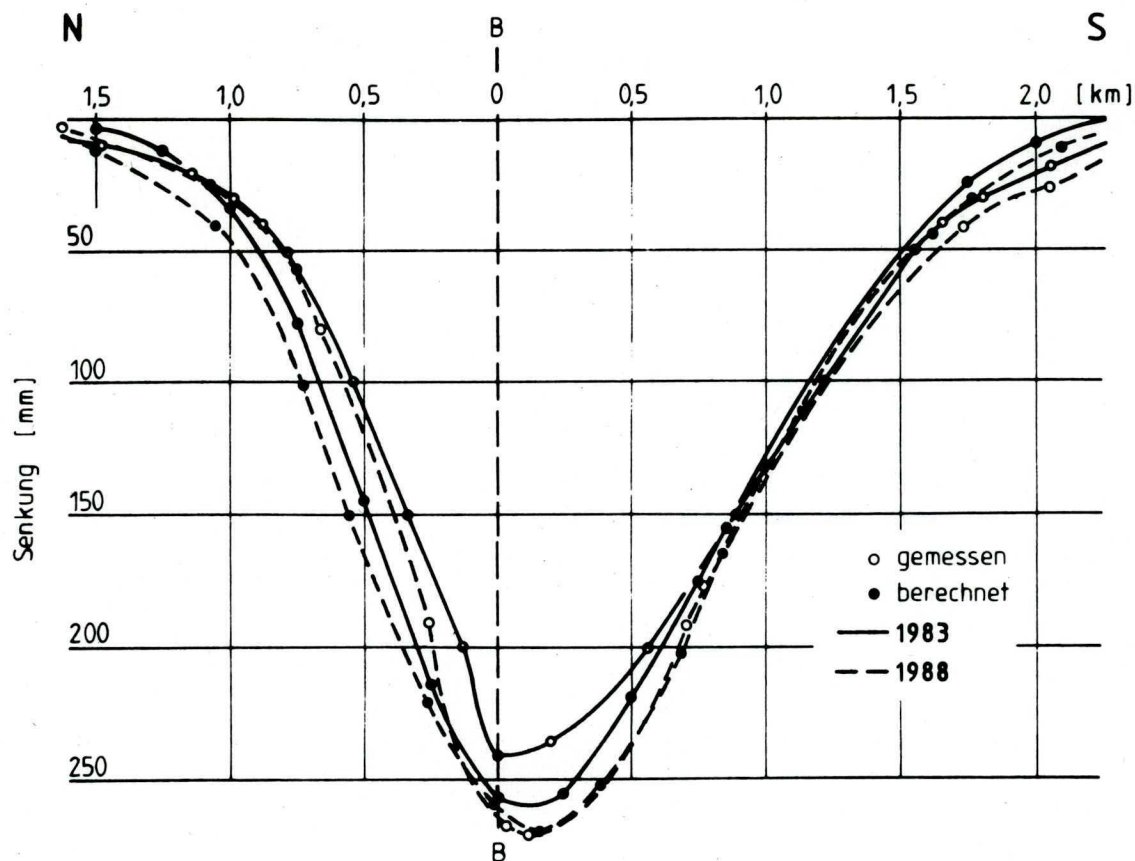


### Seigerriß Grube Konrad

Abbildung 3.1.10.5/13: W-E Schnitt durch den Senkungstrog. Vergleich gemessener und berechneter Werte 1983 und 1988.

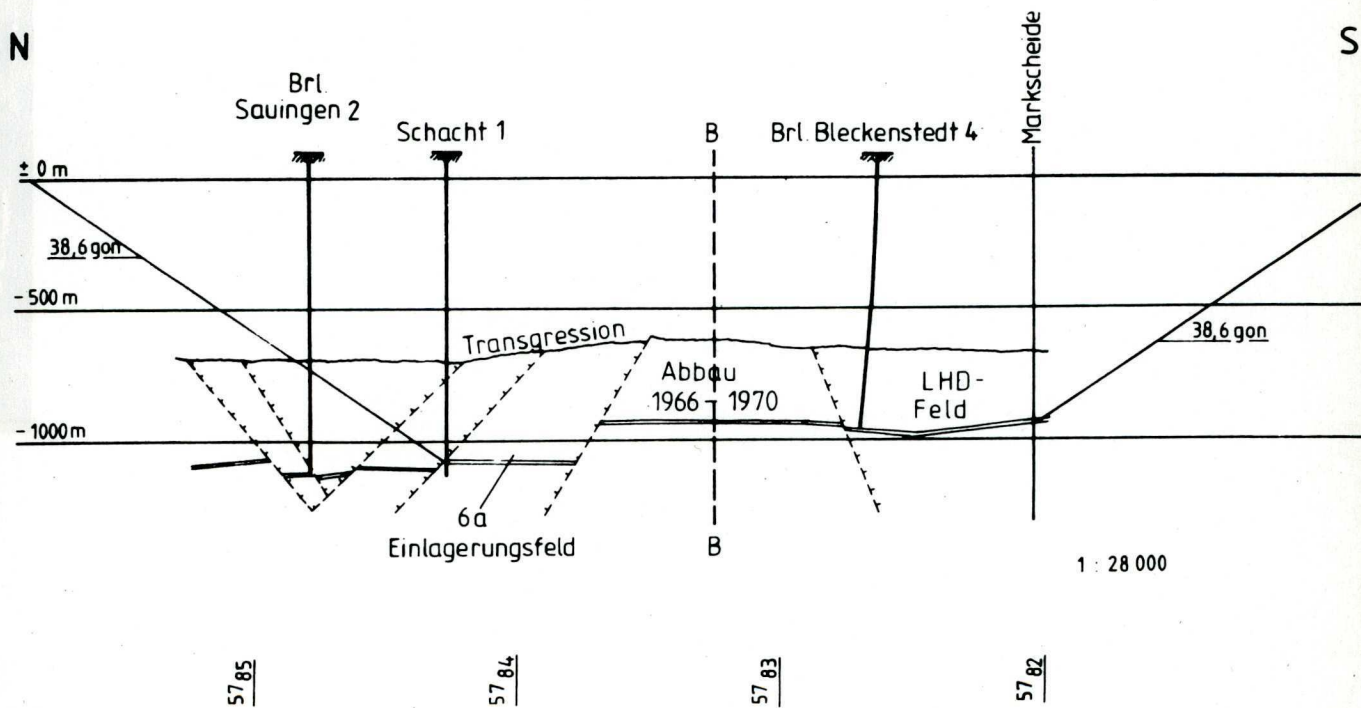






Rechtswert der Schnittlinie  
N - S 3.596,000 km

Hochwert der Schnittlinie  
B - B 5.783,250 km



### Seigerriß Grube Konrad

Abbildung 3.1.10.5/14: N-S Schnitt durch den Senkungstrog. Vergleich gemessener und berechneter Werte 1983 und 1988.



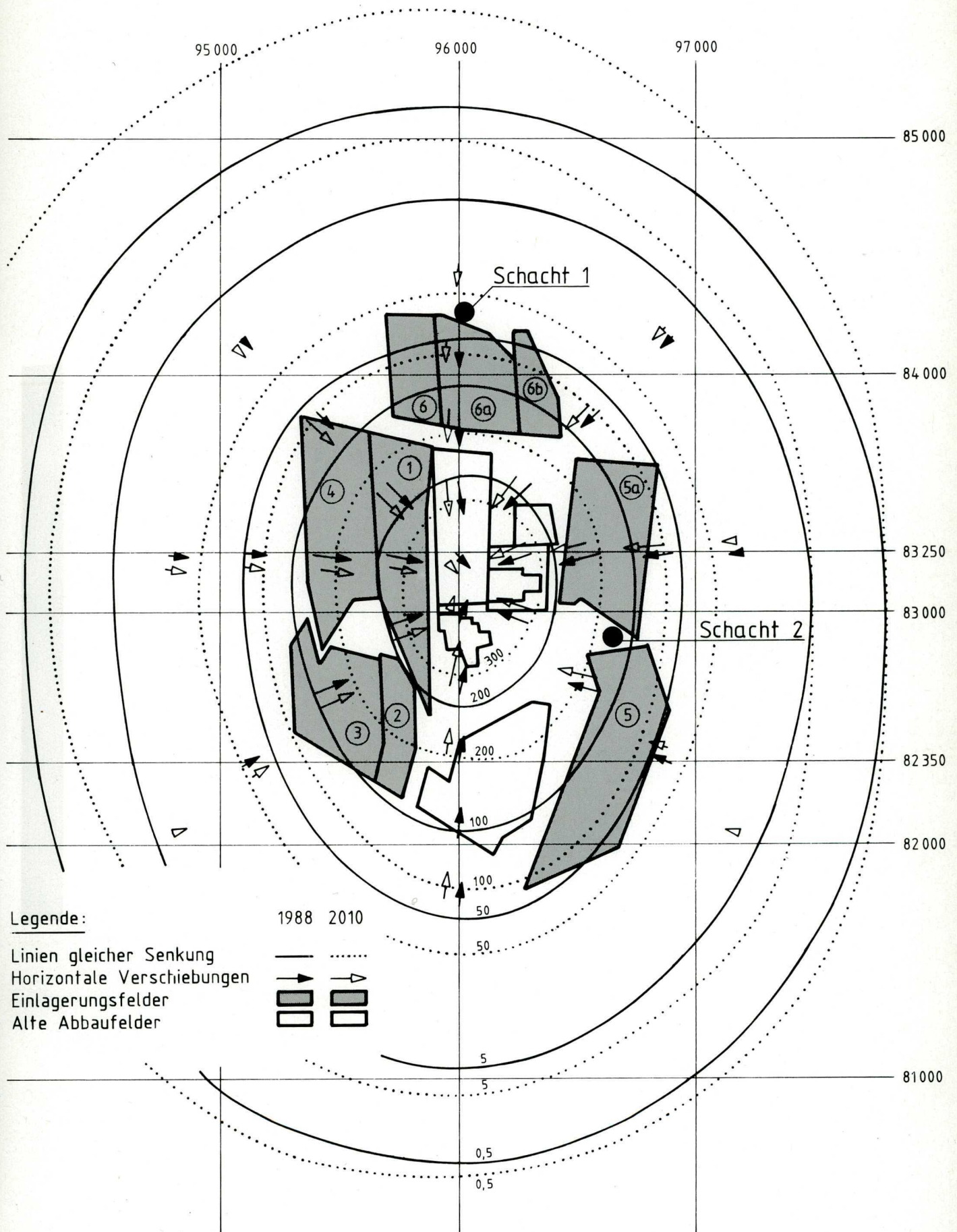


Abbildung 3.1.10.5/15: Horizontalverschiebungen und Linien gleicher Senkung für die Jahre 1988 und 2010





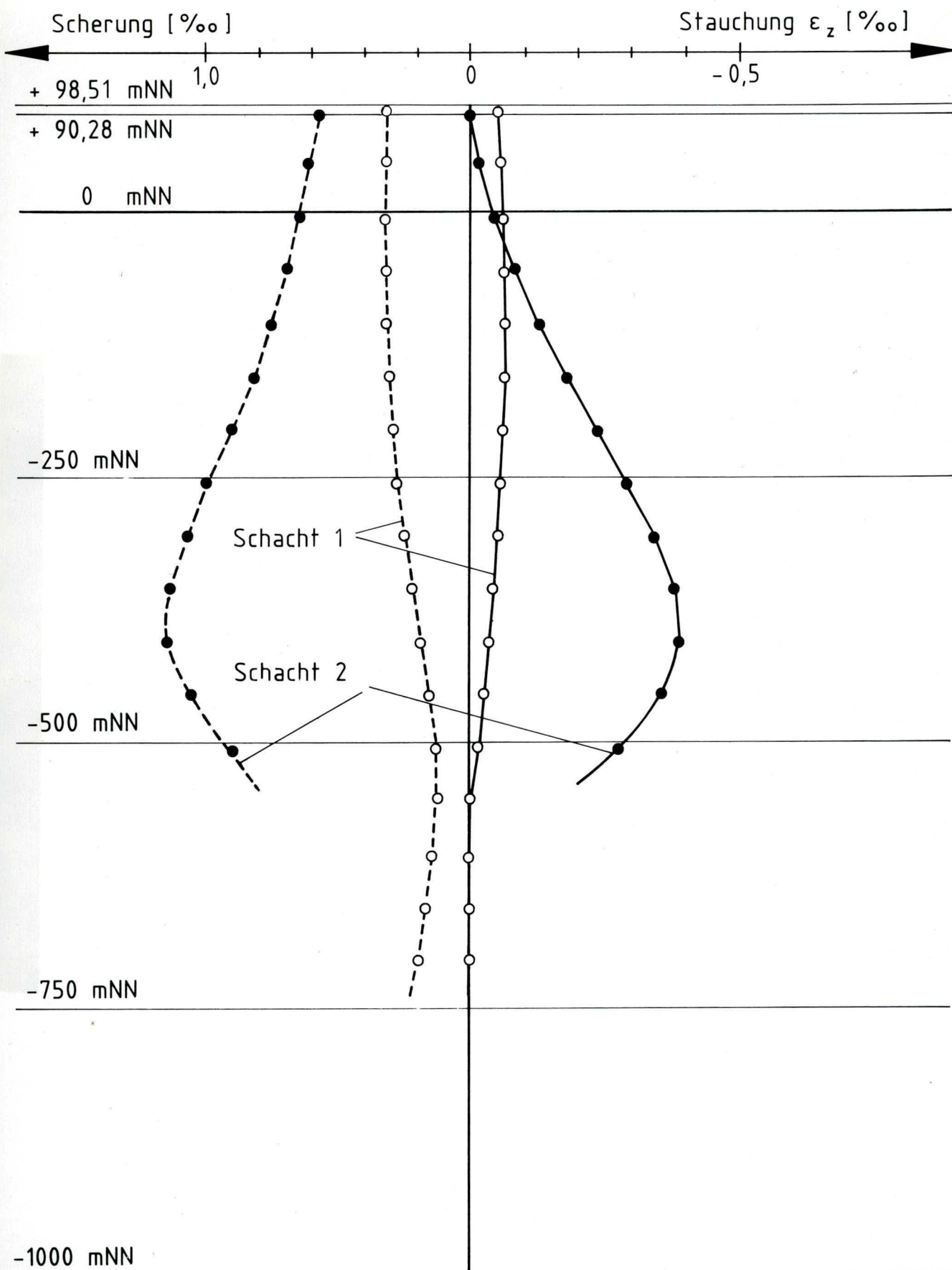


Abbildung 3.1.10.5/16: Tiefenabhängiger Verlauf von Schachtstauchung und Scherung, Schächte Konrad 1 und Konrad 2, Zeitpunkt 2010





### 3.1.10.6 Geologische Langzeitprognose

Aussagen über mögliche zukünftige geologische Ereignisse beruhen auf der Kenntnis von Vorgängen, die sich in der geologischen Vergangenheit bis in die Gegenwart hinein abgespielt haben. Für eine Extrapolation in die Zukunft sind Modellvorstellungen notwendig, die die vielfältigen Mechanismen und Reaktionen der Materie beschreiben können.

Im folgenden werden solche geologischen Ereignisse deterministisch untersucht, die aufgrund ihres möglichen zukünftigen Auftretens oder aus der bisherigen Entwicklung am Standort Konrad die Sicherheit des Endlagers beeinflussen können. Dabei kann es sich um Vorgänge handeln, die die endgelagerten Abfälle direkt (z. B. Freilegung des Einlagerungshorizontes) oder indirekt (z. B. über das Transportmedium Wasser) an die Erdoberfläche gelangen lassen oder die Barrieren derart schwächen, daß eine Rückhaltung von Radionukliden nicht mehr gewährleistet ist. Einwirkungen des Menschen werden hier nicht betrachtet.

#### Eiszeiten

Im Laufe der Erdgeschichte gab es mehrere Eiszeitalter, die jeweils bis zu einigen 10 Millionen Jahren dauerten /1/. Das letzte Eiszeitalter, in dem wir uns heute aus geologischer Sicht befinden, setzte im Tertiär ein und führte bereits vor ca. 14 Millionen Jahren zu einer ausgedehnten Vergletscherung der Antarktis /2/. In Nord- und Mitteleuropa lassen sich nach der klassischen Gliederung drei bis vier Kaltzeiten (Glaziale) mit einer Dauer von je ca. 100 000 Jahren unterscheiden, die von Warmzeiten (Interglaziale) mit einer Dauer von 10 000 Jahren bis 30 000 Jahren unterbrochen wurden. Wir leben z. Z. in einer solchen Warmzeit, dem Holozän, das vor ca. 10 000 Jahren bis 14 000 Jahren begann und

dessen Wärmeoptimum vor rund 6 000 Jahren bis 4 500 Jahren überschritten wurde /3/. Aus geologischer Sicht könnte in einigen tausend bis zehntausend Jahren eine neue Kaltzeit beginnen. Wieweit die menschlichen Eingriffe in den globalen Wärmehaushalt durch die Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes ("Treibhauseffekt") und des Aerosolgehaltes der Luft dieser Entwicklung entgegen steuern und möglicherweise eine langfristige Erwärmung verursachen /4/, ist umstritten.

Auswirkungen von Kaltzeiten auf das Endlager Konrad sind für diejenigen geologischen Vorgänge zu betrachten, die die Funktion der Barrieren schwächen könnten. Als geologische Barriere wirken insbesondere die tonig-mergeligen Gesteinsschichten der ca. 400 m bis 600 m mächtigen Unterkreide, deren Oberfläche im Nahbereich der Schachtanlage Konrad in Tiefen von ca. 100 m bis 300 m unter Geländeoberfläche liegt (Kap. 3.1.9.1 und Kap. 3.1.10.1). Oberflächennahe Veränderungen werden deshalb nicht weiter berücksichtigt.

In Zeiten mit periglazialen Bedingungen, d. h. mit niedrigen Lufttemperaturen und ohne Eisbedeckung, wie sie heute in Alaska und den Tundren Sibiriens herrschen, kann lediglich das Eindringen von Frost in den tieferen Untergrund die Barrierschichten beeinflussen. Die Eindringtiefe der Bodengefrorenis in vergangenen Glazialen läßt sich für unseren Raum nur schwer abschätzen. Einige Indizien deuten u. U. auf Tiefen von 100 m bis 200 m hin. Größere Mächtigkeiten des gefrorenen Bodens verlangen besondere Bedingungen, wie geringen Wärmefluß, sehr niedrige Jahrestemperaturen, geringe Niederschläge und hohe Wärmeleitfähigkeiten der Gesteine. Die geothermischen Parameter sind im Standortbereich Konrad jedoch nicht außergewöhnlich. Außerdem setzt ab ca. 130 m bis 170 m Tiefe die Versalzung des Grundwassers ein, wodurch der Gefrierpunkt herabgesetzt wird (Kap. 3.1.9.6.4).



Eine tiefgründige Bodengefrorenis wirkt sich auf die hydrogeologischen Verhältnisse sowie das mechanische Verhalten der Gesteine aus. Durch geringere Niederschläge, die überwiegend als Schnee fallen würden, und durch Behinderung des Eindringens von Wasser in den Untergrund aufgrund der mit Eis gefüllten Poren und Klüfte, würde eine Stagnation der Grundwasserbewegungen eintreten. Der tiefere Untergrund, speziell die Schicht, in der die Einlagerung stattfinden soll, ist außerdem durch die nur sehr gering permeablen Gesteine der Barriere abgedeckt (Kap. 3.1.9.6 und Kap. 3.1.10.3). Die oberflächennahen Lockersedimente würden durch Eisbildung eine höhere Festigkeit erhalten und auf schnellere Verformungen spröder reagieren. Langsame Verformungen vermag das Eis oder Eis-Lockersedimentgemisch durch bruchlose Fließvorgänge auszugleichen. Festgesteine würden ihre Eigenschaften nur unwesentlich ändern. Lediglich durch den Gefrierdruck des sich bildenden Eises kann eine Zerrüttung des Gebirges bzw. Aufweitung von bestehenden Klüften hervorgerufen werden, die beim Auftauen des Bodens zu erhöhten Durchlässigkeiten führen könnte. Diese Vorgänge sind aber nur in den oberen Bereichen zu erwarten, da die mit der Tiefe zunehmende Gesteinsauflast einen entsprechenden Gegendruck ausübt, dem sich das Eis durch Fließverformungen zu entziehen sucht. In den Mergel- bis Tonsteinen der Barriere ist weiterhin mit einem Schließen von möglicherweise entstandenen Rissen durch Quell- und Verformungsvorgänge zu rechnen.

Während der vergangenen Kaltzeiten wurde durch das Entstehen großer Eismassen den Ozeanen viel Wasser entzogen, so daß der Meeresspiegel um mehr als 100 m sank und damit das Vorflutniveau der Flüsse entsprechend geändert wurde. Eine nennenswert verstärkte Erosionstätigkeit der in die Nordsee entwässernden Flüsse trat nicht ein, da das Flußgefälle wegen des flachen Nordsee-



beckens die gleiche Größenordnung beibehielt. Auch die Urstromtäler, in denen beim Abschmelzen des Eises die anfallenden Wassermengen dem Meer zugeführt wurden, hatten nur eine beschränkte Erosionskraft von wenigen zehner Metern.

Das auffälligste Merkmal der Glaziale war das Vordringen von großen Eismassen aus dem Norden bis an den Rand der deutschen Mittelgebirge. Das hier zu betrachtende Gebiet wurde zweimal vom Inlandeis bedeckt (Abb. 3.1.10.6/1). Die Mächtigkeit der Eisbedeckung läßt sich nur schwer abschätzen; einige hundert Meter wären aber denkbar /5, 6/.

Die Auflast des Eises verursacht sowohl großräumig als auch lokal Spannungsänderungen und Verformungen, die u. U. eine Festigkeitsüberschreitung der Gesteine verursachen könnten /7/. Diese führt nicht zwangsläufig zu offenstehenden Klüften, auf denen Wasser zirkulieren könnte, sondern im wesentlichen zur Bildung von Scherflächen. Das Quell- und Verformungsvermögen, speziell der Barrierschichten der Unterkreide, würde zudem für eine Abdichtung sorgen.

Durch die Eisaufplast ist theoretisch eine beschleunigte Kompaktion der Barrierschichten möglich, wobei insbesondere die gering verfestigten Mergel- und Tonmergelsteine eine größere Festigkeit mit spröderem Bruchverhalten erhalten könnten, was das Dichtungsvermögen der Schichten beeinträchtigen könnte. Da das Gebiet aber bereits durch ehemalige Eismassen und zusätzliche Gesteinspakete belastet wurde, die jetzt abgeschmolzen oder erodiert sind, kann erst eine höhere Belastung als die vorhergegangene eine signifikante Kompaktion erzeugen. Damit ist aber für die hier zu betrachtende Zukunft nicht zu rechnen.

Beim Vordringen des Eises wird zunächst der Untergrund flächenhaft bis zu wenigen zehner Metern abgetragen; dieser Schutt findet sich in den Grund- und Endmoränen wieder. Lokal können aber auch durch das Eis selbst oder in Zusammenwirkung mit Schmelzwässern tiefere Hohlformen entstehen (Zungenbecken, subglaziale Rinnen). In der Umgebung der Schachtanlage Konrad wurden quartäre Vertiefungen bis zu ca. 100 m unter Geländeoberfläche festgestellt, die sich jedoch z. T. auch als Subrosionssenken über den benachbarten Salzstöcken deuten lassen. Subglaziale Rinnen mit Tiefen von über 200 m unter NN werden nur nördlich einer Linie Gifhorn - Celle - Delmenhorst angetroffen /8, 9/. Ein tiefes Einschneiden solcher Hohlformen in Festgesteine wurde noch nirgendwo beobachtet.

Während einer möglichen neuen Kaltzeit werden insbesondere die Gesteinsschichten des Quartär und der Oberkreide durch periglaziale bzw. glazigene Vorgänge betroffen. Eine Beeinträchtigung der Barrierschichten der Unterkreide über dem geplanten Endlager Konrad bleibt weitgehend auf die obersten Meter beschränkt. Die Verbreitung, Mächtigkeit und das physikalisch-chemische Verhalten der Barrierengesteine lassen eine Gefährdung des Endlagers nicht erwarten.

Eine Erwärmung und eine Verschiebung der Klimazonen durch anthropogene Einflüsse würden sich im wesentlichen auf die hydrologischen Verhältnisse auswirken. Trockeneres Klima bzw. höhere Verdunstungsraten ziehen geringere Grundwasserneubildungsraten nach sich, wodurch die Grundwasserbewegungen verlangsamt würden.

Durch weltweit höhere Jahrestemperaturen würden die heute noch als Inlandeis gebundenen Wassermassen freigesetzt und den Meeresspiegel um ca. 75 m erhöhen. Der Standort Konrad läge damit wesentlich näher an der Kü-



stenlinie. Während für die oberflächennahen Grundwasserleiter keine entscheidenden Änderungen eintreten, wären für die tieferen Grundwasserstockwerke Auswirkungen zu erwarten. Das mögliche Austrittsgebiet der Tiefengrundwässer (im Korallenoolith) im Raum Gifhorn (Kap. 3.1.10.3) läge dann unter Meeresbedeckung; dieser zusätzliche Wasserdruck würde die Fließgeschwindigkeiten verlangsamen.

#### Abtragung und epirogene Bewegungen

Die Abtragung von Gesteinen und Boden wird in flachen bis hügeligen Gegenden im wesentlichen durch die Transportmedien Wasser, Luft und Eis verursacht, wobei in unserem Gebiet letzteres auf die Eiszeiten beschränkt bleibt. In historischer Zeit greift der Mensch z. T. beschleunigend, z. T. bewußt hemmend in diese Vorgänge ein. Hier soll nur die flächenhafte Abtragung (Denudation) betrachtet werden, da ihr die linienhaft wirkende Abtragung der Flußerosion aufgrund des geringen Gefälles und der damit verbundenen geringen Erosionskraft für das zu betrachtende Gebiet nur im beschränkten Maße voraussetzt.

Die Denudation ist von einer Reihe von Faktoren wie Reliefenergie, Niederschlagsmenge, anstehender Gesteinsart, Vegetationsbedeckung u. a. m. abhängig. In /10/ wurde eine Reihe von Abtragungsraten zusammengestellt, die für geringe Höhenunterschiede zwischen 0,01 mm/Jahr und 0,10 mm/Jahr liegen (Abb. 3.1.10.6/2). In /11/ wurde diese Größenordnung bestätigt, aber darauf hingewiesen, daß bei Lockersedimenten bis zu einem Faktor 10 höhere Werte eintreten können. In /12/ wurde eine Reihe von Erosionskarten ausgewertet, in denen jährliche Denudationsraten für Norddeutschland mit 10 t/km<sup>2</sup> je Jahr bis 50 t/km<sup>2</sup> je Jahr angegeben werden. Wird die Gesteinsdichte mit 2,0 t/m<sup>3</sup> bis 2,4 t/m<sup>3</sup> angenommen, so ergeben



sich Raten von 0,004 mm/Jahr bis 0,025 mm/Jahr. Legt man eine flächige Abtragung von 0,1 mm/Jahr zugrunde und rechnet sie auf 100 000 Jahre hoch, so würde eine Gesteinsschicht von 10 m abgetragen. Die Abtragung kann bis auf das Meeresniveau erfolgen, wobei die Geschwindigkeit der Denudation wegen der geringer werdenden Reliefenergie bis dahin ständig abnehmen würde. Nur eine Heraushebung der Region um den Standort Konrad würde die Abtragung weiterhin aufrechterhalten; die geologischen Befunde deuten auf eine Hebung hin. Eine abgesicherte Quantifizierung läßt sich aufgrund der spärlich vorhandenen Vorkommen des Tertiär nicht durchführen (Kap. 3.1.9.1). Erschwerend für eine Rekonstruktion der epirogenen und tektonischen Bewegungsvorgänge in der jüngeren geologischen Vergangenheit wirken sich die Eigenbewegungen der benachbarten Salzstöcke aus.

Eine Abschätzung der möglichen Geschwindigkeit epirogenen Bewegungen kann anhand von Werten der weiteren Umgebung bzw. aus Bereichen mit ähnlichen geologischen Bedingungen durchgeführt werden. In /5/ und /13/ wurden einige Werte zusammengetragen, die in der Größenordnung von tausendsteln bis einigen Millimetern pro Jahr liegen. Dabei tendieren die geodätischen Angaben in der Regel zu größeren, die geologischen zu kleineren Geschwindigkeiten; dieses ist im wesentlichen durch das angewandte Verfahren selbst begründet /5/. Hebungs-raten von 1 mm/Jahr sind jedoch unrealistisch, da in 100 000 Jahren bereits Erhebungen von ca. 100 m, in 500 000 Jahren von 500 m entstünden, eine Größenordnung, die in die Nähe von Aufstiegsraten der Alpen rücken würde. Solche Vorgänge benötigen einen tektonischen Beanspruchungsplan, wie er bei Kollisionsfronten von kontinentalen Platten vorliegt. Eine Einbeziehung des Standortes Konrad in solche plattentektonische Zonen ist nicht zu erkennen und würde für eine entsprechende Entwicklung einen wesentlich längeren Zeitraum benötigen, als hier zu betrachten ist.

Bei epirogenen Hebungen von 0,1 mm/Jahr würde das Gelände in 100 000 Jahren um 10 m aufsteigen. Die Unterkreidebarriere über dem Endlager in Teufen über 100 m würde bei einer Abtragung in der gleichen Größenordnung wie der Hebung erst zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt angeschnitten werden.

#### Einflüsse der benachbarten Salzstrukturen auf das geplante Endlager

Die Schachtanlage Konrad befindet sich zwischen zwei etwa Nord-Süd streichenden Salzstrukturen, dem westlich gelegenen Salzstock Broistedt mit der nördlich daran anschließenden Struktur Vechelde und dem östlich gelegenen Salzstock Thiede (Kap. 3.1.9.2). Die Entstehung dieser Strukturen hat die Entwicklung und Lage u. a. des Korallenoolith entscheidend mitgeprägt; ein Teil des tektonischen Inventars im Bereich des heutigen Grubengebäudes ist auf die halokinetischen Vorgänge zurückzuführen (Kap. 3.1.9.2 und Kap. 3.1.9.4).

Heute ist das Salz aus den ehemaligen Salzkissen weitgehend aufgezehrt und in die Diapire abgeflossen. Stärkere Salznachschübe lassen sich jedoch noch bis in die Oberkreide nachweisen; mit geringen Bewegungen ist auch bis in die Gegenwart zu rechnen (Kap. 3.1.9.2).

Die Geschwindigkeiten der Nachdiapirphase werden im allgemeinen als gering angesehen und betragen maximal bis zu wenigen hundertstel Millimetern pro Jahr. Unterhalb des geplanten Endlagers befinden sich nur noch immobile Zechsteinsalzreste, sowie eine ca. 100 m mächtige Salzfolge des Mittleren Muschelkalk, die keine Anzeichen einer Salzbewegung aufweist (Kap. 3.1.9.1 und Kap. 3.1.9.2). In den nächsten Jahrhunderttausenden sind wegen der geringen halokinetischen Bewegungen keine nennenswerten Verformungen der darüber lagernden Schichten



mehr zu erwarten, die die Wirksamkeit der Barriere beeinträchtigen könnten.

Salzstöcke sind, besonders wenn sie bis nahe an die Oberfläche aufgestiegen und mit permeablen Sedimenten bedeckt sind, der Subrosion ausgesetzt. Das leichtlösliche Salz wird im Wasser gelöst und von der Grundwasserströmung fortgetragen. Die schwerlöslichen Bestandteile Anhydrit/Gips und unlöslicher Ton bleiben zurück und bilden das Hutgestein. Teils durch morphologische Untersuchungen, teils durch Bohrungen lassen sich Subrosionserscheinungen als Senken oder durch erhöhte Lockersedimentmächtigkeiten nachweisen. Für den Salzstock Broistedt wurde in /14/ eine mit tertiärem und pleistozänem Material gefüllte Subrosionssenke beschrieben sowie Ablaugungsgeschwindigkeiten ermittelt, die zwischen 0,004 mm/Jahr bis 0,04 mm/Jahr betragen. Aus der Literatur sind weiterhin Subrosionsraten von wenigen tausendstel Millimetern/Jahr bis ca. einem Millimeter/Jahr bekannt, die an anderen Salzstöcken ermittelt wurden. Langfristig ist davon auszugehen, daß sich die Ablaugung mit dem Salzstockaufstieg die Waage hält. Eine epirogene Hebung der gesamten Region mit einer entsprechenden Denudation kann die Salzablaugung erhöhen. Die Ausbildung einer Hohlform ist dann nicht zu erwarten, wenn der Substanzverlust an Salz durch eine entsprechende Aufstiegsrate des Salzstocks ausgeglichen wird. Geht man dennoch von einer über längere Zeit anhaltenden Subrosionsrate von 0,1 mm/Jahr aus, so ergibt sich in 100 000 Jahren ein Salzverlust von 10 m Mächtigkeit, in 1 000 000 Jahren von 100 m Mächtigkeit.

Die Möglichkeit, daß bis jetzt durch die Salzstöcke abgedichtete Wasserleiter an den oberflächennahen Grundwasserleiter angeschlossen werden könnten - mit entsprechenden Auswirkungen auf die hydraulischen Verhältnisse - bestände erst bei wesentlich größeren - mehrere



100 m -, aber unrealistischen Ablaugungsbe- trägen (Kap. 3.1.9.6 und Kap. 3.1.10.3). Die generelle hydrogeologi- sche Situation der Gegenwart bleibt bei den möglichen Subrosionsraten erhalten.

### Magmatismus

Das Auftreten von Gesteinsschmelzen (Magma) kann grob in einen oberflächennahen Bereich, den extrusiven Vulkanismus mit basaltischen Gesteinen, und einen tieferen Bereich, den intrusiven Plutonismus mit granitischen Gesteinen, getrennt werden; zwischen beiden gibt es Übergänge und Verzahnungen. Die augenfälligste Erscheinung des Magmatismus sind tätige oder bereits erloschene Vulkane. Bei der rezenten Verteilung der vulkanisch aktiven Regionen entfallen ca. 60 % auf die Inselbögen (Neuseeland, Indonesien, Japan bis Alaska), ca. 17 % auf die Westküste des amerikanischen Kontinents (Anden, Kordilleren), ca. 13 % auf den Atlantischen Ozean (Island, Azoren) sowie die restlichen ca. 10 % auf andere Gebiete wie den Mittelmeerraum oder die ostafrikanische Grabenzone /15/. All diese Regionen liegen in tektonisch beanspruchten Zonen, die in engem Zusammenhang mit der Plattenbewegung stehen. Norddeutschland ist einige hundert Kilometer von solchen Gebieten entfernt.

In Mitteleuropa setzte nach einer langen Ruhepause (der variszische magmatische Zyklus endete vor ca. 260 Millionen Jahre im Rotliegenden) in der höheren Unterkreide erneut Magmatismus ein /16/, dessen Höhepunkt im Tertiär, speziell dem Miozän, lag. Die jüngsten vulkanischen Ereignisse, Basaltvorkommen bei Eger und in den östlichen Sudeten, sowie einige Maare der Eifel, liegen ca. 10 000 Jahre zurück. Zeitlich wird der Magmatismus mit dem Aufreißen des Atlantischen Ozeans und der Heraushebung der Alpen in ursächlichen Zusammenhang gebracht /17, 18, 19/.

In Abb. 3.1.10.6/3 ist das Verbreitungsgebiet des jungen Magmatismus und damit verbundene, heute noch feststellbare Kohlensäureaustritte in Mitteleuropa dargestellt (das in /20/ beschriebene, aber fragliche Basaltvorkommen von Rolfsbüttel (Kap. 3.1.9.1) ist nicht mit berücksichtigt). Die einzelnen vulkanischen Zentren und Zonen sind auf einem Ost-West gerichteten Band aufgereiht, das von der Eifel im Westen über den Westerwald, den Vogelsberg, die Rhön und mit einem leichten Versatz über Böhmen, die Lausitz bis nach Schlesien reicht. Als nördliche Ausbuchtung erstreckt sich der Vulkanismus der Hessischen Senke bis nach Südniedersachsen /21/. Diese Zone, die sich bis auf ca. 70 km dem Standort Konrad nähert, war bis ins jüngste Miozän vulkanisch aktiv. Im Norden ist erst wieder in Dänemark und Südschweden tertiärer Magmatismus bekannt. Schließt man das fragliche Basaltvorkommen von Rolfsbüttel mit in die Betrachtung ein und unterstellt für dieses ein miozänes/pliozänes Alter (Kap. 3.1.9.1), so liegt das geplante Endlager im Randbereich der tertiären Vulkanzone, deren Aktivitätsmaximum im Miozän (vor 25 Millionen bis 5 Millionen Jahren) lag.

Einen weiteren Hinweis auf mögliche magmatische Aktivitäten gibt die rezente Verteilung der Wärmeflußdichte. In Abbildung 3.1.10.6/4 ist diese Verteilung dargestellt. Die Gebiete mit erhöhten Werten fallen weitgehend mit den Zonen des jungen Vulkanismus zusammen. Nach Osten läßt sich das generelle Bild fortsetzen, obwohl im Detail, aufgrund der unterschiedlichen Meßpunktdichte und Interpretation durch die Bearbeiter, Abweichungen auftreten /22/. In der Schachthanlage Konrad wurde der Wärmestrom mit  $71 \text{ mW/m}^2$  (entspricht dem Wert  $74 \text{ mW/m}^2$  auf Abbildung 3.1.10.6/4, der sich durch paläoklimatische Korrekturen ergibt) gemessen /23/. Eine Anomalie zeichnet sich nicht ab. Auch die Vitrit-Reflexion von organischem Kohlenstoff, die ein Maß für den



Inkohlungsgrad und damit für die geothermische Tiefenstufe ist, ergab in der Bohrung Konrad 101 normale, der Teufe entsprechende Werte.

Die möglichen Auswirkungen eines hypothetischen Magmatismus im Bereich des geplanten Endlagers Konrad sind von der Auftretensform als Intrusion bzw. Extrusion abhängig. Für beide ist eine Zerrungstektonik mit Bildung von tiefgreifenden Brüchen notwendig, die die Aufstiegsbahn für das Magma vorzeichnen und damit gleichzeitig die hydraulischen Durchlässigkeiten erhöhen würde. Bei der Platznahme von Intrusionen höbe sich das Dach der überlagernden Gesteine, was zu einer größeren Abtragungsrate führen könnte. Die ansteigenden Temperaturen verursachten eine Kontaktmetamorphose mit der Bildung von neuen Mineralen und damit eine Umgestaltung des ursprünglichen umgebenden Gebirges hin zu spröderen Gesteinen, die bei Beanspruchung leichter zu Bruchbildung neigten. Ein extrusiver Magmatismus im unmittelbaren Bereich des Endlagers könnte vorübergehend eine direkte Verbindung bis in die Biosphäre schaffen sowie langfristig die Barriere in der Umgebung des Schlotesschwächen.

Der Standort Konrad liegt von den heute noch relativ aktiven tektonischen Gebieten Mitteleuropas, wie der Niederrheinischen Bucht oder dem Oberrheintalgraben sowie den quartären Vulkanausbruchstellen einige hundert Kilometer entfernt. In der näheren Umgebung des Standortes klang der Magmatismus bereits vor einigen Millionen Jahren aus. Weiterhin sind keine Hinweise auf stärkere junge tektonische Vorgänge festgestellt worden (Kap. 3.1.10.1), so daß sowohl magmatische als auch für diesen Raum ungewöhnlich starke tektonische Ereignisse in den nächsten hunderttausend Jahren sehr unwahrscheinlich sind.



Literaturverzeichnis

- /1/ BRADLEY, R. S. (1985): Quaternary Paleoclimatology (Methods of Paleoclimatic Reconstruction). - 472 S.; Winchester (Mass., USA).
- /2/ KENNETT, J. P. (1982): Marine Geology. - 813 S.; Englewood Cliffs (N. J., USA).
- /3/ FLOHN, H. (1983): Actual Paleoclimatic Problems from a Climatologist's Viewpoint. - In: GHAZI, A. (Ed.): Paleoclimatic Research and Models. - Report and Proceedings of the Workshop held in Brussels (CEC), 15. - 17. Dez. 1982: 17 - 33; Dordrecht.
- /4/ FLOHN, H. (1979): Eiszeit oder Warmzeit? Fakten und Überlegungen zur Klimaentwicklung. - Naturwissenschaften, 66 (7): 325 - 330, 4 Abb., 2 Tab; Berlin.
- /5/ VENZLAFF, H. & LIEDTKE, L. & SCHNIER, H. & BLEICH, W. & DIEKMANN, N. (1985): Projekt Sicherheitsstudien Entsorgung, Abschlußbericht. - Fachband 11 "Standortsicherheitskriterien für das Endlagerbergwerk Gorleben"; Berlin.
- /6/ LOOK, E.-R. (1968): Geologisch-stratigraphische Untersuchungen in Sedimenten der Elster- und Saale-Eiszeit (Pleistozän) am Elm, östlich von Braunschweig. - Mitt. Geol. Inst. TH Hannover, 6: 108 S., 18 Abb., 4 Tab., 27 Taf.; Hannover.
- /7/ BULL, C. (1980): Assessment of Effectives of Geologic Isolation Systems. Glaciological Parameters of Disruptive Event Analysis. - 32 S. 4 Abb., Pacific Northwest Lab., PNL-2863 Uc-70; Richland (USA).

- / 8/ 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.
  
- / 9/ LIEDTKE, H. (1981): Glaziale Rinnen und glaziale Tiefrinnen. - Bochumer Geogr. Arbeiten, 40: 1 - 19, 3 Abb.; Paderborn.
  
- /10/ YOUNG, A. (1969): Present Rate of Land Erosion. - Nature, 224 (5222): 851 - 852, 2 Abb.; London.
  
- /11/ LAVILLE, P. & LAJOINIE, J. P. (1983): Étude Géoprospective d'un Site de Stockage; Mécanismes d'Altération et d'Érosion. - Rapport du B.R.G.M., 83 SGN 541 Gio; Orléans.
  
- /12/ JANSSON, M. B. (1982): Land erosion by water in different climates. - UNGI Rapport, 57: 1-151; Uppsala (Universitet).
  
- /13/ FOURNIGUET, J. (1982): Étude Géoprospective d'un Site de Stockage; Les Mouvements verticaux: Causes et Quantification. - Rapport du B.R.G.M., 82 SGN 1012 Géo: 44 S.; Orléans.
  
- /14/ PREUL, F. (1968): Die Subrosion am Salzstock von Salzgitter-Lebenstedt. - Geol. Jb., 85: 809 - 816, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
  
- /15/ BRINKMANN, R. (Hrsg.) (1967): Lehrbuch der allgemeinen Geologie. Bd. 3: "Magmatismus, Umbildung der Gesteine". - 630 S., 364 Abb., 62 Tab., 3 Taf.; Stuttgart.

- /16/ BROCKAMP, O. (1976): Nachweis von Vulkanismus in Sedimenten der Unter- und Oberkreide in Norddeutschland. - Geol. Rdsch., 65: 162 - 174, 7 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
  
- /17/ ILLIES, J. H. (1974): Taphrogenesis and Plate Tectonics. - In: ILLIES & FUCHS (Eds.): Approaches to Taphrogenesis: 433 - 460, 13 Abb.; Stuttgart.
  
- /18/ AHORNER, L. (1975): Present-Day Stress Field and Seismotectonic Block Movements along Major Fault Zones in Central Europe. - Tectonophysics, 29: 233 - 249, 9 Abb., 3 Tab.; Amsterdam.
  
- /19/ FUCHS, K. & GEHLEN, K. v. & MÄLZER, H. & MURAWSKI, H. & SEMMEL, A. (1983): Plateau Uplift. The Rhenish Shield - A Case History. - 411 S., 185 Abb., 3 Beil.; Berlin, Heidelberg.
  
- /20/ DORN, P. (1957): Der junge Vulkanismus im Braunschweiger Raum. - Geol. Jb., 74: 105 - 116, 1 Abb.; Hannover.
  
- /21/ SCHENK, E. (1974): Die Fortsetzung des Rheingraben durch Hessen. Ein Beitrag zur tektonischen Analyse der Riftsysteme. - In: ILLIES & FUCHS (Eds.): Approaches to Taphrogenesis: 286 - 302, 7 Abb.; Stuttgart.
  
- /22/ HURTIG, E. & OELSNER, C. (1979): The Heat Flow Field on the Territory of the German Democratic Republic. - In: Terrestrial heat flow in Europe: 186 - 190, 3 Abb.; Berlin.
  
- /23/ CREUTZBURG, H. (1964): Untersuchungen über den Wärmestrom der Erde in Westdeutschland, - Kali u. Steinsalz, 4 (3): 73 - 108; Essen.



- /24/ NILSSON, T. (1983): The Pleistocene Geology and Life in the Quarternary Ice Age. - 651 S., 292 Abb., 23 Tab.; Stuttgart.
- /25/ KNETSCH, G. (1963): Geologie von Deutschland. - 386 S., 63 Abb., 28 Taf., 1 Kt.; Stuttgart.
- /26/ HAENEL, R. (1983): Geothermal Investigations in the Rhenish Massif. - In: FUCHS, K. et al. (Eds.): Plateau Uplift. The Rhenish Shield - A Case History: 228-246, 14 Abb., 6 Tab.; Berlin, Heidelberg.

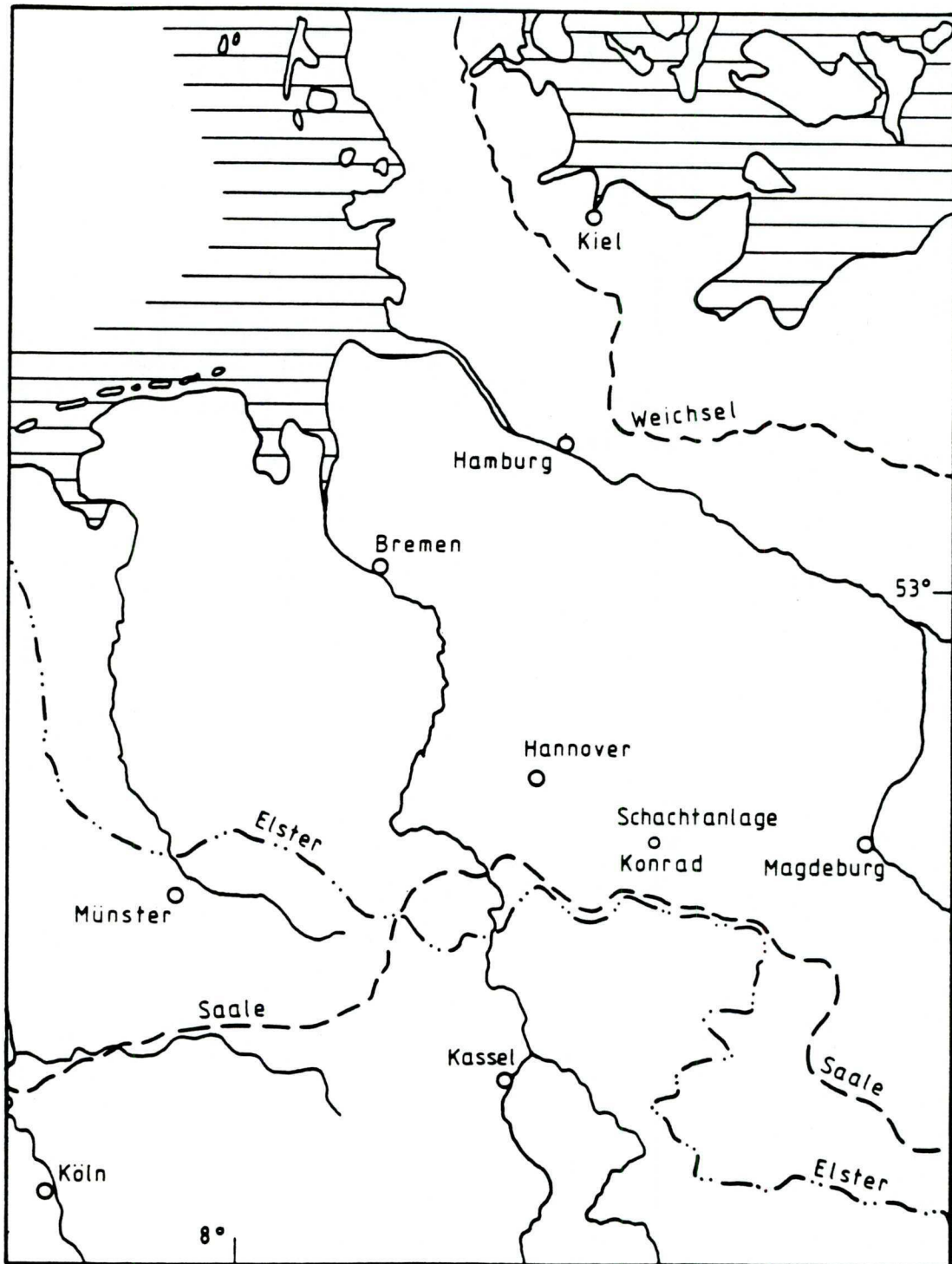


Abb. 3.1.10.6/1 Maximale Ausdehnung der Inlandverei-  
sung in Deutschland (umgez. nach /24/)

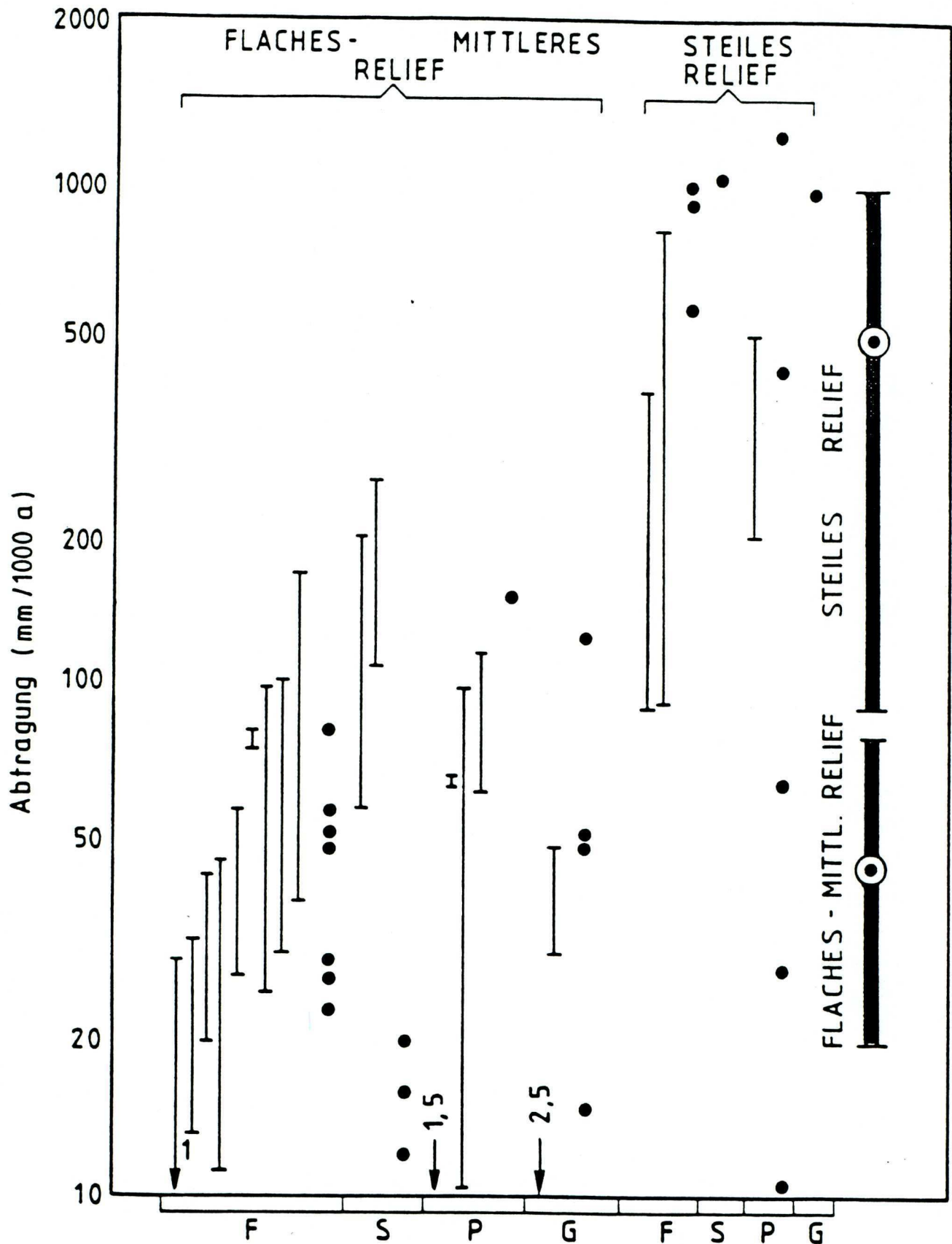


Abb. 3.1.10.6/2 Zusammenstellung von Abtragungsraten der Geländeoberfläche (nach /10/). Bestimmungsmethoden: F=Flußfracht, S=Sedimentationsbecken, P=Oberflächenprozesse, G=geologische Daten



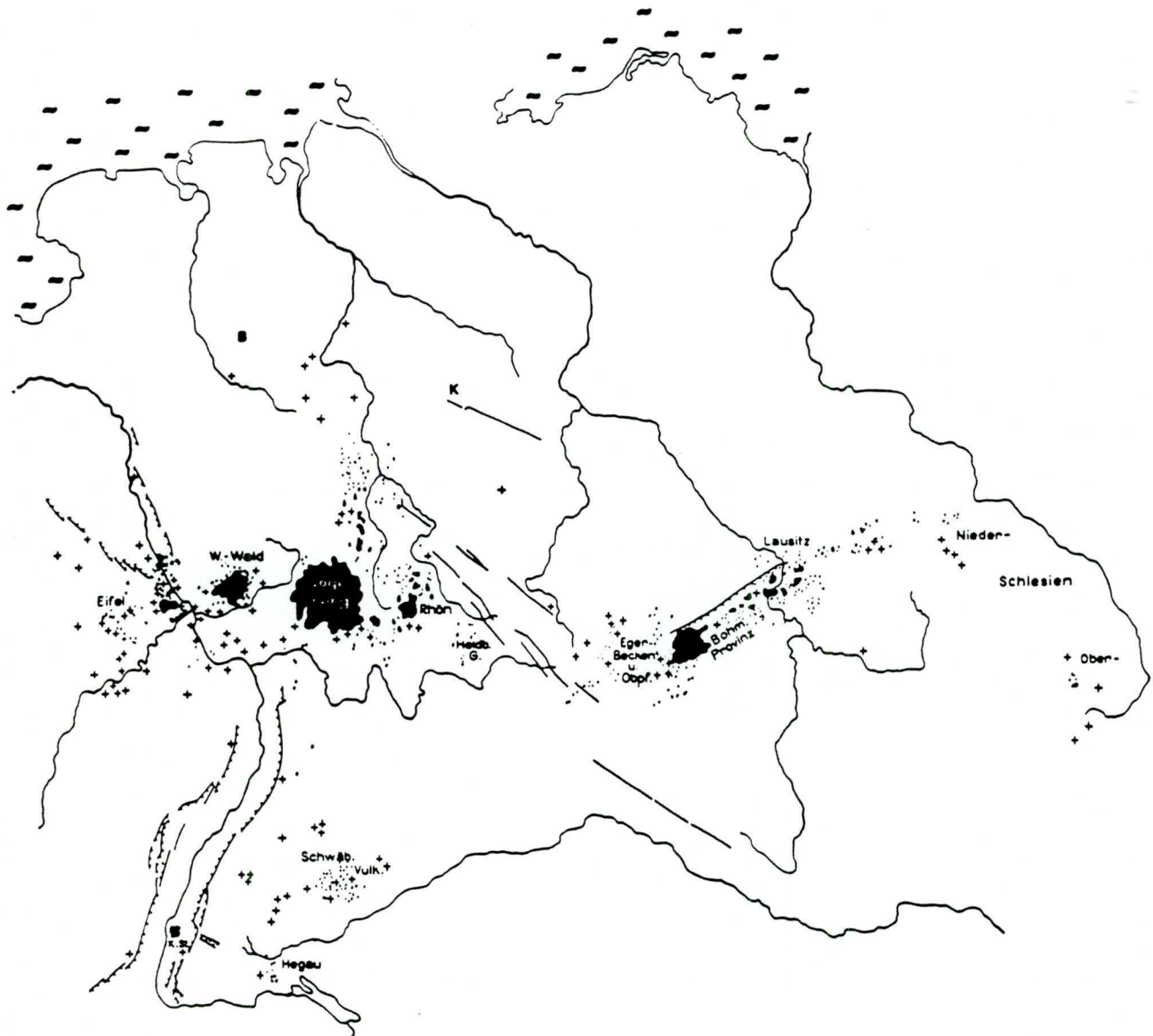


Abb. 3.1.10.6/3 Verbreitung des jungen Vulkanismus in Mitteleuropa (nach /25/).  
 Punkte und schwarze Flächen: Vulkanische Förderstellen; Kreuze: Kohlensäureaustritte;  
 B = Bramscher Massiv, K = Schachtanlage Konrad

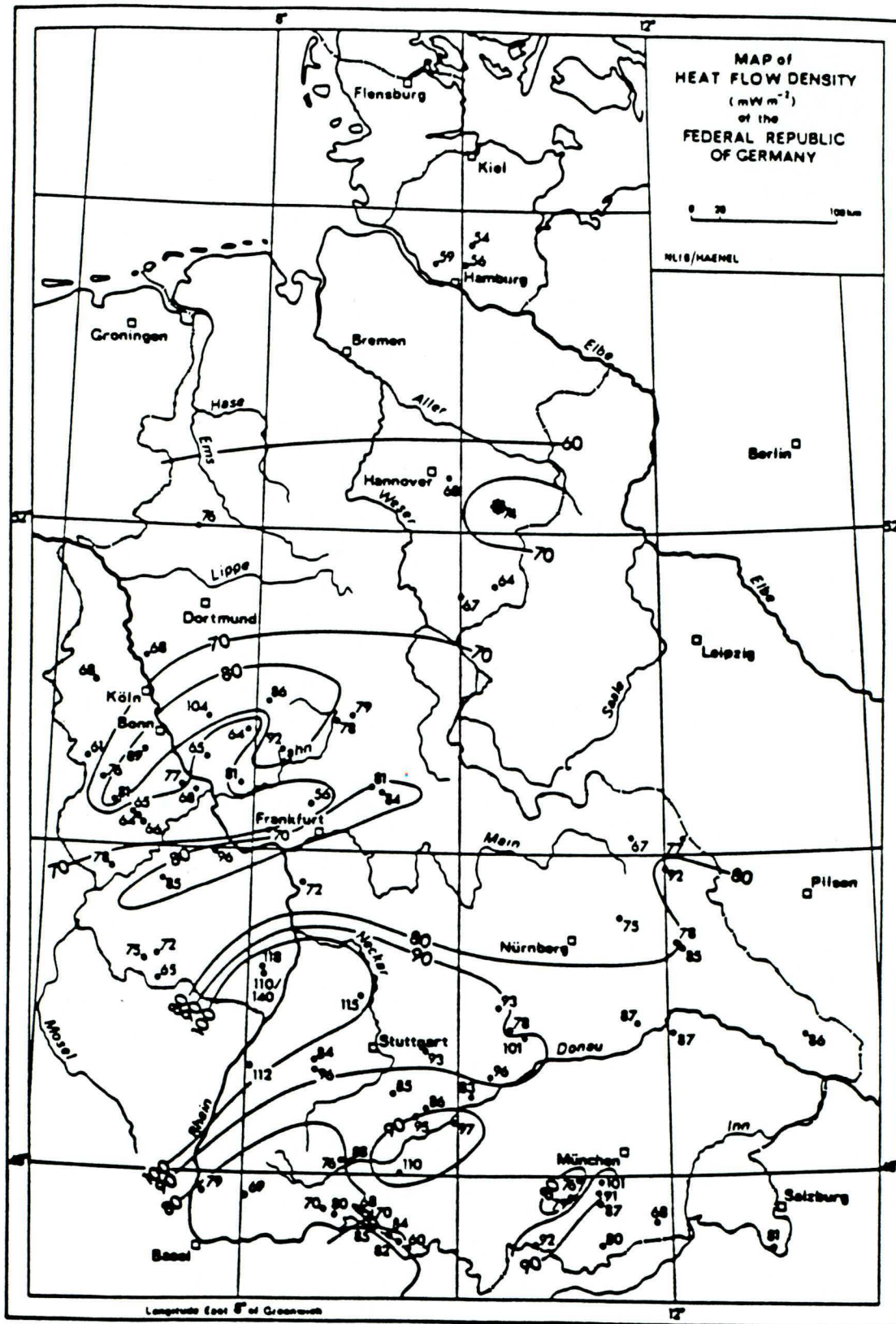


Abb. 3.1.10.6/4 Wärmeflußdichteverteilung in der Bundesrepublik Deutschland (aus /26/)  
\*Standort