

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG
HANNOVER

Hydrogeologische Vorgaben für Modellrechnungen zur
Langzeitsicherheit (Modellgebiet Grube Konrad)
(Stand: 05.10.90)

Auftraggeber: Niedersächsisches Umweltministerium (MU)

Sachbearbeiter:



Datum: 05.10.90
Archiv-Nr.: 107 447
Tgb.-Nr.: N 3.2 - 7399/90
TK 25: 3528-30, 3627-29, 3727-29, 3827-29, 3927-29
Abbildungen: 2
Tabellen: 2
Anlagengruppen: 5

<u>Inhalt</u>	Seite
1. Einführung	4
2. Abgrenzung des Modellgebietes	5
2.1 Modellraum	5
2.2 Randbedingungen	5
3. Schichtaufbau nach petrographischen Merkmalen mit Mächtigkeit und Verbreitung	7
3.1 Einführung	7
3.2 Abgrenzung der hydrogeologischen Einheiten	8
4. Effektive Gebirgsporosität P^*	10
4.1 Einführung	10
4.2 Bandbreiten und Vorschläge für erste Rechenwerte	13
4.2.1 Lockergestein	13
4.2.2 Festgestein	14
5. Wasserleitvermögen (Durchlässigkeitsbeiwert k_f)	19
5.1 Einführung	19
5.2 Bandbreiten und Vorschläge für erste Rechenwerte	20
6. Schriften und Unterlagen	31
6.1 Erläuternde Unterlagen	31
6.2 Berichte	32
6.3 Literatur	33
7. Tabellen und Abbildungen	34
Tabelle 1: Effektive Gebirgsporosität P^* (%) für Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit (Modellgebiet Grube Konrad)	35
Tabelle 2: Durchlässigkeitsbeiwerte k_f (m/s) für Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit (Modellgebiet Grube Konrad)	37
Abbildung 1: Standardprofil Geologie	40
Abbildung 2: Standardprofil Hydrogeologie	41

Anlagen

- Anlage 1 : Modellgebiet und Diskretisierung
- Anlage 2 : Lage der Schnitte und der Salzstöcke im Modellgebiet
- Anlage 3 : Grundwasser - Höhengleichen für das oberflächennahe Grundwasserstockwerk bezogen auf mittlere Grundwasserstände (nach Unterlagen des Antragstellers)
- Anlage 4.0 : Modellgebiet Konrad, Legende und Lage der geologischen Schnitte
- Anlage 4.1 : Modellgebiet Konrad, Geologischer Schnitt 1 - 1
bis
- Anlage 4.30 : Modellgebiet Konrad, Geologischer Schnitt 30 - 30
- Anlage 4.31 : Modellgebiet Konrad, Geologischer Schnitt A - A'
- Anlage 4.32 : Modellgebiet Konrad, Geologischer Schnitt B - B'
- Anlage 5.0 : Legende zu den hydrogeologischen Schnitten (Anl. 5.1 bis 5.30)
- Anlage 5.1: Hydrogeologischer West-Ost-Schnitt (2,5-fach überhöht) y=1
bis
- Anlage 5.30: Hydrogeologischer West-Ost-Schnitt (2,5-fach überhöht) y=30
- Anlage 5.31: Hydrogeologischer Süd-Nord-Schnitt (2,5-fach überhöht) x=7
- Anlage 5.32: Hydrogeologischer Süd-Nord-Schnitt (2,5-fach überhöht) x=13

1. Einführung

Der TÜV Hannover hat uns mit Schreiben vom 16.06.87 eine Aufstellung der von ihm für seine Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit benötigten geowissenschaftlichen Vorgaben und Kenndaten zugesandt. Im August 1988 haben wir die für den Aufbau eines Grundwasserströmungsmodells benötigten Angaben geliefert. Ein verbindlicher und endgültiger Modelleingabedatensatz konnte bis zu diesem Zeitpunkt nicht vorgelegt werden, da vom Antragsteller nachgeforderte wesentliche Unterlagen erst Ende 1988 / Anfang 1989 für eine abschließende Auswertung zur Verfügung standen.

Nach Auswertung der nachgelieferten Unterlagen haben wir im Datensatz vom 28.02.89 zu folgenden Punkten Angaben gemacht:

- Abgrenzung des Modellgebietes,
- Schichtaufbau nach petrographischen Merkmalen mit Mächtigkeit und Verbreitung,
- Effektive Gebirgsporosität P^* ,
- Wasserleitvermögen (Durchlässigkeitsbeiwert k_f).

An diesen Modellvorgaben wurden im Verlaufe unserer Begutachtung noch Nachbesserungen vorgenommen und dem TÜV übermittelt. Der vorliegende Bericht stellt die aktualisierte Fassung des Datensatzes vom 28.02.89 dar, d.h. alle zum Datensatz vom 28.02.89 nachträglich vorgenommenen modellrelevanten Änderungen und Ergänzungen sind in der vorliegenden Fassung vom 05.10.90 enthalten. Den Modellrechnungen von TÜV/GRS liegt dieser nachgebesserte, aktualisierte Modelleingabedatensatz bereits zugrunde.

Die vom TÜV Hannover für die Berechnung des Nuklidtransports benötigten KD-Werte, absolute Porositäten und Dispersionslängen sind in ECKL et al. [1990] (NLfB-Archiv-Nr. 107 478) aufgeführt.

Unveröffentlichte Unterlagen werden in eckigen Klammern zitiert (siehe Kap. 6.2 im Schriftenverzeichnis).

2. Abgrenzung des Modellgebietes

(Anl. 1, Anl. 2, Anl. 3)

Die Simulation der Grundwasserströmung im Untersuchungsraum mit Hilfe von Rechenmodellen erfordert bestimmte Vorgaben. Sie ergeben sich aus der Interpretation der geologischen, hydrogeologischen, hydraulischen und hydrochemischen Erkundungsergebnisse und werden im folgenden beschrieben.

2.1 Modellraum

Der Modellraum (Anl. 1) ergibt sich zu einem aus der Fragestellung und zum anderen aus der hydrogeologischen Situation. Als Südrand wird der ungefähre Verlauf des Salzgitter-Höhenzuges angenommen, da, ausgehend von der muldenförmigen Struktur des nach Norden anschließenden Untersuchungsgebietes, ein überwiegend nach Norden gerichteter Grundwasserstrom angenommen wird. Der Grundwassereinstrom erfolgt hauptsächlich im Bereich des Salzgitter-Höhenzuges. Die Nord-Süd streichenden Salzstrukturen stellen natürliche Grenzen des westlichen und östlichen Randes dar. Dabei wird aufgrund dieser Strukturen angenommen, daß Strömungskomponenten in Ost-West-Richtung gegenüber denen in Nord-Süd-Richtung klein und deshalb zu vernachlässigen sind. Als nördlicher Modellrand wird die Alberniederung angenommen, da der Einlagerungshorizont (Oxford) dort mit dem oberflächennahem Grundwasserstockwerk in hydraulischer Verbindung steht. Außerdem wird dadurch im Modell an diesem Rand eine aufwärts gerichtete Strömungskomponente erzwungen, die hier kurze Fließwege erzeugt.

In der Vertikalen wird der Modellraum an der Basis des Oberen Muschelkalk begrenzt.

2.2 Randbedingungen

Am oberen Modellrand (Modelloberfläche) wird konstantes Potential definiert (Randbedingung vom Dirichlet-Typ). Die Vorgabe dieser Potentialverteilung des oberflächennahen Grundwassers (Anl. 3) ergibt sich aus der Darstellung des Antragstellers im Plan 4/90 [] und in den Unterlagen EU 55, EU 146 und KLINGE & KELLER [1984]. Eine zusätzliche Berücksichtigung weiterer uns vorliegender Grundwasserstandsdaten sowie Korrekturen einzelner Meßstellenpositionen ergab zwar stellenweise ge-

ringfügige Änderungen im Verlauf der Grundwasserhöhengleichen, die jedoch nicht modellrelevant sind (vgl. Anl. 3.2.6/1 in NLFb [1990]). Eine Berücksichtigung der Grundwasserneubildung ist dabei indirekt nur dadurch möglich, daß die als stationär dargestellte Potentialverteilung die Grundwasserneubildung impliziert.

Alle vertikalen Ränder des Modellgebietes werden als undurchlässig definiert (Neumann-Typ mit $q=0$). Dies ergibt sich aus zwei Gründen: Zum ersten sind die Potentialverteilungen im tieferen Untergrund des Modellgebietes nicht bekannt und mit vertretbarem Aufwand auch nicht zu ermitteln und zum zweiten wird damit eine Hauptstromrichtung des Grundwassers simuliert, die als konservativ angesehen werden kann. Bei Variationsrechnungen ist es dann möglich, den Einfluß dieser Randbedingung dadurch abzuschätzen, daß einige noch zu definierende Randbereiche mit einer Zu- und/oder Abstromrate belegt werden können.

Die Basis des Modells wird ebenfalls als undurchlässig definiert (Randbedingung vom Neumann-Typ mit $q=0$), weil kein oder ein nicht nennenswerter Wasseraustausch über diese Berandung erfolgt. Das bereichsweise nicht ausgebildete Salinar des Mittleren Muschelkalk ändert nichts an dieser Tatsache; denn es kann davon ausgegangen werden, daß in diesen Teufenbereichen -bedingt durch sehr hohe Mineralisation- die Porenwasserdichte verglichen mit der des oberflächennahen Süßwassers sehr groß ist, so daß konvektive Wasserbewegungen nur ein sehr geringes Ausmaß haben oder sogar unterbleiben. Ein weiteres Argument für die Wahl dieser Randbedingung ist die Tatsache, daß die Röttone und -tonsteine im Liegenden eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit aufweisen [REDACTED].

Der gesamte Wasseraustausch läßt sich in 2 Komponenten gliedern:

- In der obersten Modellebene wird der lokale Grundwasserumsatz simuliert, der dem des oberflächennahen Stockwerkes jedoch nur grob entspricht.
- Der Zustrom in die Schichten bis einschließlich Oberer Muschelkalk erfolgt am Südrand des Modells (Salzgitter-Höhenzug).

Weitere Abstrommöglichkeiten, wie z.B. im Bereich der Fuhse, können im Verlauf von Modellvarianten (Sensitivitätsanalysen) durch Veränderung der Potentialverteilung an der Modelloberfläche nachgebildet werden.

Diese Möglichkeit der Veränderung von Randbedingungen und/oder Systemeigenschaften ist bei dem Betrieb eines Modells immer gegeben. Es wird im Verlauf der Modellerstellung und der ersten Rechenläufe hier zu Variationen kommen, da die vorgegebenen Systemeigenschaften und Randbedingungen für den ersten Rechenlauf eine Bandbreite aufweisen, die zu Kontrollen auf Plausibilität und Betrachtungen zur Sensitivität genutzt werden sollen. Dies gilt auch für die Bandbreiten der angegebenen Porositäten.

Kontrollfunktionen (z.B. die Druckverteilung), mit denen die Rechenergebnisse überprüft werden können, sind nicht gegeben. Wenn man die Austauschwassermengen an der Modelloberfläche mit der Grundwasserneubildungsverteilung vergleicht, kann dies nur als Plausibilitätskontrolle angesehen werden, weil im Modell das oberflächennahe Grundwasserstockwerk nicht detailliert genug nachgebildet werden kann. Dies ist im Rahmen der Fragestellung auch nicht erforderlich.

3. Schichtaufbau nach petrographischen Merkmalen mit Mächtigkeit und Verbreitung

(Abb. 1, Abb. 2, Anl. 2, Anl. 4.0 bis 4.32, Anl. 5.0 bis 5.32)

3.1 Einführung

Grundlage für die Darstellung der Lage, Verbreitung und Mächtigkeit der von uns nach verschiedenen hydrogeologischen Kriterien (siehe Kap. 4 und 5) im Modellraum ausgehaltenen 18 Einheiten (Abb. 2) waren die Ergebnisse der geologischen Auswertung zur Lithofazies und zum Bau der Gebirgsformationen im Bereich des geplanten Endlagers Konrad. Die durch die Auswertung von Bohrerergebnissen, Seismikprofilen etc. ermittelten Schichtgrenzen sind in den geologischen Schnitten (Anl. 4.1 bis 4.32) dokumentiert.

Lage, Verbreitung und Mächtigkeit der 18 hydrogeologischen Einheiten sind in den hydrogeologischen Schnitten (Anl. 5.1 bis 5.32) dargestellt.

Zerrüttungszonen und eventuell verkarstete Bereiche im Oxford (Anl. 5.1 bis 5.32) werden wegen ihrer möglichen Bedeutung für die Grundwasserbewegung in die hydrogeologische Bewertung des Gebirges einbezogen. Die

Zerrüttungszonen werden nach tektonischen Gesichtspunkten in 3 Beanspruchungsbereiche unterteilt:

- Zone 1 (sehr stark zerrüttet): Störungszonen, mehrmals reaktiviert, Inversionstektonik, große Sprunghöhen (größer 400 m), lange Erstreckung, komplementäre Staffelsprünge, "flower structures" über dem Wurzelbereich, Sockelstörungen und Überschiebungen mit rheinischer oder herzynischer Richtung.
- Zone 2 (stark zerrüttet): komplex gestörte Flankenbereiche der Salzstöcke, gestörtes Deckgebirge über dem Salzstock.
- Zone 3 (mäßig zerrüttet): "einfache" Störungszonen, geringe vertikale Sprunghöhen (kleiner 100 m), geringe horizontale Erstreckung (kleiner 5 km), Grabenzone.

Das übrige Gebirge wird im Rahmen der seismischen Auflösbarkeit als störungsfrei angesehen.

Folgende tektonischen Elemente sind im einzelnen im Modellgebiet zu berücksichtigen:

- Zone 1: Salzgitter-Höhenzug, Immendorfer Störung, Sauinger Sprung, Drütter Sporn, Überschiebung Rühme-Meine-Vordorf, Störungszonen Thiede-Bechtsbüttel, Wendeburg-Gifhorn, Bechtsbüttel-Calberlah und Gifhorn-Calberlah.
- Zone 2: Salzstockflanken und Deckgebirge über Salzstöcken.
- Zone 3: Konrad-Graben, Bereich südlich des Konrad-Grabens und sonstige "einfache" Störungszonen.

Die Zone einer möglichen Verkarstung des unter der Unterkreidetransgression ausstreichenden Oxford wird mit rd. 50 m Mächtigkeit eingeschätzt.

3.2 Abgrenzung der hydrogeologischen Einheiten

Die Grenzen der hydrogeologischen Einheiten sind

- a) nachgewiesen durch Bohrungen und/oder seismische Erkundung (vgl. Anl. 4.1 bis 4.32) oder
- b) abgeleitet unter Einbeziehung von Bohrergebnissen aus dem Untersuchungsgebiet oder angrenzenden Gebieten und unter Berücksichtigung

der paläogeographischen Entwicklung des Untersuchungsraumes.

Die Grenzen folgender hydrogeologischer Einheiten sind nach a) festgelegt:

1 = Quartär

2 = Tertiär

3 = "Emscher"-Mergel

Der "Emscher"-Mergel ist identisch mit den stratigraphischen Einheiten Coniac bis Maastricht.

4 = Plänerkalke bis Flammenmergel

Als Flammenmergel wird die verkieselte Fazies des Oberalb bezeichnet. Der Flammenmergel tritt nur im Bereich der Schnitte y=1 bis y=13 auf (Anl. 4.1 bis 4.13). Im übrigen Gebiet bilden die Plänerkalke der Oberkreide die Basis dieser hydrogeologischen Einheit.

5 = Alb (tonig)

6 = Hilssandstein

7 = Apt bis Basis Unterkreide (tonig)

9 = Valangin (sandig) und Wealden

Sedimente des Valangin treten im südlichen Teil des Modellgebietes nur lokal auf.

10 = Tithon und Kimmeridge

11 = Oxford

21 = Oberer Muschelkalk (Hangendgrenze)

Die Grenzen folgender hydrogeologischer Einheiten sind nach b) ermittelt:

12 = Callovium und Bathonium (tonig)

13 = Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Oberes Bajocium)

14 = Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)

15 = Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)

16 = Unteres Aalenium bis Sinemurium

17 = Hettangium und Oberer Keuper

18 = Mittlerer Keuper und Unterer Keuper

19 = Oberer Muschelkalk (Liegendgrenze)

4. Effektive Gebirgsporosität P*

(Tab. 1, S. 35)

4.1 Einführung

Die effektive Gebirgsporosität, bei Festgesteinen ein Summenwert aus effektiver (= abflußwirksamer oder nutzbarer) Matrixporosität und effektivem Klufthohlraumvolumen oder Kluftvolumen, geht als wesentlicher Parameter in die Berechnung der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit) ein. Die effektive Porosität repräsentiert den Volumenanteil, den jenes Wasser einnimmt, das unter üblichen Druckverhältnissen fließen kann (RICHTER & LILLICH, 1975).

Effektive Matrixporosität:

Porositätswerte wurden vorwiegend an Bohrkernen im Labor ermittelt. Die nach diesen Verfahren bestimmten und auch als "effektiv" bezeichneten Porositäten stimmen aber nur zum Teil mit dem im Hinblick auf die Grundwasserströmung als effektiv oder abflußwirksam angesehenen Hohlraumvolumina überein. Annähernd vergleichbar sind die Porositätswerte aus dem Labor und effektive Matrixporositäten bei gut durchlässigen Schichten, da hier das Verhältnis von Haftwasseranteil zu nutzbarem Wassergehalt sehr klein ist. Generell geben daher nur die an grobkörnigen gut wasserleitenden Gesteinen im Labor ermittelten Werte die effektive Matrixporosität wieder. Bei feinkörnigen Sedimenten, wie z.B. bei Tonsteinen, sind die an Bohrkernen gemessenen Werte meist sehr viel größer als die abflußwirksame Matrixporosität. Meßwerte für die effektive Porosität, die aus dem Untersuchungsraum (= Modellgebiet) und angrenzenden Gebieten vorliegen, sind in den Erläuternden Unterlagen EU 199, EU 216.1 und EU 216.2 zusammengestellt.

Die Verteilung der Meßdaten im Modellgebiet ist sehr unterschiedlich. Die Probennahmepunkte häufen sich im Nahbereich des geplanten Endlagers (Grubengebäude, Bohrung K 101) sowie im Bereich der Erdöl- und Erdgasfelder. Nur sehr wenige Meßwerte sind für die tiefer liegenden Schichtenkomplexe vorhanden. Keine Meßdaten sind aus dem Oberen Muschelkalk bekannt.

Die im Verhältnis zur Größe des Modellgebietes sowie zur Anzahl der verschiedenen lithologischen Einheiten geringe Datendichte erlaubt nicht, allein anhand der Meßwerte für die einzelnen hydrogeologischen Einheiten repräsentative effektive Matrixporositäten anzugeben, die für den gesamten Modellraum Gültigkeit haben.

Effektive Klufthohlraumvolumina:

Daten über effektive Klufthohlraumvolumina sind im Untersuchungsgebiet nicht ermittelt worden.

Effektive Gebirgsporositäten:

Aus den o.a. Gründen kann die effektive Matrixporosität sowie das effektive Klufthohlraumvolumen und damit die für den Modellraum repräsentative effektive Gebirgsporosität und deren Bandbreite nur eingeschätzt werden. Berücksichtigung fanden dabei neben den vorliegenden Meßwerten und Literaturdaten die lithofaziellen Verhältnisse und die hydrogeologischen Gegebenheiten (Poren- und/oder Kluftwasserleiter, Durchlässigkeit und Tiefenlage der Schichten etc.).

Folgende Richtwerte für effektive Poren- und/oder Kluftvolumina verschiedener Locker- und Festgesteine sind der Literatur zu entnehmen:

a) Lockergestein (HÖLTING, 1980)

- Ton: effektives Porenvolumen = kleiner als 5 %
- Sand und Kies: effektives Porenvolumen = 10 - 30 %

b) Festgestein (DVWK, 1983)

- Tonstein: effektiver Porenanteil = 0 - 10 %
effektives Kluftvolumen = 0 - 0,5 %
effektives Kluftvolumen = 0,5 - 4,7 % (MATTHESS & UBELL, 1983)
- Mergelstein: effektiver Porenanteil = 0 - 13 % (MATTHESS & UBELL, 1983)
- Mergelkalk: effektives Kluftvolumen = 2,5 - 6 % (KRAPP, 1979)

- Kalkstein: effektiver Porenanteil = 2 - 20 % f. poröse Kalksteine
effektiver Porenanteil = 0 % f. dichte Kalksteine
effektives Kluftvolumen = 0,1 - 2 % f. poröse Kalksteine
effektives Kluftvolumen = 1 - 4 % f. dichte Kalksteine

- effektives Kluftvolumen = 0,7 - 13 % (MATTHESS & UBELL, 1983)
- Sandstein: effektiver Porenanteil = 0 - 20 %
 - effektives Kluftvolumen = 0,1 - 2 %
 - effektives Kluftvolumen = <0,1 - 5 % (MATTHESS & UBELL, 1983)

Das Hohlraumvolumen des Gebirges nimmt durch die Erhöhung des Gebirgsdruckes generell mit zunehmender Tiefe ab. Für die unter der Unterkreidebasis liegenden hydrogeologischen Einheiten (durchschnittlich tiefer als 500 m unter Gelände) wird daher bei der Einschätzung der effektiven Gebirgsporosität nur noch die Hälfte des Wertes angesetzt, der für Schichten mit vergleichbarem lithologischen Aufbau im höheren Teil des Gebirges angenommen wird. Die Abnahme des Porenraums um einen Betrag in dieser Größe wird durch verschiedene Untersuchungsergebnisse, z.B. MATTHESIUS (1974), weitgehend bestätigt.

Das Wasserleitvermögen von Festgesteinen mit vernetzten Kluftsystemen hängt größtenteils vom effektiven Kluftvolumen ab und weniger vom effektiven Porenvolumen. Bei der Festlegung des Wertes für die effektive Gebirgsporosität fand dies Beachtung.

Zwischen Porosität und Durchlässigkeit besteht kein unmittelbarer, d.h. mathematisch definierbarer Zusammenhang. Dennoch ist eine Relation zwischen beiden Parametern vorhanden. Dies wird bei der Einschätzung der effektiven Gebirgsporosität in der Weise berücksichtigt, daß die Porosität zu jenen Gebirgsdurchlässigkeiten in Beziehung gebracht wird, die von uns für die einzelnen hydrogeologischen Einheiten abgeleitet werden. Schichten mit großem Wasserleitvermögen werden prinzipiell große effektive Porositäten zugeordnet.

Der Rechenwert für die effektive Gebirgsporosität wird so gewählt, daß bezogen auf die Bandbreiten relativ große Grundwasser-Fließgeschwindigkeiten als Modellergebnisse zu erwarten sind.

Der vorgeschlagene Rechenwert wird von uns als repräsentativ für die im SWIFT-Modell verwendeten Blockgrößen (vgl. Anl. 1) angesehen. Die für einzelne Modellblöcke möglichen Extremwerte liegen unserer Einschätzung nach innerhalb der vorgegebenen Bandbreite.

4.2 Bandbreiten und Vorschläge für erste Rechenwerte (Tab. 1, S. 35)

Die vorliegenden Kenntnisse über die Porositäten der Schichten im Raum Konrad lassen Gruppenbildungen für bestimmte Schichtpakete nach den vor- genannten Kriterien zu. Da die lithologische Ausbildung des Gesteins wesentlich dessen Porosität bestimmt, werden im folgenden die verschie- denen hydrogeologischen Einheiten entsprechend ihren lithologischen Ei- genschaften in mehreren Gruppen zusammengefaßt und die Porositätswerte unter Berücksichtigung aller vorhandenen Informationen eingeschätzt. In Tabelle 1 sind jeweils unter a) die eingeschätzten Bandbreiten für die effektive Porosität angegeben und unter b) der Porositätswert, den wir für den 1. Rechenlauf vorschlagen. Bei weiteren Rechenläufen kann inner- halb der angegebenen Bandbreiten variiert werden.

In den Zerrüttungszonen (vgl. Kap. 3) wird im Vergleich zum umgebenden Gebirge eine größere effektive Gebirgsporosität (und -durchlässigkeit) für wahrscheinlich gehalten. Deshalb schlagen wir vor, den Rechenwert für die effektive Gebirgsporosität in diesen Zonen um etwa die Hälfte des für das intakte Gebirge angenommenen Rechenwertes zu erhöhen. Eben- falls ist aber nicht auszuschließen, daß innerhalb des zerrütteten Be- reiches das effektive Porenvolumen nur unwesentlich verändert oder sogar vermindert ist. Dies kann in weiteren Rechenläufen berücksichtigt wer- den.

4.2.1 Lockergestein

Für die nicht verfestigten, überwiegend aus Sand und Schluff bestehenden Sedimente des Quartär wird eine Bandbreite der effektiven Gebirgsporo- sität von 10 - 40 % als wahrscheinlich angesehen (Tab. 1, Nr. 1). Wir schlagen vor, als 1. Rechenwert 20 % für die effektive Gebirgsporosität anzusetzen. Dies ist ein Erfahrungswert, der in verschiedenen gutachtli- chen Stellungnahmen des NlFB zur Wasserversorgung in diesem Raum ange- setzt wurde, wie z.B. in GRIMMELMANN [1971].

4.2.2 Festgestein

Tonsteine

Folgende hydrogeologische Einheiten (Tab. 1) sind vorwiegend aus Tonsteinen und Tonmergelsteinen aufgebaut:

Hydrogeol. Einheit Nr.	Bezeichnung
5	Alb (tonig)
7	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)
12	Callovium und Bathonium (tonig)
14	Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)
16	Unteres Aalenium bis Sinemurium

Die im Labor an Gesteinsproben aus dem Modellraum und angrenzenden Gebieten an Tonsteinen der Unterkreide und des Doggers ermittelten Effektivporositäten (vgl. Kap. 4.1) liegen zwischen 5,4 % und 20,8 % (EU 216.2).

Ton- und Tonmergelsteine sind überwiegend sehr gering durchlässig. In Relation dazu ist auch der für die Grundwasserbewegung nutzbare Hohlraumanteil als klein anzunehmen. Bezogen u.a. auf die Untersuchungsergebnisse wurde ein großer Durchlässigkeitsbeiwert als 1. Rechenwert für die tonigen Gesteine vorgeschlagen (Tab. 2, S. 37). Der Rechenwert für die effektive Gebirgsporosität wurde entsprechend mit 5 % für die oberflächennäheren (Nr. 5 und 7) bzw. 2 % für die tieferen, unter höherem Gebirgsdruck stehenden hydrogeologischen Einheiten (Nr. 12, 14 und 16) angeglichen.

Die Bandbreite der effektiven Gebirgsporosität schätzen wir im höheren Teil des Gebirges mit 2 - 15 % ein. Der untere Grenzwert der Bandbreite wurde bei den tiefer liegenden Einheiten auf 0,5 % herabgesetzt.

Mergelsteine

Folgende hydrogeologische Einheiten (Tab. 1) sind vorwiegend aus mergeligen Gesteinen aufgebaut:

Hydrogeol. Einheit Nr.	Bezeichnung
3	"Emscher"-Mergel
18	Mittlerer Keuper und Unterer Keuper (Im südl. Modellgebiet mit erhöhtem Sandgehalt)

Die an sandigem "Emscher"-Mergel im Labor gemessenen Werte (vgl. Kap. 4.1) liegen zwischen 10 und 19,5 % (EU 216.2).

Als Rechenwert schlagen wir eine effektive Gebirgsporosität von 5 % vor, da die im Vergleich zu den Tonsteinen kompetenteren Mergelsteine ein größeres nutzbares Klufthohlraumvolumen besitzen. Als Grenzwerte der effektiven Gebirgsporosität werden für den höheren Teil des Gebirges wie bei den Tonsteinen 2 und 15 % angesetzt; für den tieferen Gebirgsbereich wird der untere Grenzwert auf 1 % verkleinert.

Kalksteine

Folgende hydrogeologische Einheiten (Tab. 1) sind aus Kalksteinen (mit Einschaltungen von Mergel- und Tonmergelsteinen) aufgebaut:

Hydrogeol. Einheit Nr.	Bezeichnung
4	Plänerkalke bis Flammenmergel (verkieselte Oberalb-Tonsteine)
10	Tithon und Kimmeridge
11	Oxford
21	Oberer Muschelkalk

Im Labor (vgl. Kap. 4.1) wurden für die Gesteinsproben aus den o.a. Einheiten Porositätswerte von 0,1 bis 26,8 % bestimmt (EU 216.2)

Die Plänerkalke besitzen aufgrund ihrer meist oberflächennahen Lage ein großes effektives Kluftvolumen und ein hohes Wasserleitvermögen. Wir nehmen daher für die Plänerkalke und die Flammenmergel (verkieseltes Oberalb) als effektive Gebirgsporosität 10 % an (Bandbreite: 5 - 20 %).

Eine geringere effektive Gebirgsporosität ist für die tiefer liegenden Kalk- und Mergelsteine zu erwarten. Für die Schichtenfolge des Oxford, der als Einlagerungs- und möglicher Ausbreitungshorizont besondere Bedeutung hat, wird aufgrund der hydrogeologischen Gegebenheiten (vgl. Kap. 5.2) als repräsentative effektive Gebirgsporosität 1 % angesetzt. Die Bandbreite von 0,1 - 20 % deckt u.E. das gesamte Spektrum der effektiven Gebirgsporosität gering geklüfteter, dichter Kalksteine bis zur effektiven Gebirgsporosität stark poröser Kalksteine ab.

Für die Schichten des Tithon und Kimmeridge werden wegen ihrer mit dem Oxford vergleichbaren hydrogeologischen Eigenschaften dieselben Porositätswerte angesetzt.

Der Obere Muschelkalk wird als ein gut durchlässiger Kluftwasserleiter betrachtet (Vorschlag für 1. Rechenwert $k_f = 1E-6$ m/s *). Der Modelleingangswert für die effektive Gebirgsporosität wird diesem eingeschätztem hohem Wasserleitvermögen durch die Annahme eines großen Hohlraumvolumens von 5 % angeglichen.

Sandsteine

Folgende hydrogeologische Einheiten (Tab. 1) sind vorwiegend aus

*) $1E-6 = 1 \cdot 10^{-6}$

Sandsteinen aufgebaut:

Hydrogeol. Einheit Nr.	Bezeichnung
2	Tertiär
6	Hilssandstein
9	Valangin (sandig) und Wealden
13	Cornbrash - Sandstein (Bathonium/Ober-Bajocium)
15	Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)
17	Hettangium und Oberer Keuper

Schichten des Tertiär sind im Modellgebiet nur stellenweise verbreitet. Diese überwiegend sandigen und schluffigen, nur gering verfestigten Sedimente besitzen vermutlich einen großen nutzbaren Porenraum. Um eine Vereinfachung der Modellstruktur zu ermöglichen, wird dieser im Modellgebiet nur gering verbreiteten Schichtenfolge des Tertiär dieselbe effektive Gebirgsporosität wie dem Quartär zugeordnet. Eine Bandbreite von 10 - 30 % halten wir für wahrscheinlich.

Untersuchungsergebnisse (z.B. Bohrung K 101) weisen den Hilssandstein als sehr guten Wasserleiter aus. Lokal wurden sehr große Porenvolumina (größer als 30 %) ermittelt. Für den nur gering zementierten Hilssandstein können als effektive Gebirgsporosität 15 % angenommen werden (Bandbreite 10 - 25 %).

Die hydrogeologische Einheit Valangin (sandig) und Wealden ist im Modellgebiet mit vorwiegend tonigen und tonmergeligen Schichten vertreten, in die Sandsteinlinsen unterschiedlicher Mächtigkeit und Ausdehnung eingelagert sind. Nach Norden hin nimmt der Anteil an sandigen Schichten zu. Die im Labor für Wealden und Valangin ermittelten Porositätswerte liegen zwischen 1,1 und 31 % (EU 216.2). Aufgrund der sehr inhomogenen Lithofaziellen Gegebenheiten ist die effektive Gebirgsporosität für Valangin (sandig) und Wealden nur schwer einschätzbar. Wir schlagen als Rechenwert 7,5 % (Bandbreite 5 - 20 %) vor. Dies ist ein mittlerer Wert, der aus den für die Tonsteine und den tiefer liegenden Sandsteinhorizonten eingeschätzten Nutzporositäten abgeleitet wurde.

Für die Sandsteine des Dogger (Cornbrash-Sandstein und Dogger-beta-Sandstein), Hettangium und Oberen Keuper wurden im Labor Effektivporositäten von 0,1 - 44 % gemessen. Der repräsentative Wert liegt etwa bei 20 % (EU 216.2).

Die fazielle Ausbildung des Cornbrash-Sandstein und damit der nutzbare Hohlraumanteil variieren sehr stark. Die größten effektiven Porenvolumina wurden in den Sedimentationsgebieten bestimmt, in denen der Cornbrash-Sandstein als Kohlenwasserstoff-Speichergestein bedeutsam ist. Die Untersuchungen im Grubengebäude und in der Bohrung K 101 haben dagegen gezeigt, daß zumindest in diesem Teil des Gebirges aufgrund der Reduzierung des Porenraums durch Karbonat- und/oder Tonzementation nicht die Matrixporosität, sondern der Klufthohlraum für die Wasserführung die größere Bedeutung besitzt. Dem wird dadurch Rechnung getragen, daß für das Gesamtgebiet eine, bezogen auf das angenommene gute Wasserleitvermögen, kleine effektive Gebirgsporosität von 3 % als 1. Rechenwert bei einer eingeschätzten Bandbreite von 0,1 - 20 % vorgeschlagen wird.

Der Dogger beta-Sandstein ist im Gifhorner Trog das bedeutsamste Kohlenwasserstoff-Speichergestein mit großen effektiven Matrixporositäten. Der Dogger-beta-Sandstein wird ebenso wie die Sandsteine des Hettangium und Oberen Keuper von uns als Porenwasserleiter eingestuft. Das für diese hydrogeologischen Einheiten eingeschätzte große Wasserleitvermögen (Tab. 2, S. 37) bedingt die Annahme entsprechend angeglichener effektiver Gebirgsporositäten. Für die Effektivporosität werden daher 10 % und für die Bandbreite 5 - 25 % als wahrscheinlich angenommen.

Eine Vergrößerung des nutzbaren Porenraums der beiden letztgenannten Porenwasserleiter sowie des Hilssandsteins wird in den Zerrüttungszonen nicht erwartet (Tab. 1, S. 35).

Der stratigraphische Bereich des Schilfsandsteins (Mittlerer Keuper) liegt im Modellgebiet überwiegend in toniger Fazies vor und ist damit als Wasserleiter nicht bedeutsam.

Der Transgressionshorizont der Unterkreide wird nicht als eigene hydrogeologische Einheit ausgehalten. Die im Rahmen der Revision der Tiefbohrungen durchgeführten Log-Auswertungen deuten daraufhin, daß sandig ausgebildete Bereiche nur eine eng begrenzte Verbreitung haben und damit im Modellgebiet Konrad von geringer Bedeutung sind.

5. Wasserleitvermögen (Durchlässigkeitsbeiwert k_f) (Tab. 2, S. 37)

5.1 Einführung

Die aufgrund von Gelände- und Labor-Untersuchungen aus dem Modellraum und angrenzenden Gebieten vorliegenden Informationen zum Wasserleitvermögen sind in EU 199, EU 216.1 und EU 216.2 zusammengestellt und diskutiert. Die Anzahl der durch Naturmessungen gewonnenen Daten ist im Vergleich zur Größe des Modellraumes und der Anzahl der hydrogeologischen Einheiten gering. Die repräsentative Bandbreite der Gebirgsdurchlässigkeit (= Integralwert aus wirksamer Kluft-Durchlässigkeit und wirksamer Poren-Durchlässigkeit), der in der Größenordnung eines Modellblocks (vgl. Anl. 1) wirksame k_f -Wert einer Schicht sowie der im Bereich stärkerer tektonischer Beanspruchung gültige k_f -Wert, können daher nur eingeschätzt werden. Die Einschätzung erfolgte überwiegend anhand der regionalen geologisch-hydrogeologischen Gegebenheiten. Berücksichtigung fanden dabei vor allem die fazielle Ausbildung der Schichteinheiten, das tektonische Inventar und die beobachtete Wasserführung der Sedimente.

Da die Angabe eines repräsentativen Wertes für die Gebirgsdurchlässigkeit teils mit nicht unerheblichen Unsicherheiten verbunden ist, wird der für eine hydrogeologische Einheit vorgeschlagene 1. Rechenwert bezogen auf die Bandbreite relativ hoch angesetzt. Die auf diese Weise vorgegebenen Eingangsdaten ermöglichen einen relativ großen Grundwasserumsatz.

Die hydrogeologischen Eigenschaften der tektonisch beanspruchten Gebirgsbereiche, wie Konrad-Graben, Immendorfer Störung und Salzstockflanken, sind weitgehend unbekannt. Grundsätzlich muß von räumlich stark wechselnden hydraulischen Eigenschaften in diesen Gebirgsbereichen ausgegangen werden. Im Bereich des im Grubengebäude aufgeschlossenen Konrad-Graben ist keine, im Vergleich zum umgebenden intakten Gebirge, ver-

stärkte Wasserführung zu beobachten. Eine über große Bereiche erhöhte Durchlässigkeit ist in Zerrüttungszonen jedoch nicht auszuschließen. Für den ersten Rechenlauf empfehlen wir daher, die k_f -Werte aller in Zonen stärkerer tektonischer Beanspruchung liegenden hydrogeologischer Einheiten vorerst einheitlich mit dem Faktor 10 zu beaufschlagen. Der unterschiedliche tektonische Beanspruchungsgrad der einzelnen Störungszonen kann in späteren Modellvarianten durch die Vorgabe entsprechend abgestufter Durchlässigkeitsbeiwerte berücksichtigt werden. Für das Quartär, Tertiär, den "Emscher"-Mergel, den Hilssandstein, den Dogger-beta-Sandstein sowie für die Sandsteine des Hettangium und Oberen Keuper wird wegen ihrer geologischen und hydrogeologischen Eigenschaften und teils auch aufgrund der geringen Tiefenlage keine wesentliche Beeinflussung der Durchlässigkeit durch mechanische Beanspruchung erwartet. Deshalb wird kein erhöhter k_f -Wert für Störungszonen im Bereich dieser Schichten angegeben.

Die in Festgesteinen u.a. durch Verwitterungsvorgänge und die Entspannung des Gebirges verursachte höhere Intensität der Zerklüftung im oberflächennahen Bereich (bis etwa 100 m unter Gelände) ist im vorliegenden ersten Datensatz nicht berücksichtigt und soll, gegebenenfalls durch weitere Rechenläufe, zusätzlich betrachtet werden.

5.2 Bandbreiten und Vorschläge für erste Rechenwerte

(Tab. 2, S. 37)

In Tabelle 2 sind jeweils unter b) die eingesetzten k_f -Bandbreiten für die Gebirgsdurchlässigkeit angegeben und unter c) der k_f -Wert, den wir für den 1. Rechenlauf vorschlagen. Bei weiteren Rechenläufen kann innerhalb der angegebenen Bandbreiten variiert werden.

Quartär (Tab. 2, Nr.1)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $8E-5$ bis $2E-2$ m/s)

Die in kiesig-sandigen und teils schluffigen Ablagerungen des Quartär durchgeführten hydraulischen Tests ergaben k_f -Werte, die überwiegend im Bereich von $1E-4$ bis $1E-3$ m/s liegen (EU 216.2).

Im südlichen Teil des Modellgebietes sind überwiegend sandig-schluffige Schichten verbreitet. Nach Norden hin nimmt der Anteil an bindigen und damit gering wasserleitenden Schichten zu (EU 247). Als repräsentativer Wert wird für das gesamte Modellgebiet ein Durchlässigkeitsbeiwert von $5E-5$ m/s für wahrscheinlich gehalten. Die k_f -Bandbreite liegt unserer Einschätzung nach zwischen $1E-6$ und $1E-3$ m/s.

Tertiär (Tab. 2, Nr.2)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-11$ bis $7E-5$ m/s)

Für die Schichten des Tertiär sind aus dem Modellraum selbst keine k_f -Werte bekannt. Die in angrenzenden Gebieten meist im Labor an Feinsandsteinen bestimmten Durchlässigkeitsbeiwerte liegen überwiegend zwischen $1E-6$ und $1E-5$ m/s.

Die im Modellgebiet nur stellenweise verbreiteten Sedimente des Tertiär bestehen vorwiegend aus gering verfestigten sandigen und schluffigen Sedimenten. Aufgrund dieser lithologischen Ausbildung und unter Berücksichtigung der oberflächennahen Lage wird den tertiären Schichten eine k_f -Bandbreite von $1E-7$ bis $1E-4$ m/s zugeordnet. Als Rechenwert ist der relativ hohe Durchlässigkeitsbeiwert von $5E-5$ m/s angesetzt, um im Modell die Zusammenfassung der Einheiten Quartär und Tertiär zu ermöglichen.

"Emscher"-Mergel (Tab. 2, Nr.3)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $8E-8$ bis $5E-6$ m/s)

Die Wasserwegsamkeit der "Emscher"-Mergel wird in BUSCH (1983) als sehr gering beschrieben. Lokal ist aber auch eine sehr starke Wasserführung festzustellen (EU 216.2). Einige wenige Durchlässigkeitsbeiwerte wurden an überwiegend sandführenden Kernproben des "Emscher" bestimmt (EU 216.2). Diese Werte, die im Mittel etwa bei $1E-7$ m/s liegen, sind daher nur eingeschränkt auf das Modellgebiet übertragbar, da hier das "Emscher" vorwiegend aus Mergelsteinen besteht.

Mergelsteine besitzen generell ein geringes Wasserleitvermögen. Wegen der in Oberflächennähe zu erwartenden erhöhten Auflockerung und einer damit verbundenen größeren Durchlässigkeit des Gebirges wird für den "Emscher"-Mergel eine k_f -Bandbreite von $1E-9$ bis $1E-7$ m/s angenommen. Als Rechenwert wird ein etwas über dem mittleren Wert der Bandbreite liegender Durchlässigkeitsbeiwert von $5E-8$ m/s vorgeschlagen.

Plänerkalke bis Flammenmergel (Tab. 2, Nr. 4)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-11$ bis $1E-7$ m/s)

Die in den oberkretazischen Kalk- und Kalkmergelsteinen des Cenoman und Turon gemessenen k_f -Werte sind alle gleich oder kleiner $1E-7$ m/s (EU 216.2).

Die wirksame Gebirgsdurchlässigkeit wird mit $5E-7$ m/s eingeschätzt, da wir eine erhöhte Durchlässigkeit des überwiegend aus Kalk- und Kalkmergelsteinen aufgebauten Cenoman und Turon, bedingt durch ein hohes wirksames Kluftvolumen in Oberflächennähe, annehmen. Flammenmergel und Plänerkalke werden von uns zu einer Einheit zusammengefaßt, da dem Flammenmergel aufgrund seiner teilweisen Verkieselung den Plänerkalken vergleichbare hydrogeologische Eigenschaften zuzuordnen sind. Je nach dem Grad der Klüftigkeit des Gebirges ist eine stark unterschiedliche Durchlässigkeit der Kalksteine zu erwarten. Dem wird durch die Wahl einer großen k_f -Bandbreite von $1E-10$ bis $1E-5$ m/s Rechnung getragen.

Alb (tonig) (Tab. 2, Nr. 5)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-9$ m/s)

Das tonige Alb ist nach den im Rahmen des Projektes Konrad durchgeführten Untersuchungen sehr gering durchlässig (k_f -Wert kleiner $1E-11$ m/s) (EU 216.2).

Aus der eingeschätzten k_f -Bandbreite von $1E-13$ bis $1E-10$ m/s wird als Rechenwert $1E-11$ m/s vorgeschlagen. Dieser sehr kleine Durchlässigkeitsbeiwert wird von uns deswegen für wahrscheinlich angesehen, da unabhän-

gig von den Ergebnissen der hydraulischen Tests auch der hohe Smektitgehalt der Tonsteine auf eine sehr geringe Wasserwegsamkeit des tonigen Alb schließen läßt.

Hilssandstein (Tab. 2, Nr. 6)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $1E-8$ bis $1E-5$ m/s)

Die im Gelände und Labor für den Hilssandstein ermittelten k_f -Werte liegen meist bei $1E-5$ m/s (EU 216.2).

Untersuchungen u.a. im Bereich des Grubengebäudes sowie in der Bohrung K 101 weisen den Hilssandstein als guten Porenwasserleiter aus. Aufgrund seiner weitgehend einheitlichen hydrogeologischen und hydraulischen Eigenschaften ist es möglich, die Bandbreite der k_f -Werte auf $1E-6$ bis $1E-5$ m/s einzuengen. Der für die Modellrechnung vorgeschlagene Durchlässigkeitsbeiwert von $1E-5$ m/s ist durch die hydrogeologischen und hydraulischen Untersuchungsergebnisse weitgehend gesichert.

Apt bis Basis Unterkreide (tonig) (Tab. 2, Nr. 7)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-11$ bis $5E-6$ m/s)

Die im Grubengebäude und in der Bohrung K 101 durchgeführten hydraulischen Tests ergaben für das intakte Gebirge k_f -Werte kleiner als $1E-9$ m/s (EU 199 und EU 216.2).

Im Gegensatz zum Alb enthalten die Tonsteine des Apt geringere und die des Barrême und Hauterive keine nennenswerten Smektitgehalte. Dies wird bei der Abschätzung der Bandbreite und des Rechenwertes dadurch berücksichtigt, daß im Vergleich zum Alb ein höherer Durchlässigkeitsbeiwert gewählt wird (k_f -Rechenwert: $1E-10$ m/s, k_f -Bandbreite: $1E-12$ bis $1E-9$ m/s).

Im Rahmen der "Geowissenschaftlichen Vorsorgeuntersuchungen zur Standortfindung für die Ablagerung von Sonderabfällen" [] wurden an der Oberfläche ausstreichende Tonsteine der Unterkreide auf ihre Durchlässigkeit hin untersucht. Dabei sind bereichsweise relativ

hohe Wasserwegsamkeiten mit Durchlässigkeitsbeiwerten bis etwa $1E-6$ m/s ermittelt worden. Bekanntermaßen wird die Durchlässigkeit oberflächennah liegender Schichten durch die Entspannung des Gebirges und durch Verwitterungsvorgänge wesentlich beeinflusst. Die in der o.a. Untersuchung festgestellten großen Wasserwegsamkeiten in den oberflächennah liegenden Tonsteinen sind zumindest teilweise auf derartige Effekte zurückzuführen. Diese Ergebnisse sind daher nicht auf in großer Tiefe liegende Schichten übertragbar.

Transgressionshorizont der Unterkreide (Tab. 2, Nr. 8)

Der Transgressionshorizont der Unterkreide wird nicht als hydrogeologische Einheit ausgehalten (vgl. Kap. 4).

Valangin (sandig) und Wealden (Tab. 2, Nr. 9)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $1E-10$ bis $2E-4$ m/s)

Für die sandige Fazies der Gesteine des Valangin und Wealden wurden bei erdölgeologischen Untersuchungen Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt, die zwischen $1E-7$ und $1E-5$ m/s liegen. Kleinere Werte (bis $1E-10$ m/s) treten in karbonatisch zementierten Bereichen auf (EU 216.2).

Da im Modellgebiet der Anteil an sandigen Schichten nach Norden hin zunimmt (vgl. Kap. 4), wird für den nördlichen Teil des Gebietes (etwa ab Schnitt $y=16$) ein größerer Durchlässigkeitsbeiwert ($k_f=1E-7$ m/s) als für den Südabschnitt angenommen. Der k_f -Wert im südlichen Modellraum wird aufgrund der dort stärker verbreiteten tonigen und tonig-mergeligen Sedimente mit $5E-8$ m/s und die Bandbreite für das gesamte Modellgebiet mit $1E-9$ und $1E-5$ m/s eingeschätzt. Nach Bohrunterlagen ist eine teilweise anhydritische Verkittung der Porenräume im Salzstockflankenbereich und damit bereichsweise eine Verringerung des Wasserleitvermögens möglich.

Tithon und Kimmeridge (Tab. 2, Nr. 10)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $2E-11$ bis $5E-9$ m/s)

Für die Gesteine des Tithon liegen keine k_f -Meßwerte vor; die wenigen für die Sedimente des Kimmeridge bekannten Werte sind kleiner als $1E-8$ m/s (EU 216.2).

Mergel- und Kalksteine dominieren im Tithon und Kimmeridge. Wegen der einheitlichen Lithofazies werden beide Schichtkomplexe zu einer hydrogeologischen Einheit zusammengefaßt. Das im Grubengebäude aufgeschlossene Kimmeridge weist nur eine sehr geringe Wasserführung auf. Wegen der mit dem Oxford vergleichbaren hydrogeologischen Eigenschaften schlagen wir auch denselben Durchlässigkeitsbeiwert von $1E-8$ m/s für den ersten Rechenlauf vor. Dieser Wert liegt im oberen Bereich der von uns angenommenen Bandbreite von $1E-10$ bis $1E-7$ m/s.

Oxford (Tab. 2, Nr. 11)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-11$ bis $>1E-4$ m/s)

Die im Anstehenden (Grubengebäude, Bohrung K 101) sowie an Gesteinsproben im Labor durchgeführten zahlreichen Untersuchungen ergaben Durchlässigkeitsbeiwerte, die für das intakte Gebirge bei kleiner $1E-8$ m/s liegen (EU 199 und EU 216.2). Sehr große k_f -Werte wurden in stark klüftigen Gesteinspartien ermittelt, z.B. in der Bohrung K 101 im Unteren Korallenoolith mit einem k_f -Wert von größer $1E-4$ m/s (EU 27).

Das Oxford ist überwiegend aus sandigen bzw. erzführenden oolithischen Kalksteinen sowie Ton- und Tonmergelsteinen aufgebaut. Nach den vieljährigen Beobachtungen im Grubengebäude treten größere Mengen Gebirgswasser nur auf Trennflächen zu. Die Zulaufmenge nahm dabei aber meist in kurzer Zeit ab. Ein großräumig vernetztes Kluftsystem mit hydraulischen Kontakten zu guten Grundwasserleitern ist daher für die Schichten des Oxford im Bereich des Grubengebäudes auszuschließen. Plausibel scheint die Vorstellung, daß das Oxford bereichsweise stärker geklüftet ist, diese stärker beanspruchten Partien aber untereinander nur einen geringen hydraulischen Kontakt besitzen. Eine merkliches Wasserleitvermögen der Matrix konnte im Grubengebäude nur an einigen wenigen Horizonten, z.B. in den porösen Kalkoolithen aus dem unteren Teil des Oberen Korallenoolith, festgestellt werden.

Eine rechnerische Abschätzung der Durchlässigkeit des Gebirges auf der Basis der Grubenwasserbilanz zeigt, daß unter den in dieser Studie angenommenen Randbedingungen der wirksame Gebirgsdurchlässigkeitsbeiwert kleiner als $1E-9$ m/s ist (EU 52.5).

Aufgrund der o.a. hydrogeologischen Eigenschaften des Oxford wird von uns ein k_f -Wert von $1E-8$ m/s als erster Rechenwert vorgeschlagen. Die k_f -Bandbreite wird mit $1E-10$ bis $1E-7$ m/s angenommen.

Callovium und Bathonium (tonig) (Tab. 2, Nr. 12)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-11$ bis $6E-9$ m/s)

Für die Gesteine des Callovium und tonigen Bathonium wurde in der Bohrung K 101 ein integraler Durchlässigkeitsbeiwert von kleiner $1E-11$ m/s ermittelt. Labormesswerte von Gesteinsproben aus Ölfeldern liegen bei $1E-9$ m/s (EU 216.2).

Da die Sedimente dieser hydrogeologischen Einheit überwiegend aus schluffigen bzw. mergeligen Tonsteinen bestehen, wird wie bei den Tonsteinen im Liegenden des Alb ein k_f -Wert von $1E-10$ m/s mit einer Bandbreite der Durchlässigkeitsbeiwerte von $1E-12$ bis $1E-9$ m/s angenommen.

Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Oberes Bajocium) (Tab. 2, Nr. 13)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $4E-13$ bis $2E-6$ m/s)

Die in der Schachanlage Konrad sowie in der K 101 an Kernproben sowie in Bohrlöchern für den Cornbrash-Sandstein ermittelten k_f -Werte liegen bei $1E-9$ m/s oder kleineren Werten (EU 199). Andererseits wurde aber beim Abteufen des Schachtes Konrad 2 ein starker Wasserzulauf aus diesem Horizont beobachtet. Weiterhin ist bekannt, daß der Cornbrash-Sandstein auch ein gutes Erdölspeichergestein mit großen Durchlässigkeiten bis $k_f=1E-5$ m/s darstellt (EU 216.2).

Der Cornbrash-Sandstein, ein Sandstein mit teils stark unterschiedlichem Ton- und Kalkgehalt, weist regional große Variationen in der Durchlässigkeit auf. Dies wird in der angesetzten Bandbreite der k_f -Werte von $1E-10$ bis $1E-6$ m/s berücksichtigt. Als Rechenwert schlagen wir einen k_f -Wert von $1E-7$ m/s vor. Die im Bereich von Erdölfeldern festgestellten großen Durchlässigkeiten sind nicht für den gesamten Modellraum repräsentativ. Dies haben auch die Untersuchungen im Grubengebäude und in der Bohrung K 101 gezeigt.

Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig) (Tab. 2, Nr. 14)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-11$ bis $6E-9$ m/s)

Für die Gesteine des Bajocium liegen in situ - Messungen aus der Bohrung K 101 vor. Alle dort gemessenen Werte sind kleiner als $1E-11$ m/s.

Während des Bajocium sowie höchsten Aalenium wurden überwiegend tonige Sedimente abgelagert. Aus diesem Grund werden für die k_f -Bandbreite und den Rechenwert die für Tonsteine eingeschätzten k_f -Werte (siehe z.B. Callovium und toniges Bathonium, Nr. 12) auch für die Schichtenfolge des tonigen Bajocium und des tonigen Oberen Aalenium empfohlen.

Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium) (Tab. 2, Nr. 15)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-11$ bis $1E-4$ m/s)

Die Daten wurden ausschließlich im Rahmen erdölgeologischer Untersuchungen gewonnen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte liegen meist zwischen $1E-6$ und $1E-5$ m/s. Um mehr als 5 Größenordnungen kleinere k_f -Werte wurden jedoch ebenfalls ermittelt (EU 216.2).

Nach den Untersuchungsergebnisse zu urteilen, weist der Dogger-beta-Sandstein im Modellgebiet bereichsweise sehr unterschiedliche hydrogeologische Eigenschaften auf. Dies spiegelt sich wieder in der von uns angenommenen weiten Bandbreite von $1E-9$ bis $1E-5$ m/s. Als 1. Rechenwert wird $1E-6$ m/s vorgeschlagen.

Unteres Aalenium bis Sinemurium (Tab. 2, Nr. 16)

Für die tonigen Schichten des Aalenium sowie für das Toarcium und Pliensbachium liegen keine Meßwerte vor.

Die Sedimentfolge besteht überwiegend aus Ton- bis Tonmergelsteinen. Aufgrund dieser lithofaziellen Ausbildung wird eine k_f -Bandbreite von $1E-12$ bis $1E-9$ m/s und ein k_f -Wert von $1E-10$ m/s als erster Rechenwert vorgeschlagen.

Hettangium bis Oberer Keuper (Tab. 2, Nr. 17)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $<1E-11$ bis $7E-5$ m/s)

Die Sandsteine des Hettangium und Oberen Keuper sind nach den Untersuchungsergebnissen der Erdölindustrie etwas geringer durchlässig als die Dogger-beta-Sandsteine. Die im Labor und über Bohrlochlogs ermittelten Meßwerte häufen sich zwischen $1E-8$ und $1E-6$ m/s. Auch kleinere k_f -Werte, bis kleiner $1E-11$ m/s, wurden festgestellt (EU 216.2).

Der Abschnitt von der Hangendgrenze des Hettangium bis einschließlich Oberen Keuper ist durch eine ausgeprägte Wechselfolge von jeweils mehreren Metern mächtigen Sand- und Tonsteinpaketen charakterisiert. Diese Anisotropie in der Schichtenfolge wird durch die Angabe von unterschiedlichen Durchlässigkeitsbeiwerten parallel und senkrecht zur Schichtung berücksichtigt. In horizontaler Fließrichtung bestimmt bei flach lagern den Sand- und Tonsteinwechsellagen hauptsächlich das Wasserleitvermögen der Sandsteine den resultierenden Durchlässigkeitsbeiwert. Als 1. Rechenwert wird für diese hydrogeologische Einheit derselbe zwar relativ große, aber dennoch plausible Durchlässigkeitsbeiwert von $1E-6$ m/s sowie dieselbe Bandbreite wie für den Dogger-beta-Sandstein (Nr. 15) angenommen.

Der resultierende Durchlässigkeitsbeiwert in vertikaler Richtung wird vorwiegend durch die geringstdurchlässigen Gesteine in der anisotropen Schichtenfolge beeinflusst. In vertikaler Richtung wird dabei im Vergleich zu der Durchlässigkeit in horizontaler Richtung ein 1000-fach

geringerer k_f -Wert angesetzt, entsprechend dem von uns eingeschätzten Durchlässigkeitsverhältnis zwischen Sand- und Tonsteinen in der betrachteten Schichtabfolge.

Mittlerer Keuper und Unterer Keuper (Tab. 2, Nr. 18)

Hydraulische Daten über diesen Gebirgsabschnitt sind aus dem Modellraum oder den angrenzenden Gebieten nicht bekannt.

Das überwiegende Vorkommen von Mergelsteinen und die Sedimentation von Evaporiten im höheren Teil des Mittleren Keupers deuten auf eine geringe Wasserwegsamkeit in diesen Schichten hin. Wir schlagen daher einen l. Rechenwert von $5E-10$ m/s sowie eine k_f -Bandbreite von $1E-11$ bis $1E-8$ m/s vor. Der vorgeschlagene Rechenwert und die Bandbreite berücksichtigen, daß zur nördlichen Begrenzung des Modellgebietes hin der Mergel- und Sandanteil im unteren Teil dieser Schichtenfolge zunimmt.

Der stratigraphische Bereich des Schilfsandsteins liegt im Modellgebiet überwiegend in toniger Fazies vor und wird deshalb nicht als wasserleitende hydrogeologische Einheit ausgehalten.

Oberer Muschelkalk (Tab. 2, Nr. 21)

(k_f -Bandbreite nach EU 199, EU 216.1 und EU 216.2: $5E-7$ bis $1E-3$ m/s)

Werte zur Durchlässigkeit des Oberen Muschelkalks liegen aus dem Modellgebiet nicht vor. Hydraulische Untersuchungen in den Salzstockflanken der Asse lieferten für den Oberen Muschelkalk einen Durchlässigkeitsbeiwert von $1E-6$ m/s (BATSCHKE & von STEMPEL, 1988).

Der Obere Muschelkalk wird im Untersuchungsgebiet als Wechselfolge von Kalk-, Mergel- und untergeordnet Tonsteinen beschrieben. Er streicht nur im Salzgitter-Höhenzug an der Oberfläche aus und liegt sonst in großer Tiefe. Für den gesamten Oberen Muschelkalk, der, wie auch die o.a. Untersuchungsergebnisse zeigen, als Kluftwasserleiter ein großes Wasserleitvermögen besitzt, wird als l. Rechenwert einheitlich $1E-6$ m/s vorge-

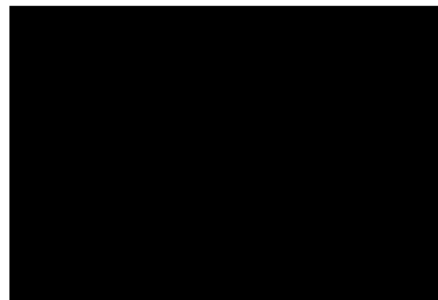
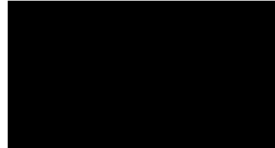
schlagen. Die k_f -Bandbreite liegt nach unserer Einschätzung zwischen $1E-8$ und $1E-5$ m/s.

NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT
FÜR BODENFORSCHUNG

In Auftrag



Die Sachbearbeiter



6. Schriften

6.1 Erläuternde Unterlagen

EU 27

[REDACTED] (1985): Hydraulische Testarbeiten in der Bohrung Konrad 101. - Erläuternde Unterlage zum Plan Konrad, BGR-Bericht, Arch.-Nr. 98 403; Hannover; (unveröff.).

EU 52.5

[REDACTED] (1986): Abschätzung der Durchlässigkeit des Oxford im Bereich der Grube Konrad. - Erläuternde Unterlage zum Plan Konrad, BGR, Archiv-Nr. 99426; Hannover; (unveröff.).

EU 55

[REDACTED] (1986): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad. Grundlagen der Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit. - Erläuternde Unterlage zum Plan Konrad, BGR, Arch.-Nr. 99131; Hannover; (unveröff.).

EU 146

[REDACTED] (1987): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad. - Erläuternde Stellungnahmen zu Nachforderungen des NLFb (Schreiben des NLFb vom 09.04.87), BGR, Arch.-Nr. 101314; Hannover; (unveröff.).

EU 199

[REDACTED] (1988): Hydraulische Kennwerte im Gebiet der Grube Konrad. - 20 S., 7 Tab., BGR, Arch. Nr. 103690; Hannover; (unveröff.).

EU 216.1

[REDACTED] (1988): Ableitung hydraulischer Kennwerte für das hydraulische Modellgebiet Konrad. - 31 S., 1 Tab., BGR, Arch. Nr. 103975; Hannover; (unveröff.).

EU 216.2

[REDACTED] (1988): Repräsentative hydraulische Parameter für den Bereich der Grube Konrad. - 71 S., 21 Abb., 4 Tab.,

3 Anl., Institut für angewandte Hydrogeologie; Garbsen; (unveröff.).

EU 247

[REDACTED] (1988): Hydrogeologie im Gebiet der Grube Konrad - Erläuternde Stellungnahmen zu den Nachforderungen des NLFb (HY 33, 40, 46.2). - 34 S., 7 Abb., 4 Tab., 4 Anl., BGR, Arch.-Nr. 104423; Hannover; (unveröff.).

6.2 Berichte

BfS [1990]: Plan Endlager für radioaktive Abfälle; Schachtanlage Konrad, Salzgitter (9/86 in der Fassung 4/90). - 2 Textbände, 1 Anlagenband, Bundesamt für Strahlenschutz; Salzgitter.

ECKL, H., GOLDBERG, G., NEUB, M. & RÖSEL, B. [1990]: Transportdaten für Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit (Modellgebiet Grube Konrad) (Stand: 05.10.90). - Arch.-Nr. 107 478; Hannover.

FRITZ, J. et al. [1986]: Geowissenschaftliche Vorsorgeuntersuchungen zur Standortfindung für die Ablagerung von Sonderabfällen. - NLFb, Archiv-Nr. 92117; Hannover.

GRIMMELMANN, W. [1971]: Gutachtliche hydrogeologische Stellungnahme zur Bemessung eines Trinkwasserschutzgebietes für das Wasserwerk Lamme.- NLFb, Arch.-Nr. 14499; Hannover.

KLINGE, H. & KELLER, S. [1984]: Hydrogeologie Konrad, erweiterter Bereich. - BGR, Arch.-Nr. 96603; Hannover.

NLFb [1990]: Geowissenschaftliche Begutachtung der Antragsunterlagen im Hinblick auf die sicherheitstechnische Realisierbarkeit für ein "Endlager für radioaktive Abfälle in der Schachtanlage Konrad / Salzgitter". - Zwischenbericht (Stand Mai 1990), 1 Textband, 1 Anlagenband, Arch.-Nr. 106 321; Hannover.

6.3 Literatur

BATSCHKE, H. & von STEMPEL, C. (1988): Hydrogeological investigations in the covering rock strata of the pilot waste repository Asse (FRG). - International Symposium: "Hydrogeology and safety radioactive and industrial hazardous waste disposal". - Orleans 7.-10.6.88; Vol. 1: Communications, Documents du B.R.G.M. Nr. 160: 199-210; Orleans.

Die Hydrogeologie des Quartärs zwischen dem Eishüttenwerk der Peine-Salzgitter AG und Gross Gleidingen bei Salzgitter-Lebenstedt. - Diplomarbeit; Braunschweig; (unveröff.).

DVWK (1983): Beiträge zu tiefen Grundwässern und zum Grundwasser-Wärmehaushalt. - DVWK-Schriften 61; Hamburg, Berlin.

HÖLTING, B. (1980): Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie; Stuttgart.

KARRENBERG, H. (1981): Hydrogeologie der nichtverkarstungsfähigen Festgesteine; Wien-New York.

KRAPP, L. (1979): Gebirgsdurchlässigkeit im Linksrheinischen Schiefergebirge - Bestimmung nach verschiedenen Methoden. - Mitt. Ing.- u. Hydrogeol.; 9: 313 - 347; Aachen.

MATTHESIUS, G. (1974): Vertikale Dichte-, Porenanteil- und Druckdifferenzprofile an Sedimentgesteinen des Nordwestrandes des Gifhorner Troges. - Diss. TU Braunschweig; Braunschweig.

MATTHESS, G. & UBELL, K. (1983): Allgemeine Hydrogeologie, Grundwasserhaushalt; Berlin-Stuttgart.

RICHTER, W. & LILLICH, W. (1975): Abriß der Hydrogeologie; Stuttgart.

7. Tabellen und Abbildungen

Effektive Gebirgsporosität P* (%)
für Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit
(Modellgebiet Grube Konrad)

Erläuterung zu Bandbreiten und zum vorgeschlagenen Rechenwert:

- a) = Effektive Gebirgsporosität P* (eff. Kluftvolumen + eff. Matrixporosität); eingeschätzter Wert
(Untersuchungsergebnisse des Antragstellers liegen dazu nicht vor)
- b) = Rechenwert P* für intaktes Gebirge (Vorschlag für 1. Rechenwert)
- c) = Rechenwert P* bei stärkerer tektonischer Beanspruchung (Vorschlag für 1. Rechenwert)

Hydrogeol. Einheit Nr.	Bezeichnung	Bandbreiten P*(%)		Rechenwert P* (%)	
		a) von	bis	b)	c)
1	Quartär	10	40	20	-
2	Tertiär	10	30	20	-
3	"Emscher"-Mergel	2	15	5	-
4	Plänerkalke bis Flammenmergel	5	20	10	15
5	Alb (tonig)	2	15	5	7,5
6	Hilssandstein	10	25	15	-
7	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)	2	15	5	7,5
8	Transgressions- Horizont	entfällt (vgl. Text)			

Hydrogeol. Einheit		Bandbreiten P* (%)		Rechenwert P* (%)	
Nr.	Bezeichnung	a) von	bis	b)	c)
9	Valangin (sandig) und Wealden	5	20	7,5	10
10	Tithon und Kimmeridge	0,1	20	1	2
11	Oxford	0,1	20	1	2
12	Callovium und Bathonium (tonig)	0,5	15	2	3
13	Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Oberes Bajocium)	0,1	20	3	4,5
14	Bajocium (tonig) und Ob. Aalenium (tonig)	0,5	15	2	3
15	Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)	5	25	10	-
16	Unt. Aalenium bis Sinemurium	0,5	15	2	3
17	Hettangium und Oberer Keuper	5	25	10	-
18	Mittlerer Keuper und Unterer Keuper	1	15	5	7,5
19	Oberer Muschelkalk	0,1	20	5	7,5

Durchlässigkeitsbeiwerte k_f (m/s)
für Modellrechnungen zur Langzeitsicherheit
(Modellgebiet Grube Konrad)

Erläuterung zur k_f -Bandbreite und zum vorgeschlagenen Rechenwert:

- a) = k_f -Bandbreite aus vorliegenden Untersuchungen (EU 199, EU 216.1 und EU 216.2)
- b) = k_f -Bandbreite der Gebirgsdurchlässigkeit (eingeschätzte Werte)
- c) = Rechenwert für intaktes Gebirge (Vorschlag für 1. Rechenwert)
- d) = Rechenwert bei stärkerer tektonischer Beanspruchung (Vorschlag für 1. Rechenwert)

Hydrogeol. Einheit		k_f -Bandbreite (m/s)		Rechenwert (m/s)	
Nr.	Bezeichnung	a) von	bis	c)	d)
		b) von	bis		
1	Quartär	a) 8E-5	2E-2		
		b) 1E-6	1E-3	5E-5	-
2	Tertiär	a) <1E-11	7E-5		
		b) 1E-7	1E-4	5E-5	-
3	"Emscher"-Mergel	a) 8E-8	5E-6		
		b) 1E-9	1E-7	5E-8	-
4	Plänerkalke bis Flammenmergel	a) <1E-11	1E-7		
		b) 1E-10	1E-5	5E-7	5E-6
5	Alb (tonig)	a)	<1E-9		
		b) 1E-13	1E-10	1E-11	-
6	Hilssandstein	a) 1E-8	1E-5		
		b) 1E-6	1E-5	1E-5	-

Hydrogeol. Einheit		k _f -Bandbreite (m/s)		Rechenwert (m/s)	
Nr.	Bezeichnung	a) von	bis	c)	d)
		b) von	bis		
7	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)	a) <1E-11 b) 1E-12	5E-6 1E-9	1E-10	1E-9
8	Transgressions- Horizont	entfällt (vgl. Text)			
9	Valangin (sandig) und Wealden	a) 1E-10 b) 1E-9	2E-4 1E-5	S:5E-8 N:1E-7	S:5E-7 *) N:1E-6
10	Tithon und Kim- meridge	a) 2E-11 b) 1E-10	5E-9 1E-7	1E-8	1E-7
11	Oxford	a) <1E-11 b) 1E-10	>1E-4 1E-7	1E-8	1E-7
12	Callovium und Bathonium (tonig)	a) <1E-11 b) 1E-12	6E-9 1E-9	1E-10	1E-9
13	Cornbrash-Sandstein (Ba- thonium/Oberes Bajocium)	a) 4E-13 b) 1E-10	2E-6 1E-6	1E-7	1E-6
14	Bajocium (tonig) und Oberes Aalenium (tonig)	a) <1E-11 b) 1E-12	6E-9 1E-9	1E-10	1E-9
15	Dogger-beta-Sandstein (Oberes Aalenium)	a) <1E-11 b) 1E-9	1E-4 1E-5	1E-6	-

Hydrogeol. Einheit		k _f -Bandbreite (m/s)		Rechenwert (m/s)	
Nr.	Bezeichnung	a) von	bis	c)	d)
		b) von	bis		
16	Unt. Aalenium bis Sinemurium	a) -	-	1E-10	1E-9
17	Hettangium und Oberer Keuper	a) <1E-11	7E-5	1) 1E-6 2) 1E-9	- **)
18	Mittlerer Keuper und Unterer Keuper	a) -	-	5E-10	5E-9
19	Oberer Muschelkalk	a) 5E-7	1E-3	1E-6	1E-5

*) S = k_f-Wert für S-Gebiet
N = k_f-Wert für N-Gebiet

***) 1) = k_f-Wert parallel zur Schichtung
2) = k_f-Wert senkrecht zur Schichtung

STANDARDPROFIL GEOLOGIE

Q U A R T Ä R	Holozän		Auelehm, Sand, Torf		
	Fleistozän	Weichsel-Kaltzeit		Kies, Sand, Schluff, Ton, Mergel, Torf	
		Eem-Warmzeit			
		Saale-Kaltzeit	Warthe-Stadial		
			Drenthe-Stadial		
		Holstein-Warmzeit			im "Modellgebiet Konrad" nicht nachgewiesen
	Elster-Kaltzeit		Kies, Sand, Schluff, Ton, Mergel		
Präglaziale Komplexe					
T E R T I Ä R	Jung-Tertiär (Neogen)		Pliozän im "Modellgebiet Konrad" nicht nachgewiesen		
	Miozän		Basalt von Rolfsbüttel (Vorkommen fraglich) Mergel, Ton, Schluff, Sand, Kies (Einstufung fraglich)		
	Alt-Tertiär (Paläogen)		Oligozän		
			Eozän		
			Paläozän		
			Kies, Sand, Schluff, Ton, Mergel, Kalkstein, Braunkohle		
K R E I D E	"Emscher" kreM	Maastricht krma	Obermaastricht	Mergelstein	
			Untermaastricht	im "Modellgebiet Konrad" nicht nachgewiesen	
		Campan krca	Obercampan	Mergelstein, toniger Kalkstein	
			Untercampan		
		Santon krsa	Obersanton	Mergelstein, z.T. Feinsand und Glaukonit führend	
			Mittelsanton		
			Untersanton		
		Coniac krcc	Oberconiac	Mergelstein	
			Mittelconiac		
			Unterconiac	Mergel-, Kalkstein	
O B E R K R E I D E	Oberkreide kre	Turon krt	Oberturon	Weißpläner	Mergel-, Kalkstein, dünne Tuffitlagen
			Mittelturon	Weißpläner/ Lamarcki-Pläner	Kalk-, Mergelstein
			Unterturon	Labiatus-Pläner/ Rotpläner Plenus-Bank	Mergel-, Kalkstein
	Cenoman krc		Obercenoman	Rhotomagense- Pläner Weißpläner	Kalk-, Kalkmergelstein
			Mittelcenoman		Mergel-, Kalkstein
			Untercenoman	Ultimus -Ton	Ton-, Mergelstein
	Alb krl		Oberalb	Flammenmergel krFM	Ton-, Tonmergelstein, z.T. verkieselt
			Mittelalb	Minimuston	Ton-, Tonmergelstein
			Unteralb	Milssandstein krMI	Sandstein, Ton-/Siltstein
	Apt krp		Oberapt		Ton-, Tonmergelstein, dünne Feinsandstein- und Tuffitlagen
Mittelapt				Ton-, Tonmergelstein	
Unterapt				Ton-, Tonmergelstein, Schwarzschiefer (Fischschiefer)	
U N T E R K R E I D E	Barrême krb	Oberbarrême		Ton-, Tonmergelstein, Kalkmergelsteinlagen	
		Mittelbarrême		Ton-, Tonmergelstein, lagenweise Schwarzschiefer (Blätterterton, Fischschiefer)	
		Unterbarrême			
	Hauterive	Oberhauterive	Ton-, Tonmergelstein		
	Untersauterive	Ton-, Tonmergelstein, Kalkmer-			

			Oberhauterive		Ton-, Tonmergelstein	
	Hauterive knh		Unterhauterive		Ton-, Tonmergelstein, Kalkmergelsteinbänke, Kalksteinlagen, s.T. feinsandig	
	Valangin kvv		Obervalangin		Ton-, Tonmergelstein, Sandstein	
			Untervalangin im "Modellgebiet Konrad"		nicht nachgewiesen	
	Berrias krbe		Wealden Wd		Ton-/Siltstein, Sandstein	
Malm jo	Tithon joti	Ob. Malm 6	Serpulit		Kalk-, Mergelstein, Dolomitstein	
		Ob. Malm 5	Oberer Münder Mergel		Ton-, Mergelstein mit dünnen Kalksteinlagen	
		Ob. Malm 4	Mittlerer Münder Mergel (- engl. Portland)		Mergelstein, Kalkstein Dolomitstein, Tonstein	
		Ob. Malm 3	Unterer Münder-Mergel		Mergel-, Kalkstein, s.T.sandig	
		Ob. Malm 2	Kimbeckhäuser Plattenkalk		Kalkmergel-, Kalkstein, Tonmergelstein	
		Ob. Malm 1	Gigas-Schichten			
	Kimmeridge joki		Oberkimmeridge			Ton-, Tonmergelstein mit Kalkfasern, s.T. dolomitisch und feinsandig
			Mittelkimmeridge			Mergelstein, Kalkstein mit dünnen Gips-/Anhydritlagen
			Unterkimmeridge			
	Oxford joox	Ober-Oxford		Oberer Korallenoolith		Kalkstein, Mergelstein
			Mittlerer Korallenoolith	Oberes Lager Zwischenmittel Unteres Lager	Kalkoolith, ersführend Tonmergelstein Eisenoolith	
Mittel-Oxford			Unterer Korallenoolith	Erskalk Fladentonstein	Kalkoolith, ersführend, sandig Tonmergelstein	
		Unter-Oxford	Heersumer Schichten	Trümmerskalk/ Heersumer Schichten	Kalkstein/ Ton-, Tonmergelstein, sandig	
Dogger jm	Callovium jmcl	ζ	Ornaten-Schichten		Ton-, Tonmergelstein, s.T. sandig	
			Macrocephalen-Schichten			
	Bathonium jmbt	ε	Aspidoides-Schichten Cornbrash-Sandstein Parkinsonien-Schichten	jmC	Kalksandstein, Ton-, Mergelstein Ton-, Tonmergelstein, sandig	
	Bajocium jmbj	δ	Garantien-Schichten Subfurchten-Schichten Coronaten-Schichten		Ton-, Tonmergelstein	
		γ				
	Aalenium jmal	β	Dogger-β-Sandstein	jmb	Sandstein, Ton-, Mergelstein Ton-, Tonmergelstein	
Lias ju	Toarcium jutc	ξ	Dörrtener Schiefer			
		ε	Posidonienschiefer			
	(Domerium) Pliensbachium (Carixium) jupl	δ			Ton-, Tonmergelstein, vereinzelte dünne Kalksteinbänke	
		γ				
	Sinemurium juSI	β				
	Mettingium juhe	α3	Angulatensandstein		Ton-, Tonmergelstein mit Sandsteinlagen	
		α2				
		α1	Grennsandstein Psilonoten-Sandstein			

Oberer Keuper (Rhät) ko	Oberer Oberrhät-Schiefer Oberrhät-Sandstein Unterer Oberrhät-Schiefer Oberer Mittelrhät-Schiefer Flasersandstein Mittlerer Mittelrhät-Schiefer Mittelrhät-Hauptsandstein Unterer Mittelrhät-Schiefer Unterrhät-Sandstein Unterrhät-Tonstein	Ton-/Siltstein, Sandstein
-------------------------	--	---------------------------

R A Dogger ja	Callovium jacl	z	Ornatien-Schichten	Ton-, Tonmergelstein, s.T. sandig	
	Bathonium jabt	e	Macrocephalen-Schichten Aspidoidea-Schichten Cornbrash-Sandstein jaC Parkinsonien-Schichten	Kalksandstein, Ton-, Mergelstein Ton-, Tonmergelstein, sandig	
	Bajocium jabb	δ	Garantianen-Schichten Subfurcaten-Schichten Coronaten-Schichten	Ton-, Tonmergelstein	
		γ			
	Aalenium jaal	β	Dogger-β-Sandstein jaB	Sandstein, Ton-, Mergelstein	
		α	Opalinus-Schichten	Ton-, Tonmergelstein	
	Lias ju	Toarcium jutc	z	Dörfener Schiefer	
		(Domerium) Pliensbachium (Carixium) jupl	e	Posidonienschiefer	
			δ		Ton-, Tonmergelstein, vereinselte dünne Kalkstein- bänke
		Sinemurium jusl	γ		
β					
Nettanqium juhe		α3	Angulaten Sandstein	Ton-, Tonmergelstein mit Sandsteinlagen	
	α2	-----			
	α1	Grenssandstein Psilonoten-Sandstein			

Y R I A S Keuper k	Oberer Keuper (Rhät) ke	Oberer Oberrhät-Schiefer Oberrhät-Sandstein Unterer Oberrhät-Schiefer Oberer Mittelrhät-Schiefer Flaas Sandstein Mittlerer Mittelrhät-Schiefer Mittelrhät-Hauptsandstein Unterer Mittelrhät-Schiefer Unterrhät-Sandstein Unterrhät-Tonstein	Ton-/Siltstein, Sandstein
	Mittlerer Keuper km	Steinmergelkeuper Rote Wand Schilfsandsteinsregion Gipskeuper	Mergelstein, Ton-/Siltstein lokal Feinsandstein, untergeordnet Dolo- mitstein, im Gipskeuper Sulfatgestein und lokal Steinsalz
	Unterer Keuper ku	Grensdolomit/Obere Bunte Mergel Hauptlettenkohlsandstein Untere Bunte Mergel Hauptdolomit Unterer Lettenkohlsandstein Basisschichten	Ton-/Siltstein, Mergelstein, Sandstein, untergeordnet Dolomit-/Kalkstein
Muschelkalk m	Oberer Muschelkalk mo	Ceratiten-Schichten Encrinus-Schichten	Kalkstein, Ton-/Mergelstein
	Mittlerer Muschelkalk mm	Obere Dolomit-Folge Sulfat-Folge Untere Dolomit-Folge	Dolomitmergelstein, Sulfatgestein und Steinsalz
	Unterer Muschelkalk mu	Bereich der Schaunkalkbänke Wellenkalk 3 Horizont der Terebratelbänke Wellenkalk 2 Horizont der Oolithbänke Wellenkalk 1 Bereich der Basis-Konglomeratbänke	Kalkmergelstein, Kalkstein
Buntsandstein s	Oberer Buntsandstein (Röt) so	Grauviolette Folge Rotbraune Folge Bunte Folge Grüngraue Folge	Ton-/Siltstein, Steinsalz (in der Grün- grauen und lokal in der Bunten Folge), untergeordnet Sulfateinschlüssen und dünne Feinsandsteinlagen
	Mittlerer Buntsandstein sm	Solling-Folge Hardegsen-Folge Detfurth-Folge Volpriehausen-Folge	Ton-/Siltstein, Sandstein
	Unterer Buntsandstein su	Obere Folge Untere Folge	Ton-/Siltstein, Feinsandstein, unterge- ordnet Karbonatgesteine ("Regenstein", Stromatolithe)
P E R N Zechstein z		Mölln-Folge z7 Friesland-Folge z6 Ohre-Folge z5 Aller-Folge z4 Leine-Folge z3 Staßfurt-Folge z2 Werra-Folge z1	Salzgestein, untergeordnet Sulfatgestein, Karbonatgestein und Tonstein

STANDARDPROFIL HYDROGEOLOGIE

Stratigraphie		Hydrogeologische Einheit Nr. Bezeichnung		
	Quartär	1	Quartär	
	Tertiär	2	Tertiär	
K R E I D E	O - K r e i d e	Campan Santon	3	Emscher-Mergel
		Emscher-Mergel		
		Coniac Turon Cenoman	4	Plänerkalke bis Flammenmergel
	E	Alb Oberalb Mittelalb	5	Alb (tonig)
	I	Unteralb	6	Hilssandstein
	D	Apt Barrême Hauterive Valangin (tonig)	7	Apt bis Basis Unterkreide (tonig)
	E	Transgressions- horizont	8	(entfällt)
		Valangin (sandig)		Valangin (sandig) und Wealden
		Wealden	9	
	J U D O G G E R A E N I U M	M a i m	Tithon Kimmeridge	10
		Oxford	11	Oxford
U		Callovium Bathonium	12	Callovium und Bathonium
D		Cornbrash- Sandstein	13	Cornbrash-Sandstein (Bathonium/Ober-Bajocium)
O		Bajocium	14	Bajocium (tonig) und Ob. Aalenium (tonig)
G		Dogger-beta- Sandstein	15	Dogger-beta-Sandstein (Ob. Aalenium)
G		Ob. Aalenium		
E		Aalenium		
R		Unt. Aalenium		
A		Toarcium Pliensbachium Sinemurium	16	Unteres Aalenium bis Sinemurium
T R I A S	L i a s	Hettangium	17	Hettangium und Oberer Keuper
	K e u p e r	Oberer Keuper		
	A e r	Mittlerer Keuper Unterer Keuper	18	Mittlerer und Unterer Keuper
	Oberer Muschelkalk	19	Oberer Muschelkalk	