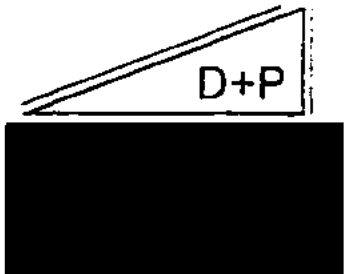


INGENIEURBÜRO
PROFESSOR DUDDECK UND PARTNER GmbH

Beratende Ingenieure: Konstruktiver Ingenieurbau · Brückenbau · Tunnelbau



A:\KORRAD\GUT-7

Gutachtliche Stellungnahme

zum

**Nachweis der Dichtigkeit
der alten Bohrungen**

(Bericht Teil E, EU 437)

erstellt für

den Niedersächsischen Umweltminister,

über

das Oberbergamt Clausthal-Zellerfeld

Braunschweig, den 29. Okt. 1992

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|-------|
| Literaturverzeichnis | 4 |
| 1. Vorbemerkung, Aufgabenstellung | 5 |
| 2. Nachweis der Dichtigkeit alter Bohrungen | 6 |
| 2.1 Nachweiskonzept | 6 |
| 2.1.1 Darstellung des Antragstellers | 6 |
| 2.1.2 Stellungnahme | 7 |
| 2.2 Zustand der Bohrungen am Ende der Bohr- und Verfüllarbeiten | 7 |
| 2.2.1 Darstellung des Antragstellers | 7 |
| 2.2.2 Stellungnahme | 8 |
| 2.3 Veränderung der Bohrlochquerschnitte während der Bohrarbeiten | 8 |
| 2.3.1 Darstellung des Antragstellers | 8 |
| 2.3.2 Stellungnahme | 8 |
| 2.4 Beständigkeit der verbliebenen Bohrlochverrohrung | 8 |
| 2.4.1 Darstellung des Antragstellers | 8 |
| 2.4.2 Stellungnahme | 9 |
| 2.5 Beständigkeit und Durchlässigkeit der Zementverfüllung | 9 |
| 2.5.1 Darstellung des Antragstellers | 9 |
| 2.5.2 Stellungnahme | 9 |
| 2.6 Sedimentation der Dickspülung und Durchlässigkeit der Spülungssedimente | 10 |
| 2.6.1 Darstellung des Antragstellers | 10 |
| 2.6.2 Stellungnahme | 10 |
| 2.7 Sonstige eingebrachte Bohrlochverfüllungen | 11 |
| 2.7.1 Darstellung des Antragstellers | 11 |
| 2.7.2 Stellungnahme | 11 |
| 2.8 Selbstverfüllung der Bohrlöcher im Bereich der Unterkreide | 12 |
| 2.8.1 Darstellung des Antragstellers | 12 |
| 2.8.2 Stellungnahme | 13 |
| 2.9 Auflockerungszone im bohrlochnahen Gebirgsbereich | 13 |
| 2.9.1 Darstellung des Antragstellers | 13 |
| 2.9.2 Stellungnahme | 14 |

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|-------|
| 2.10 Zustand der Bohrungen in der Nachbetriebsphase | 15 |
| 2.10.1 Darstellung des Antragstellers | 15 |
| 2.10.2 Stellungnahme | 17 |
| 2.11 Transmissivitäten der Bohrungen in der Nachbetriebsphase | 18 |
| 2.11.1 Darstellung des Antragstellers | 18 |
| 2.11.2 Stellungnahme | 19 |
| 2.12 Vergleich der ermittelten Transmissivitäten mit den Annahmen durchgeführter Berechnungen | 19 |
| 2.12.1 Darstellung des Antragstellers | 19 |
| 2.12.2 Stellungnahme | 20 |
| 2.13 Ergebnis des Nachweises, Schlußbeurteilung | 20 |
| 2.13.1 Darstellung des Antragstellers | 20 |
| 2.13.2 Stellungnahme | 20 |

Literaturverzeichnis

- [1] "Gutachterliche Stellungnahme zu den Antragsunterlagen für die Bereiche Bohr- und Spülungstechnik im Planfeststellungsverfahren Konrad", Nachweis der Langzeitstabilität, Prof. Dr.-Ing. Marx, Clausthal-Zellerfeld, 08.07.92
- EU 81.2 "Berechnungen zum Beanspruchungszustand des Deckgebirges und grubennaher Bereiche (geplantes Endlager Konrad)", Ergebnisse numerischer Berechnungen zur Gesamtstabilität des Grubengebäudes und des Deckgebirges, BGR, 01.05.86
- EU 424 "Ergebnisse des Untersuchungsprogrammes im Bereich der Unterkreide (343 m-Sohle), Bericht Teil A I", Ing.-Büro Prof. Wittke GmbH, Aachen, 1991
- EU 438 "Endlager Konrad, Schachtverfüllung/Alte Bohrungen, Bericht Teil D, Nachweis der Machbarkeit der Schachtverfüllung", Ing.-Büro Prof. Wittke GmbH, Aachen, 09.08.91
- EU 454 "Endlager Konrad Schachtverfüllung/Alte Bohrungen Bericht Teil A II, Ergebnisse des Untersuchungsprogramms im Bereich der Unterkreide (541 m-Sohle)", Ing.-Büro Prof. Wittke GmbH, Aachen, 04.12.91

1. **Vorbemerkung, Aufgabenstellung**

Das projektierte Endlager Konrad wird zur Biosphäre hin durch die Tonsteine der Unterkreide abgeschlossen. Diese natürliche Barriere ist in den vergangenen Jahrzehnten durch Explorationsbohrungen durchstoßen worden. Die quantitative Abschätzung der Durchlässigkeitskennwerte dieser alten Bohrungen erfolgt in der "Erläuternden Unterlage EU 437" "Endlager Konrad, Schachtverfüllung/alte Bohrungen, Bericht Teil E, Nachweis der Dichtigkeit alter Bohrungen". Verfasser dieses Berichtes ist das Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. Wittke GmbH, Aachen, im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Das Oberbergamt in Clausthal-Zellerfeld beurteilt die o.g. Unterlage in bergbaulicher Hinsicht. Im Rahmen dieser Beurteilung werden in der hiermit vorgelegten Stellungnahme die Dichtigkeitsnachweise in felsmechanischer und bodenmechanischer Hinsicht begutachtet.

2. Nachweis der Dichtigkeit alter Bohrungen

2.1 Nachweiskonzept

2.1.1 Darstellung des Antragstellers

In den an anderer Stelle durchgeführten Berechnungen zur Grundwasserbewegung und zur Radionuklidenausbreitung sind für die Bohrlöcher bestimmte Transmissivitäten (Durchlässigkeitsbeiwert \times Bohrlochfläche) angesetzt worden. Im Bericht EU 437 wird für jedes einzelne Bohrloch die Transmissivität bestimmt und dem jeweiligen o.g. angesetzten Wert gegenübergestellt. Der Nachweis ausreichender Dichtigkeit gilt als erbracht, wenn die ermittelten Transmissivitäten kleiner oder gleich den im Modell (Colenco R 34) angesetzten Werten sind.

Der o.g. Nachweis wird für die Bohrungen durchgeführt, die sich in den Modellrechnungen und anhand der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse als relevant herausgestellt haben. Dies sind 25 Stück.

Zur Bestimmung der Transmissivitäten der relevanten Bohrungen werden für jeden Teilabschnitt jedes Bohrlochs die folgenden Bohrochelemente im Detail untersucht:

- die Bohrlochfüllung, unterschieden nach Dickspülung, Zementation und eingebrachter Verfüllung,
- der Nachfall im Bohrloch aus dem anstehenden Gebirge einschl. der damit verbundenen Bohrlochvergrößerung,
- die Verrohrung, sofern vorhanden,
- die Auflockerungszone im Gebirge rings um das Bohrloch.

Für diese Elemente werden Durchlässigkeit und anrechenbare Querschnittsfläche ermittelt. Die vorhandene Verrohrung wird hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit betrachtet.

Mit einem Wasserdruckaufbau im Grubengebäude wird erst in ca. tausend Jahren nach Beendigung der Einlagerung gerechnet.

2.1.2 Stellungnahme

Der gewählte Nachweisgang ist konsequent aufgebaut und erfaßt alle relevanten Einflüsse auf die Durchlässigkeit der einzelnen Bohrungen. Die Betrachtung jedes einzelnen, sich vom benachbarten Abschnitt unterscheidenden Bohrlochabschnitts bietet die Voraussetzung für eine zutreffende, im Hinblick auf die Bandbreite der Zahlenwerte hinreichend genaue Abschätzung der gesuchten Werte. Gegen den Nachweisgang bestehen keine Einwände.

Die Relevanz der Bohrungen im einzelnen und die langfristige Fließrichtung des Grundwassers sowie der Einfluß des wasserführenden Hilssandsteins auf einzelne Bohrungen sind nicht Gegenstand dieser Beurteilung.

2.2 Zustand der Bohrungen am Ende der Bohr- und Verfüllarbeiten

2.2.1 Darstellung des Antragstellers

Alle wesentlichen Angaben zu den Bohrungen entnimmt der Antragsteller zwei BGR-Berichten über die Bohrakten und über die Revision von Tiefbohrungen.

Die so ermittelten Bohrlochdaten werden mit Angabe der durchteuften Stratigraphie für jede einzelne Bohrung in den Anlagen Abb. E-4.2 bis 4.27 dargestellt. Im einzelnen werden angegeben:

- Bohrdurchmesser für jede Höhe,
- verbliebene Verrohrung,
- verbliebene Dickspülung mit Angabe der Dichte der Spülung,
- Zementverfüllung mit Angabe der Höhenlage,
- Bohrkleinverfüllung.

Die Bohrlochdaten werden ausführlich erläutert. Abschätzungen für nicht dokumentierte Werte, wie z.B. Spüldichten, werden begründet.

2.2.2 Stellungnahme

Die Annahmen für die Bohrungen und deren Verfüllung sind nicht Gegenstand dieser Beurteilung. Sie werden bei der Prüfung des Berichts als zutreffend vorausgesetzt.

2.3 Veränderung der Bohrlochquerschnitte während der Bohrarbeiten

2.3.1 Darstellung des Antragstellers

Infolge des Bohrvorganges kommt es zu Bohrlochvergrößerungen. Diese Vergrößerungen werden anhand von vorliegenden Kalibermessungen an drei alten Bohrungen für die übrigen Bohrungen abgeschätzt. In Abhängigkeit vom durchteuften Gestein nimmt der Antragsteller Bohrlocherweiterungsfaktoren von 1,15 bis 1,60 für die Kreideschichten an.

2.3.2 Stellungnahme

Die Vergrößerung des Bohrlochquerschnittes bedeutet eine Erhöhung der Transmissivität im Endzustand. Ihre Berücksichtigung ist daher erforderlich. Die Beurteilung der gewählten Bohrlocherweiterungsfaktoren ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens. Zu dieser Fragestellung wird auf das Gutachten von Prof. Marx [1] verwiesen.

2.4 Beständigkeit der verbliebenen Bohrlochverrohrung

2.4.1 Darstellung des Antragstellers

Aufgrund von Schätzungen des Instituts für Metallkunde und Metallphysik der TU Clausthal geht der Antragsteller von einer Lebensdauer der verbliebenen Bohrlochverrohrungen von 15.000 bis 20.000 Jahren aus. Die verbliebene Verrohrung wird in den Transmissivitätsermittlungen demzufolge stets berücksichtigt.

2.4.2 Stellungnahme

Die Berücksichtigung der verbliebenen Verrohrung führt zu größeren Durchlässigkeitswerten, da in diesen Bohrlochabschnitten kein die Dichtigkeit erhöhender Nachfall auftreten kann. Der Annahme des Antragstellers ist zuzustimmen.

2.5 Beständigkeit und Durchlässigkeit der Zementverfüllung

2.5.1 Darstellung des Antragstellers

Auf der Grundlage eines Gutachtens aus der Ruhr-Universität Bochum legt der Antragsteller bei den Durchlässigkeitsberechnungen folgende Möglichkeiten des Zementsteinverhaltens zugrunde:

Fall B: Die Zementbrücken bleiben als tragfähiges Zementsteingefüge mit geringer Durchlässigkeit erhalten.

Fall C: Das Zementsteingefüge zerfällt in geologischen Zeiträumen und verbleibt als Sediment im Bohrloch.

Fall D: Das Zementsteingefüge zerfällt, geht in Lösung und wird durch das Grundwasser abtransportiert.

2.5.2 Stellungnahme

Mit der Untersuchung für die Fälle B und C deckt der Antragsteller die beiden wesentlichen Möglichkeiten des Verhaltens der Zementationen ab. Die dritte Möglichkeit, daß die in der Spülung gelöste Zementation nicht sedimentiert, sondern in das Gebirge wegtransportiert wird, ist nur in relativ gut durchlässigem Gebirge möglich, wenn das Bohrloch von Wasser durchströmt wird. Die Beurteilung des Falles, der vom Antragsteller als unrealistisch ausgeschlossen wird, ist nicht Gegenstand der Beurteilung, hierzu wird auf [1] verwiesen.

2.6 Sedimentation der Dickspülung und Durchlässigkeit der Spülungssedimente

2.6.1 Darstellung des Antragstellers

Auf der Grundlage von Versuchen des Leichtweiß-Instituts der TU Braunschweig setzt der Antragsteller eine Sedimentdicke von $1,5 \text{ t/m}^3$ an. Hieraus resultiert - in Abhängigkeit von der Ausgangsdichte der Spülung - die Höhe des Spülungssedimentes.

Die Durchlässigkeitsversuche mit den sedimentierten Versuchsspülungen ergaben Werte von $1,0 \times 10^{-8}$ bis $2,5 \times 10^{-9}$ m/s. Auf dieser Grundlage setzt der Antragsteller für alle Spülungssedimentationen einen Durchlässigkeitswert von 1×10^{-8} m/s an. Die für Vergleichszwecke zusätzlich untersuchte Versuchsspülung mit einem Sand lieferte Durchlässigkeitswerte um 4×10^{-6} m/s und wird vom Antragsteller als nicht repräsentativ angesehen.

2.6.2 Stellungnahme

Die zitierten Versuchsergebnisse werden als zutreffend vorausgesetzt. Die theoretischen Zusammenhänge zwischen Spülungsdichte, Sedimentdicke und Sedimenthöhe sind richtig.

Im Hinblick auf die Größe der zu berücksichtigenden Zeiträume und der geringen Dauer der Sedimentationsversuche ist auch eine größere Sedimentdicke als $1,5 \text{ t/m}^3$ denkbar. Mit einer größeren Dichte ergibt sich eine geringere Sedimenthöhe im Bohrloch. Gleichzeitig ist dann jedoch eine geringere Durchlässigkeit des Sediments anzunehmen, so daß sich eine dichtere Lagerung nicht negativ auswirkt, solange das Sediment eine ausreichend lange Bohrlochstrecke in Höhe der Unterkreide ausfüllt. Bei der Beurteilung der Durchlässigkeitsermittlungen der einzelnen Bohrungen wird hierauf noch einmal eingegangen.

Die Relevanz des Versuchs mit Sand als Feststoffanteil in der Spülung wird in [1] beurteilt.

Zusammenfassend ist unter Berücksichtigung von [1] festzustellen, daß die vom Antragsteller gewählten Höhen und Durchlässigkeitswerte für das Spülungssediment plausibel und akzeptabel sind.

2.7 Sonstige eingebrachte Bohrlochverfüllungen

2.7.1 Darstellung des Antragstellers

Der Antragsteller geht davon aus, daß das in den Bohrprotokollen genannte Füllmaterial in die mit Dickspülung gefüllten Bohrlöcher eingebracht wurde, so daß durch die Einlagerung des Füllmaterials in die Spülung keine Vergrößerung der Durchlässigkeit auftritt.

2.7.2 Stellungnahme

Der Ansatz ist plausibel und akzeptabel. Eine weitere Stellungnahme hierzu findet sich in [1].

2.8 Selbstverfüllung der Bohrlöcher im Bereich der Unterkreide

2.8.1 Darstellung des Antragstellers

Wie in den Untersuchungsprogrammen EU 424 und EU 454 nachgewiesen wurde, sind unverrohrte Bohrlöcher in der Unterkreide nicht standsicher. Die in das Bohrloch fallenden Tonsteinstücke zerfallen in der Dickspülung des Bohrlochs und sedimentieren zusammen mit den Feststoffanteilen der Spülung.

Durchlässigkeitsversuche mit Nachfallmaterial aus dem Versuchsprogramm haben Durchlässigkeiten von 10^{-9} bis 10^{-8} m/s ergeben. Die Trockendichten des Materials betragen 1,13 bis 1,57 g/cm³. Die Korrelation der Trockendichten des Nachfallmaterials mit der Durchlässigkeit zeigt, daß die Durch-

lässigkeit mit zunehmender Dichte abnimmt. Auf der sicheren Seite liegend kann ab Trockendichten von $\geq 1,3 \text{ g/cm}^3$ von Durchlässigkeiten $\leq 10^{-8} \text{ m/s}$ ausgegangen werden.

Aufgrund der Trockendichtemessungen von Nachfall aus Versuchsbohrungen in der Unterkreide geht der Antragsteller davon aus, daß der Kreidetonnachfall unmittelbar nach dem Hineinbrechen in das Bohrloch eine Trockendichte von $1,0 \text{ g/cm}^3$ hat. Das Bohrloch ist unter dieser Annahme dann vollständig mit Nachfall gefüllt, wenn der Lochdurchmesser sich um den Faktor 1,35 erhöht. Es wird weiterhin davon ausgegangen, daß der Nachfall mit der Zeit auf eine Trockendichte von $1,3 \text{ g/cm}^3$ konsolidiert, so daß das Nachfallsediment dann noch 75 % der Bohrlochlänge ausmacht, die unverrohrt in der Unterkreide steht. Für den sedimentierten Nachfall wird eine Durchlässigkeit von 10^{-8} m/s angesetzt.

Für den Konsolidationsvorgang stehen in den alten Bohrungen mehr als tausend Jahre zur Verfügung. Ein weiterer Nachfall aus der freiwerdenden 25 % Bohrlochlänge wird nicht angesetzt.

2.8.2 Stellungnahme

Der Nachfall aus der Unterkreide, seine Dichte und Durchlässigkeitswerte sind durch Versuche belegt. Im Hinblick auf den für die Konsolidation zur Verfügung stehenden Zeitraum von mehr als tausend Jahren sind die Ansätze einer Trockendichte von $1,3 \text{ g/cm}^3$ und des damit verbundenen Durchlässigkeitswertes von $1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ als konservativ anzusehen. Die Annahmen, daß die infolge der Konsolidation freiwerdende Bohrlochstrecke im Bereich der Unterkreide keinen weiteren Nachfall freisetzt und daß auch kein Nachfall aus anderen Gebirgsbereichen angesetzt wird, liegt ebenfalls auf der sicheren Seite. Gegen die Ansätze zur Berücksichtigung des Nachfalls in den Bohrungen bestehen demzufolge keine Einwände.

2.9 Auflockerungszone im bohrlochnahen Gebirgsbereich

2.9.1 Darstellung des Antragstellers

Die Entspannung des Gebirges um das Bohrloch herum führt zu einer Auflockerung und damit einer Erhöhung der Durchlässigkeit des Gebirges. Ausgehend von bekannten, gemessenen Gebirgskennwerten für die Unterkreide, berechnet der Antragsteller den Spannungsdehnungszustand im Bereich eines Bohrlochs. Insgesamt werden dabei vier Fälle untersucht:

zwei Bohrlöcher im Alb. in 300 m Tiefe:

Fall A1: 400 mm Durchmesser ohne Stützdruck

Fall A2: 500 mm Durchmesser mit Stützdruck infolge Nachfall ($p = 15 \text{ kN/m}^2$)

und

zwei Bohrlöcher im Barreme/Hauterive in 600 m Tiefe:

Fall B1: 400 mm Durchmesser ohne Stützdruck

Fall B2: 500 mm Durchmesser mit Stützdruck.

Die errechneten Radial- und Tangentialspannungen sowie die Radialdehnungen im bohrlochnahen Gebirgsbereich werden dargestellt. Die Gebirgsbruchfestigkeit wird in keinem Fall überschritten.

Auf der Grundlage von Durchlässigkeitsmessungen im Schachtbereich und von begleitenden Spannungs-Dehnungsberechnungen [EU 424], [EU 438], stellt der Antragsteller die Gebirgsdurchlässigkeit als Funktion der Radialdehnung dar (Parabel dritten Grades). Mit Hilfe dieses Zusammenhanges wird die Durchlässigkeit in den vier untersuchten Fällen im bohrlochnahen Gebirge aus den Radialdehnungen errechnet.

Zur einfacheren Berücksichtigung dieses Durchlässigkeitsanteils bei der Gesamttransmissivitätsermittlung wird folgende Vereinfachung eingeführt:

Anstelle des nichtlinearen zum Bohrlochrand hin ansteigenden Durchlässigkeitswertes wird für den Auflockerungsbereich ein konstanter Wert von $1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ angesetzt und

gleichzeitig eine zugehörige Ersatzauflockerungszone so bestimmt, daß die Transmissivität (Fläche x Durchlässigkeitswert) gleich bleibt. Auf diese Weise wird für die höhere und die tiefere Unterkreide je ein Bohrlocherweiterungsfaktor festgelegt, mit dem der Durchmesser für die Ersatzauflockerungszone errechnet werden kann. Die Transmissivität der mit Nachfall oder Spülungssediment verfüllten Bohrung ergibt sich dann aus dem Kreis mit Ersatzdurchmesser und dem Durchlässigkeitswert 1×10^{-8} m/s, da auch für die Bohrlochfüllung (Nachfall oder Spülungssediment) ein Durchlässigkeitswert von 1×10^{-8} m/s angesetzt werden darf.

2.9.2 Stellungnahme

Der vom Antragsteller gewählte Nachweisgang zur Berücksichtigung der erhöhten Durchlässigkeit in der Auflockerungszone um die Bohrlöcher ist nachvollziehbar und akzeptabel.

Die Beziehung zwischen Radialdehnung im bohrlochnahen Gebirge und Durchlässigkeitswert ist rechnerisch zutreffend.

Die gewählten Gebirgskennwerte für die vier Spannungsdehnungsberechnungen "Gebirge mit Bohrloch" entsprechen i.w. den in EU 81.2 und EU 424 genannten Kennwerten für die Unterkreideschichten und sind damit als hinreichend gesichert anzusehen. Die übrigen Berechnungsansätze, wie Randbedingungen, Primärspannungszustand, Wasserstand (Gebirge unter Auftrieb) erfassen das System hinreichend genau. Die errechneten Radial- und Tangentialspannungen und die Radialdehnungen stimmen gut mit eigenen Vergleichsberechnungen (analytische Lösung) überein. Für die vom Antragsteller hieraus errechneten Transmissivitäten und Ersatzradien zur Beschreibung der Auflockerungszone ergibt sich eine ausreichende Übereinstimmung mit der eigenen Vergleichsberechnung.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die erhöhte Durchlässigkeit in der Auflockerungszone im bohrlochnahen Bereich durch die Ansätze des Antragstellers hinreichend rechnerisch erfaßt wird.

2.10 Zustand der Bohrungen in der Nachbetriebsphase

2.10.1 Darstellung des Antragstellers

In den bisher behandelten Kapiteln 5 bis 11 untersucht der Aufsteller das Verhalten der einzelnen, die Durchlässigkeit beeinflussenden Bohrlochelemente je für sich in allgemeiner Form. Im Kapitel 12 werden die Teilaspekte für jedes einzelne Bohrloch quantitativ ermittelt, zusammengetragen und daraus der Gesamtzustand jeder Bohrung in der Nachbetriebsphase abgeschätzt. Der Antragsteller unterscheidet dabei drei Fälle:

Fall B: Die Bohrlochzementation bleibt als feste Zementbrücke erhalten.

Fall C: Die Bohrlochzementation wird durch Lösungsvorgänge zerstört, seine Bestandteile sedimentieren im Bohrloch.

Fall D: Die Bohrlochzementation wird zerstört, seine Bestandteile gehen in Lösung und werden wegtransportiert.

Fall A war eine frühere Variante, die vom Antragsteller nicht weiter verfolgt wird. Der Fall D wird als unrealistischer Grenzfall angesehen, mit dem gezeigt werden soll, daß sogar für diese sehr ungünstige Annahme die meisten Bohrungen eine ausreichende Dichtigkeit haben.

Die Verrohrung wird als dauerhaft angesetzt, weil dies der ungünstigere Fall ist.

Die Bohrlocherweiterung infolge des Bohrvorganges wird mittels des für jeden stratigraphischen Horizont (Abschnitt 5) abgeschätzten Bohrlocherweiterungsfaktor errechnet.

Für das so über die gesamte Teufe vergrößerte Bohrloch wird die Höhe des Spülungssediments - in Abhängigkeit von der Ausgangsdichte der Spülung - ermittelt.

Auf dem Spülungssediment setzt sich der Nachfall aus der Unterkreide ab. Darüber wird hochdurchlässige Wasserfüllung angenommen.

Je nach Anordnung der Zementbrücken ergeben sich dabei mehrere Stockwerke, die im Fall C jedoch derart zusammengeschoben werden, daß sämtliche Feststoffe im Bohrloch-tiefsten (Sedimente) übereinander abgelagert sind und die hochdurchlässige Wasserfüllung darüber liegt.

Die quantitative Ermittlung der Bohrlochfüllungen in der Nachbetriebsphase erfolgt mit einem EDV-Programm. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen E-12.2 bis E-12.27 [EU 437] dargestellt.

2.10.2 Stellungnahme

Das in den vorangegangenen Kapiteln dargestellte bzw. hergeleitete Verhalten der wesentlichen Bohrlochelemente wird im Kapitel 12 konsequent auf jedes einzelne Bohrloch übertragen. Die früher zusammengestellten Ausgangsdate für jedes Bohrloch (Durchmesser, Verrohrung, Spülungsdichte usw.) werden richtig berücksichtigt. Die Prüfung der ermittelten Bohrlochzustände auf der Grundlage der Bohrlochdaten und des hergeleiteten Verhaltens der Bohrlochelemente (Sedimentation, Nachfallmenge usw.) ergab keine Beanstandung.

Fast alle Bohrungen sind im Bereich der Unterkreide auf so großer Länge mit Spülungssediment oder Nachfallsediment verfüllt, daß auch größere Schwankungen von Ausgangsdichte

der Spülung und/oder Trockendichte des Sediments nicht dazu führen, daß die Sedimentsäule unterhalb der Unterkreide endet.

Lediglich bei zwei Bohrungen liegen abweichende Bedingungen vor. Sie werden deshalb nachfolgend im Detail dargestellt und beurteilt werden:

- Bleckenstedt 1 (Abb. E-12.3):

Im Fall B (intakte Zementbrücke) reicht die Sedimentsäule unten auf einer Länge von 46 m (ca. 17 % der Sedimentsäule) und oben auf einer Länge von ca. 173 m in die Unterkreide. Im Fall C reicht die Sedimentsäule unter ungünstigsten Annahmen (Sedimentationsanteil 40 %) noch über 230 m in die Unterkreide.

Das heißt, daß auch bei erheblich ungünstigeren - etwa um 25 % abweichenden - Sedimentationsanteilen eine hinreichend große Bohrlochstrecke in der Unterkreide mit Sediment gefüllt wäre.

- Vechelde 2a (Abb. E-12.23):

Im Fall B reicht das Spülungssediment auf 59 m (ca. 27 % der Sedimentsäule) und der Zementverschluß am Bohrlochmund auf 120 m in die Unterkreide. Selbst bei wesentlich ungünstigeren Sedimentationsverhalten der Dickspülung verbleiben auch in diesem Fall über 100 m Bohrloch in Höhe der Unterkreide mit Zement verfüllt.

Die dargestellten Bohrlochzustände sind sowohl für Fall B als auch für Fall C als realistische oder auf der konservativen Seite liegenden Abschätzungen für die Nachbetriebsphase anzusehen.

Inwieweit gelöste Zementsteinteilchen oder auch Dickspülfestteilchen in das Gebirge wegtransportiert werden können, ist nicht Gegenstand der Beurteilung.

2.11 Transmissivitäten der Bohrungen in der Nachbetriebsphase

2.11.1 Darstellung des Antragstellers

Auf der Grundlage der im vorangegangenen Abschnitt zusammengestellten Bohrlochzustände errechnet der Antragsteller für maßgebliche Bohrlochabschnitte für jedes Bohrloch die mittlere Transmissivität für die Fälle B, C und D. In die Berechnung gehen dabei alle bisher hergeleiteten Aspekte ein. Die Berechnung erfolgt in Tabellenform in den Abb. Tab. E-13.3/1 bis 13.3/25. Im Bereich der Unterkreide ergeben sich dabei mittlere Transmissivitäten von ca. 3×10^{-9} m³/s (Fall B und C). Die größten Transmissivitäten werden für die Bohrungen Vechelde 2a mit $8,2 \times 10^{-9}$ und Vechelde 4 mit $1,01 \times 10^{-8}$ m³/s ermittelt.

2.11.2 Stellungnahme

Die Berechnung der Transmissivitäten ist übersichtlich und nachvollziehbar dargestellt. Die Prüfung der maßgebenden Werte für den Bereich der Unterkreide ergab keine Beanstandungen. Die angegebenen Werte sind auf der Grundlage des postulierten Ausgangszustandes, des Bohrlochverhaltens und der übrigen dargestellten Zusammenhänge rechnerisch richtig.

2.12 Vergleich der ermittelten Transmissivitäten mit den Annahmen durchgeführter Berechnungen

2.12.1 Darstellung des Antragstellers

Die im vorangegangenen Kapitel ermittelten Transmissivitäten der Bohrlöcher im Bereich der Unterkreide und in den Bohrlochabschnitten darüber und darunter werden den Annahmen einer durchgeführten Berechnung (Colenco, Referenzfall R 34) gegenübergestellt. In den meisten Fällen ist die ermittelte Transmissivität kleiner als der Ansatz in der Grundwasserbewegungsberechnung.

Lediglich in zwei Fällen geht die Berechnung von kleineren Transmissivitäten aus:

| <u>Modell</u> | <u>errechnet</u> |
|---|--|
| - Bleckenstedt 2: R 34: 6×10^{-10} | EU 437: $1,3 \times 10^{-9}$ m ³ /s |
| - Konrad 101: R 34: 4×10^{-10} | EU 437: $1,5 \times 10^{-9}$ m ³ /s |

Diese größeren errechneten Transmissivitäten stellen gemäß Antragsteller keine unzulässigen Werte dar, weil auch Rechenannahmen in der Größenordnung von 1×10^{-9} oder sogar 1×10^{-8} kaum Einfluß auf das Berechnungsergebnis des Modells gehabt hätten.

Acht Bohrungen wurden in der Berechnung nicht modelliert, so daß die Werte hierfür nicht verglichen werden können. Aus den Einflüssen der übrigen, mit Werten von 10^{-7} bis 10^{-8} m³/s modellierten Bohrungen schließt der Antragsteller, daß die Erfassung auch dieser Bohrungen mit den ermittelten Transmissivitäten von 10^{-9} keinen nennenswerten Einfluß auf die mit dem Modell ermittelte Radionuklidausbreitung gehabt hätte.

2.12.2 Stellungnahme

Die genannten Berechnungsansätze für den Referenzfall R 34 werden als richtig unterstellt. Die Differenz um knapp eine Zehnerpotenz zwischen den Transmissivitäten von zwei Bohrungen ist - bei Werten von 10^{-9} m³/s - vernachlässigbar.

Die Einschätzung, daß die zusätzliche Modellierung der acht bisher nicht erfaßten Bohrungen mit Transmissivitäten von 10^{-9} m³/s keinen wesentlichen Einfluß auf die Radionuklidausbreitung hätte, ist plausibel, kann an dieser Stelle jedoch nicht beurteilt werden.

2.13 Ergebnis des Nachweises, Schlußbeurteilung

2.13.1 Darstellung des Antragstellers

Zusammenfassend stellt der Antragsteller fest, daß die Durchlässigkeit der relevanten alten Bohrungen geringer ist, als in der Grundwasserbewegungsberechnung angenommen wurde und daß die genannte Berechnung im oberflächennahen Grundwasser Werte unterhalb der zulässigen Radionuklidkonzentration ausgewiesen hat. Der Nachweis ausreichender Dichtigkeit der alten Bohrungen ist damit erbracht.

2.13.2 Stellungnahme

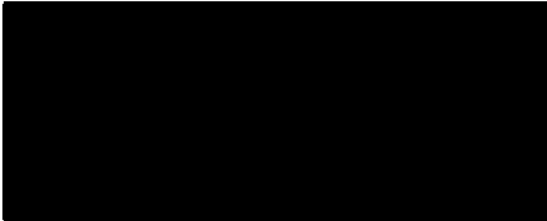
Der vom Antragsteller geführte Nachweis einer ausreichenden Dichtigkeit der alten Bohrungen ist schlüssig. Mit den betrachteten Teilaspekten werden alle wesentlichen Einflüsse auf die Dichtigkeit der Bohrungen erfaßt. Die Prüfung der einzelnen Nachweisschnitte sowie ihre Umsetzung und ihr Zusammenfügen ergab keine Beanstandung.

Einige Punkte in den Teilnachweisen liegen jedoch außerhalb des Aufgabenbereiches des Gutachters und sind daher nicht Gegenstand dieser Beurteilung. Die Richtigkeit der getroffenen Annahmen wird vorausgesetzt.

Im einzelnen sind dies:

- Bohrlochdaten, wie Durchmesser, Tiefe, durchteufte Geologie, Verrohrung usw.,
- Relevanz der nicht betrachteten Bohrungen,
- zeitlicher Verlauf und Größe des langfristig sich einstellenden Wasserdrucks unterhalb der Barriere Unterkreide,
- Einfluß des Hilssandsteins auf die Bohrungen bzw. die Radionuklidausbreitung,
- Vergrößerungsfaktoren für die Bohrlöcher.

Ich versichere hiermit, das Gutachten unparteilich und nach bestem Wissen und Gewissen frei von Ergebnisweisungen erstellt zu haben.



Mitarbeiter

