



Bundesamt für Energie (Schweiz)
Office fédéral de l'énergie (Suisse)
Ufficio federale dell'energia (Svizzera)
Federal Office of Energy (Switzerland)

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen
Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires
Divisione principale della Sicurezza degli Impianti Nucleari
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate

5232 Villigen-HSK

Tel. 056 / 310 38 11

Fax : 056 / 310 39 07

Datum

25. Januar 1999

Aktenzeichen

HSK 23/57

Typ/Charakter

Beurteilungs-
grundlage

Klassifikation

Bearbeiter

Visum

Arbeitsgruppe / 

Projekt, Thema, Gegenstand (Schlagwörter)

Entsorgungsnachweis



DIR-D

Seiten 11

Beilagen

Zeichnungen

Entsorgungsnachweis für HAA/LMA - Option Endlager im Opalinuston Beurteilungskonzept für den Standortnachweis

Das vorliegende Dokument beschreibt das unter den beteiligten Behördenorganisationen (HSK, KNE, KSA) und des Projektanten (Nagra) vereinbarte Konzept für die Beurteilung des im Rahmen des Entsorgungsnachweises für hochaktive und langlebige mittelaktive Abfälle zu erbringenden Standortnachweis betreffend eines Endlagers im Opalinuston.

INHALT

Seite

1. Einleitung	2
1.1 Zielsetzung	2
1.2 Definition des Standortnachweises und Ableitung der zu beurteilenden Aspekte	2
2. Endlager- und Sicherheitskonzept	3
3. Zeitliche Entwicklung des Endlagersystems	4
4. Grundanforderungen an das Standortgebiet	5
5. Im Sicherheitsnachweis und im Nachweis der bautechnischen Machbarkeit berücksichtigte geologische Verhältnisse und Kenngrößen und ihr Bezug zum Standortnachweis	6

Verteiler

KNE: alle Mitglieder
KSA: alle Mitglieder, Sekretariat
Nagra: 10 Exemplare
AGNEB: alle Mitglieder, Sekretariat
HSK: Führungsteam, ERA-Mitarbeiter, Sekretariat MRK, Stab

Ablage

AVH

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Im Rahmen des Entsorgungsnachweises für HAA/LMA basierend auf der Wirtgesteinsoption Opalinuston wird beurteilt werden müssen, ob der Sicherheitsnachweis, der Standortnachweis und der Nachweis der bautechnischen Machbarkeit für ein Endlager HAA/LMA erbracht sind. Diese drei Nachweise beruhen zum Teil auf den gleichen geologischen Datensätzen und müssen in sich konsistent sein.

Seit der Stellungnahme des Bundesrates 1988 zum 'Projekt Gewähr 1985' haben Definition und Auslegung des Begriffs 'Standortnachweis' immer wieder zu Diskussionen geführt. Aus diesem Grund wurde im Rahmen einer Arbeitsgruppe mit Vertretern der HSK, KNE, KSA und der Nagra das vorliegende Dokument erarbeitet, welches ein nachvollziehbares und von allen Beteiligten akzeptiertes Konzept für die Beurteilung des Standortnachweises enthält. Dazu gehört, neben der Beschreibung des Endlagerkonzepts, eine Liste der sicherheits- und bautechnisch relevanten Aspekte und Kenngrössen.

1.2 Definition des Standortnachweises und Ableitung der zu beurteilenden Aspekte

Hinsichtlich der Definition des Begriffs „Standortnachweis“ sind HSK, KNE, KSA, Nagra und AGNEB bereits früher zu einem Konsens gelangt (Schlussbericht der Arbeitsgruppe Kristallin Nordschweiz, Juni 1996 und Aktennotiz HSK 23/47). In Anlehnung daran wird der Begriff „Standortnachweis“ für die Option Opalinuston wie folgt definiert:

Der **Standortnachweis** muss aufgrund dokumentierter Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein genügend grosser Gesteinskörper mit den im Sicherheitsnachweis festgehaltenen Eigenschaften existiert, so dass die Realisierung eines Endlagers im besagten Standortgebiet mit guter Aussicht auf Erfolg in Angriff genommen werden könnte.

Die zu beurteilenden Aspekte sollen gemäss der oben zitierten Aktennotiz der HSK folgende Merkmale aufweisen:

- Sie sollen sich spezifisch auf die geplanten erdwissenschaftlichen Erkundungen des Untersuchungsgebietes beziehen.
- Sie sollen objektiv messbar sein, damit Meinungsverschiedenheiten über das Erreichen des Ziels möglichst vermieden werden.
- Sie sollen alle Eigenschaften ansprechen, die für den Standortnachweis von Bedeutung sind.
- Sie sollen prinzipiell erfüllbar sein, unter der Voraussetzung, dass die Untersuchungen mit der erforderlichen technisch-wissenschaftlichen Sorgfalt durchgeführt werden.

Gemäss Definition des Standortnachweises muss das Beurteilungskonzept aus dem Sicherheitskonzept und den sicherheitsrelevanten Kenngrössen des Gesamtsystems abgeleitet werden. Zusätzlich müssen die bautechnischen Gesteinseigenschaften im Standortgebiet eine Realisierung des Endlagers ermöglichen.

Um Missverständnissen bei der Interpretation des Begriffs 'Standortnachweis' vorzubeugen, wurde im Schlussbericht der Arbeitsgruppe Kristallin vom Juni 1996 präzisierend weiter erläutert: „Auf dem Weg zur Realisierung eines Endlagers ist der Standortnachweis ein wichtiger Zwischenschritt, der von der Oberfläche aus erreicht werden soll. Die Untersuchungen sind dabei der Natur der geologischen Gegebenheiten (tektonische und hydrogeologische Situation, Homogenität bzw. Heterogenität der Gesteinsbeschaffenheit) anzupassen. Für den Standortnachweis müssen die Untersuchungen so weit fortgeschritten sein, dass ein für das Wirtgestein repräsentativer Datensatz vorliegt. Die Eignung des für die Realisierung eines Endlagers ausgewählten Standortes muss in einem nächsten Schritt mit einem umfangreichen untertägigen Erkundungsprogramm (Schacht, Stollen etc.) bestätigt werden“. Diese Ausführungen gelten sinngemäss auch für die Option Opalinuston. Damit besteht der Ablauf der Endlagerrealisierung aus folgenden Phasen:

1. Konzeptentwicklung
2. Regionale Untersuchungen
3. Charakterisierung des Standortgebietes mit Untersuchungen einschliesslich Bohrungen von der Erdoberfläche aus.
4. Bestätigung der Standorteigenschaften mit Untertageuntersuchungen vor Ort (u.a. Felslabor mit Langzeittests).
5. Erstellung des Endlagers.

Der Standortnachweis muss während der dritten Phase erbracht werden.

2 Endlager- und Sicherheitskonzept

Ziel der Endlagerung ist der Einschluss der Abfälle in einem System von gestaffelten passiven Sicherheitsbarrieren (Mehrfachbarrierenkonzept mit technischen und natürlichen Barrieren, HSK-R-21), in welchem die meisten Radionuklide zerfallen, bevor sie die Biosphäre erreichen. Dabei müssen die Freisetzungsraten der nicht zerfallenen Radionuklide so gering sein, dass ihre Konzentration in der Biosphäre zu keiner Zeit zu einer Überschreitung der jährlichen Individualdosis von 0,1 Millisievert führt.

Die Endlagerung der Abfälle im Opalinuston erfolgt unterirdisch in horizontalen bis leicht geneigten, bergmännisch erstellten Stollen und Kavernen in einer Tiefe von einigen hundert Metern (Abb. 1). Der Zugang zum Endlagerbereich führt durch vertikale Schächte (evtl. Rampen). Gemäss heutigem Konzept erfordert das Stollensystem eine Gesamtfläche von ca. 1 km², wobei die geometrische Auslegung den geologisch-tektonischen Gegebenheiten am Standort angepasst werden kann (z.B. Anordnung der Endlagerstollen senkrecht zur Neigungsrichtung der Gesteinsschichten). Die hochaktiven Abfälle (HAA) und die langlebigen mittelaktiven Abfälle (LMA) werden in voneinander getrennten Bereichen des Endlagers gelagert, da sie sich bezüglich ihrer technischen Barrierensysteme unterscheiden (HAA: Behälter und Bentonitverfüllung; LMA: Fässer mit Zementmatrix und -verfüllung).

Beim Bau der Schächte und Stollen entsteht durch Spannungsumlagerung im Gestein eine Auflockerungszone mit potentiell erhöhter hydraulischer Durchlässigkeit. Durch entsprechende Versiegelung der Schächte und Stollen und, in ausgewählten Abschnitten, ihrer Auflockerungszonen, wird sichergestellt, dass diese keine unzulässigen hydraulischen Kurzschlüsse zwischen Endlager und Biosphäre bilden.

Neben den technischen Barrieren (Abfallmatrix, Stahlbehälter, Bentonit, Zement) wirkt die Geosphäre als wichtige zusätzliche Transportbarriere für radioaktive Stoffe (Radionuklide). Dabei wird zwischen der Geosphäre in Endlagernähe (Opalinuston) und der Geosphäre in grösserer Entfernung vom Endlager (Opalinuston und angrenzende Schichten) unterschieden.

In der Sicherheitsanalyse stellt der Opalinuston aufgrund seiner geringen hydraulischen Durchlässigkeit und der für die Radionuklidrückhaltung günstigen geochemischen Eigenschaften die Haupttransportbarriere der Geosphäre dar. In der Sicherheitsanalyse werden die im Opalinuston potentiell zu erwartenden Prozesse bei der Endlagerung (Diffusion, Radionuklidtransport in Störungen und Klüften, Retention, Endlagergas-Freisetzung) detailliert abgeklärt und modelliert.

Die Geosphäre in grösserer Entfernung vom Endlager, d.h. die an den Opalinuston angrenzenden tonigen Grundwasserstauer (Tonsteine und Mergel des Doggers und des Unteren Malms, des Lias und des Keupers sowie der Gipskeuper) tragen wegen ihrer guten Sorptionseigenschaften ebenfalls zur Radionuklidrückhaltung bei. Die potentiellen lokalen Grundwasserleiter der weiteren Geosphäre (Sandsteine des Oberen Doggers, Lias-Kalke, Keuper-Sandsteine) bewirken eine Verdünnung und Retention und führen so zu einer weiteren Verringerung der Radionuklidkonzentration. Die Wirksamkeit dieses Teiles der Geosphäre wird in der Sicherheitsanalyse grob abgeschätzt, bleibt aber im Basisfall der Sicherheitsanalyse konservativerweise unberücksichtigt. Die Geosphäre oberhalb des Opalinustons bietet aber den unerlässlichen Langzeitschutz des Endlagers vor Einflüssen von der Erdoberfläche aus (z.B. Erosion).

3 Zeitliche Entwicklung des Endlagersystems

Durch den Bau (Schächte, Stollen- und Kavernen-System) und den Betrieb des Endlagers bildet sich eine Auflockerungszone, die natürlichen Grundwasserverhältnisse im Endlagerumfeld werden verändert (Drucksenke, evtl. Entgasung der Grundwässer wegen der Druckabsenkung) und es finden geochemische Veränderungen im Stollen- und Kavernen-Nahbereich statt (z.B. Oxidation von Pyrit, Salzanreicherung).

Nach dem Einbringen der HAA-Behälter und der Verfüllung beginnt die Aufsättigung, die zum Quellen des Bentonits führt. Damit verbunden ist - als Folge von Quellungsprozessen - auch eine teilweise Selbstheilung (Verschliessung) der Auflockerungszone. Zu beachten ist auch die Erwärmung des Gesteins durch die Zerfallswärme der Abfälle. Sie könnte eine Umwandlung der Tonmineralien, d.h. ein Verlust der Quelfähigkeit verursachen.

Wenn Wasser zu den Behältern vordringt, beginnt deren Korrosion, und es kann nach einigen tausend Jahren zum Versagen der Behälter kommen. Anschliessend kommt das Wasser in Berührung mit den verfestigten Abfällen; erst dann fängt die Korrosion der Glas-Abfallmatrix oder der abgebrannten Brennelemente an und Radionuklide werden teilweise im Wasser gelöst. Danach findet diffusiver Transport der Radionuklide durch die Bentonitverfüllung statt. Diese stellt wegen ihrer sehr geringen Durchlässigkeit, ihrer Chemie und ihrer Porenstruktur eine wirksame Barriere für Radionuklide (in Lösung oder als Kolloide) dar. All diese Vorgänge (Wasserzutritt, Korrosion, Diffusion) geschehen sehr langsam (tausende von Jahren) und ermöglichen damit den Zerfall vieler Radionuklide bereits vor Ort.

Bei den LMA entwickelt sich ein alkalisches Zementporenwasser, welches mit dem Opalinuston reagiert (Reaktionsprodukte: u.a. Karbonate, Kalzium-Aluminium-Silikat-Hydrat-Phasen, Zeolithe). Diese Reaktionen können die wasserführenden Systeme im Tongestein ändern und dadurch den Nuklidtransport im Wirtgestein beeinflussen. Zudem bildet sich aus Korro-

sionsprozessen Gas, welches entweder gelöst im Porenwasser oder als separate Gasphase auftritt.

Die Freisetzung von Radionukliden aus dem Opalinuston - diffusiv durch das Gestein oder advektiv entlang Klüften oder Störungen - kann sowohl nach oben in potentielle Grundwasserleiter des oberen Doggers und/oder in den regionalen Grundwasserleiter des Malms als auch nach unten in die potentiellen Grundwasserleiter des Lias/Keupers und/oder in den regionalen Muschelkalk-Grundwasserleiter erfolgen. Dabei ist insbesondere in den Tonsteinen und Mergeln des Doggers und des unteren Malms, in den Mergeln des oberen Lias und Keupers sowie im Gipskeuper mit einer zusätzlichen Rückhaltung und einem weiteren Zerfall der Radionuklide zu rechnen.

Anschliessend erfolgt ein Transport der noch verbleibenden Radionuklide in den regionalen Grundwasserleitern bis in die Biosphäre.

Inwieweit eine Freisetzung der Radionuklide entlang der Auflockerungszone und der verfüllten Stollen und Schächte stattfinden kann, hängt von der Ausbildung der Auflockerungszone, von der Art der Versiegelung und von der Endlagerauslegung ab.

Für die Endlagergas-Freisetzung kommen die gleichen Migrationspfade und zusätzliche Mechanismen (Zweiphasenfluss) in Betracht.

4 Grundanforderungen an das Standortgebiet

Basierend auf den in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen funktionalen Eigenschaften eines Endlagers sowie der zeitlichen Entwicklung des Endlagers, lassen sich im Hinblick auf den Standortnachweis die folgenden grundsätzlichen Anforderungen an ein Standortgebiet ableiten.

- 1 Genügende Ausdehnung des Wirtgesteins: Das im Standortgebiet in geeigneter Tiefenlage vorhandene Wirtgestein muss Bereiche aufweisen, die sich bezüglich ihrer Grösse und ihrer Form für die Anordnung der Endlagerbauwerke eignen.
- 2 Geringe Durchlässigkeit: Die Beschaffenheit des Wirtgesteins muss so sein, dass die grossräumige Durchlässigkeit gering ist und auch allfällige Wasserfliesspfade kleine Transmissivitäten haben.
- 3 Ruhige Lagerung: Das Wirtgestein soll ruhige tektonische Lagerungsverhältnisse und eine lateral verfolgbare Faziesausbildung aufweisen.
- 4 Geeignete felsmechanische Eigenschaften: Das Wirtgestein muss im Endlagerbereich felsmechanische Minimalanforderungen erfüllen. Die Schichten oberhalb des Wirtgesteins müssen das Abteufen von Schächten bzw. einer Rampe ermöglichen.
- 5 Geologische Langzeitstabilität: Das Standortgebiet muss gewährleisten, dass die für das Endlagersystem günstigen Eigenschaften so lange erhalten bleiben, bis die Aktivität der Abfälle weitgehend abgeklungen ist.
- 6 Fehlende Ressourcen: Im Standortgebiet sollen keine aussergewöhnlichen Ressourcen (z.B. Erzvorkommen, Kohle, Erdöl, Erdgas und Geothermie) vorkommen, deren Nutzung durch das Endlager verunmöglicht wird; bei eventuellen Nutzungskonflikten sind Vorrangentscheide notwendig.

Ein Standortgebiet muss bezüglich Prognostizierbarkeit und Explorierbarkeit so beschaffen sein, dass die hier aufgeführten Anforderungen mit den heute zur Verfügung stehenden Erkundungstechnologien mit genügender Zuverlässigkeit abgeklärt werden können. Die Abklärung erfolgt sowohl durch Erkundung (Exploration) des eigentlichen Standortgebietes als auch durch standortunabhängig erhobene, übertragbare Daten (Felslabor Mont Terri, relevante Tiefbohrungen, Untertagebauten). Die Eignung des Standortgebietes darf durch die durch die Erkundung allenfalls verursachten Schichtverletzungen nicht in Frage gestellt werden.

5 Im Sicherheitsnachweis und im Nachweis der bautechnischen Machbarkeit berücksichtigte geologische Verhältnisse und Kenngrößen und ihr Bezug zum Standortnachweis

Im Rahmen der Sicherheitsanalyse und der Baustudie werden das Verhalten der verschiedenen Endlagerkomponenten und ihre gegenseitige Beeinflussung anhand von Modellrechnungen untersucht und quantitativ abgeschätzt. Die dazu benötigten Kenngrößen werden durch standortspezifische und standortunabhängige Feld- und Laboruntersuchungen erhoben. Der Datensatz der Sicherheitsanalyse muss für die Bezugsgrösse des Endlagers bzw. für die massgebenden geosphärischen Freisetzungspfade repräsentativ sein.

Nachfolgend sind die wichtigsten geosphärenbezogenen Kenngrößen tabellarisch zusammengestellt und in Bezug zu den in der Sicherheitsanalyse berücksichtigten Prozessen und den bautechnischen Aspekten gebracht. Zudem wird auf die regionalgeologischen, tektonischen und hydrogeologischen Verhältnisse im Standortgebiet eingegangen, welche für die Endlagersicherheit und die bautechnische Machbarkeit von Bedeutung sind. Die Zusammenstellung erfolgt nach folgenden sechs Gesichtspunkten:

- allgemeine geologisch-tektonische Verhältnisse
- allgemeine hydrogeologische Verhältnisse in der Abfolge Permotrias - Malm
- Kenngrößen betreffend Opalinuston
- Kenngrößen betreffend Grundwasserstauer und potentielle Grundwasserleiter ober- und unterhalb des Opalinustons
- Kenngrößen betreffend Gesteinsschichten oberhalb des Opalinustons
- Störeffekte durch das Endlager selbst (Bau und Betrieb).

Tabelle: Beurteilungsmerkmale für den Standortnachweis im Opalinuston

Allgemeine geologisch-tektonische Verhältnisse	
Aspekt, Kenngrösse	Bedeutung, Bezug
Geologische Verhältnisse - Schichtabfolge (Gesteinszusammensetzung) - Schichtlage (Neigung) - Tiefenbereich - Räumliche Lage und Versatz von Störungen	Kritisch bezüglich Sicherheit, bautechnischer Machbarkeit, Endlagerauslegung. - Es werden Gebiete mit flacher bis schwach geneigter Schichtlage und wenig gestörter Lagerung gesucht. Wegen linearer Tiefenerosion (übertiefte Täler) ist eine Minimaltiefe von ca. 400 m erforderlich und aufgrund bautechnischer Machbarkeit (resp. Kosten) wird die Maximaltiefe auf ca. 800 m festgelegt. - Störungen haben auch eine Bedeutung für die Abschätzung möglicher hydrogeologischer Effekte (Kurzschlüsse, 'Sackgassen').
Langzeiteinflüsse - Hebungsrate - Erosion - Neotektonik (aktive Störungen, Seismizität)	Keine frühzeitige Freilegung durch Erosion, keine unzulässige mechanische Beeinträchtigung des Endlagers. Es werden Gebiete mit sehr geringer rezenter Hebungsrate und ausserhalb aktiver Störungszonen gesucht.
Geologische Entwicklung, Temperaturgeschichte	Systemverständnis, Langzeitszenarien, Abschätzung von Wärmeeffekten im Opalinuston in der Nähe des Endlagers.
Aussergewöhnliche Ressourcen, z.B. - Kohlenwasserstoffe (Erdöl, Erdgas) - Erze, Evaporite (z.B. Steinsalz) - Kohle - Mineral- und Thermalwässer	Im Rahmen des Entsorgungsnachweises wird darzulegen sein, dass die Nutzung allfällig vorhandener Rohstoffe durch ein Endlager nicht prinzipiell verunmöglicht wird. Bei eventuellen Nutzungskonflikten sind politische Entscheidungen notwendig (Vorrangentscheidungen).

Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse in der Abfolge Permotrias - Malm	
Aspekt, Kenngrösse	Bedeutung, Bezug
- Geometrie der Grundwasserstauer und der Grundwasserleiter (Stockwerkbau), Störungsmuster	Verteilung und Länge der regionalen Fließpfade, Abgrenzung der verschiedenen Grundwasserstockwerke, hydraulische Wirksamkeit von Störungszonen.
- Hydraulische Durchlässigkeiten - Hydraulische Druckhöhen (Potentiale)	Hinweise zum Stockwerkbau, Informationen über Wirksamkeit der Grundwasserstauer, Fliessrichtung und Quantifizierung der Wasserflüsse.
- Wasser-Typen (Hydrochemie, Isotope) - Porenwasserchemie in tonigen Formationen - Datierung der Grundwässer, Altersverteilung	Generell: Unabhängige Konsistenzprüfung der hydraulischen Datensätze: Hinweise zum Stockwerkbau, unterirdische Verweilzeiten der Grundwässer ('Grundwasser-Alter', Mischungsvorgänge), Hinweise auf eventuelle hydraulische Kurzschlüsse, Hinweise auf Migrationsmechanismen (Diffusion vs. Advektion) in tonigen Formationen.

Kenngrößen betreffend Opalinuston	
Kenngrösse	Bedeutung, Bezug
Geologische Kenngrößen: - Schichtmächtigkeit - Lithologische Zusammensetzung - Mineralogie - strukturelles Inventar - interner Aufbau von Störungen - Spannungsfeld	Bautechnische Machbarkeit, Migrationspfad. Heterogenität der Durchlässigkeit, Retention. Sorption, Quellverhalten. Endlagerauslegung, Radionuklidtransport. Radionuklidtransport (Matrixdiffusion, Sorption). Endlagerauslegung und -ausbau, Ausbildung der Auflockerungszone.
Felsmechanische Kenngrößen: - Druck- und Scherfestigkeit, Kohäsion, Verformungseigenschaften, Quellverhalten, in-situ Spannungen, etc	Bautechnische Machbarkeit, Endlagerauslegung und -ausbau, Form und Ausdehnung der Auflockerungszone, Einfluss einer wechselnden Auflast (Gletschervorstoss und -rückzug in künftigen Eiszeiten) auf den Porenwasserdruck (Konsolidierung, Dekompaktion), teilweise Selbstheilung der Auflockerungszone, Selbstheilung von Störungen und Gas-Fracs.
Gesteinsphysikalische Kenngrößen: - Porosität, Porositätsverteilung - Wärmeleitfähigkeit	Radionuklidtransport (Diffusion, Sorption, Matrixdiffusion), Kolloidtransport. Endlagerauslegung (Abstände der Lagerstollen).
Hydraulische Kenngrößen: - Wasserfluss durch Endlager (eff. hydraulische Durchlässigkeit, hydraulischer Gradient) - Verteilung des Wasserflusses (Rolle der Störungen) - Zweiphasenfluss-Parameter - Diffusionskonstanten	Radionuklidfreisetzung aus dem Endlagernahfeld, Langzeitverhalten der technischen Barrieren. Radionuklidtransport, Langzeitverhalten der technischen Barrieren. Endlagergas-Freisetzung. Radionuklidtransport.
Geochemische Kenngrößen: - in-situ geochemische Bedingungen (Porenwasser-Salinität, Eh, pH, chemische Zusammensetzung, gelöste organische Stoffe) - Datierung der Porenwässer (Verweilzeiten, Austausch- und Mischungsvorgänge) - Mineralogie, Kationenaustauschkapazität	Löslichkeits- und Sorptionsberechnungen im Endlagernahfeld, Sorption im Wirtgestein, Langzeitverhalten (Korrosion, Degradation) der technischen Barrieren, Kolloidtransport, Abschätzung der Endlagereinflüsse. Validierung der Fließmodelle. Retention, Sorption.

Kenngrossen betreffend Grundwasserstauer und potentielle Grundwasserleiter ober- und unterhalb des Opalinustons	
Aspekt, Kenngrösse	Bedeutung, Bezug
Porenwasserzusammensetzung in den tonigen Formationen	Nachweis der Barrierenwirkung der Grundwasserstauer.
Hydraulische Durchlässigkeit der geringmächtigen Sand- und Kalkstein-Formationen (potentielle Grundwasserleiter) ober- und unterhalb des Opalinustons	Abschätzung der Bedeutung der potentiellen Grundwasserleiter als Fliesspfad.
Hydrochemie und Isotopenzusammensetzung der Grundwässer (unterirdische Verweilzeiten)	Konsistenzprüfung der Fliessmodelle.
Geologische Charakteristika der wasserführenden Systeme: - laterale Faziesentwicklung - Strukturen - Lithologie/Mineralogie - Porositätsverteilung	Abschätzung der Radionuklidrückhaltung in den potentiellen Grundwasserleitern (Eruierung der Bedeutung der geringmächtigen Sand- und Kalkstein-Formationen) = Abschätzung der zusätzlichen Barrierenwirkung der endlagerfernen Geosphäre.

Kenngrossen betreffend Gesteinsschichten oberhalb des Opalinustons	
Aspekt, Kenngrösse	Bedeutung, Bezug
Felsmechanische Kenngrössen	Bau Schacht / Rampe
Hydrogeologische Kenngrössen (hydraulische Durchlässigkeiten und Druckhöhen), Hydrochemie	Bau Schacht / Rampe

Störeffekte durch das Endlager selbst (Bau und Betrieb)	
Aspekt, Kenngrösse	Bedeutung, Bezug
Ausdehnung und hydraulische Eigenschaften der Auflockerungszonen von Schächten, Stollen und Kavernen; Selbstheilung von Auflockerungszonen	Abschätzung der Effekte potentieller hydraulischer Kurzschlüsse, Abschätzung der Wirkung von Versiegelungszonen, Selbstheilungseffekte.
Temperatureffekte	Abschätzung der potentiellen Veränderung (Mineralogie, Porosität, Porenwasser) des Opalinustons in Endlagernähe.
Effekte von Zementporenwässern	Veränderung der Porosität und Geochemie (Porenwasser, Mineralogie) in Endlagernähe.
Oxidationseffekte	Veränderung der Geochemie.
Salzanreicherung	Veränderung der Porenwasserchemie.
Endlagergas-Freisetzung	Gasmigrationsmechanismen (Bildung und Selbstheilung von Gas-Fracs).

Wichtige Elemente des Endlagersystems (schematisch)

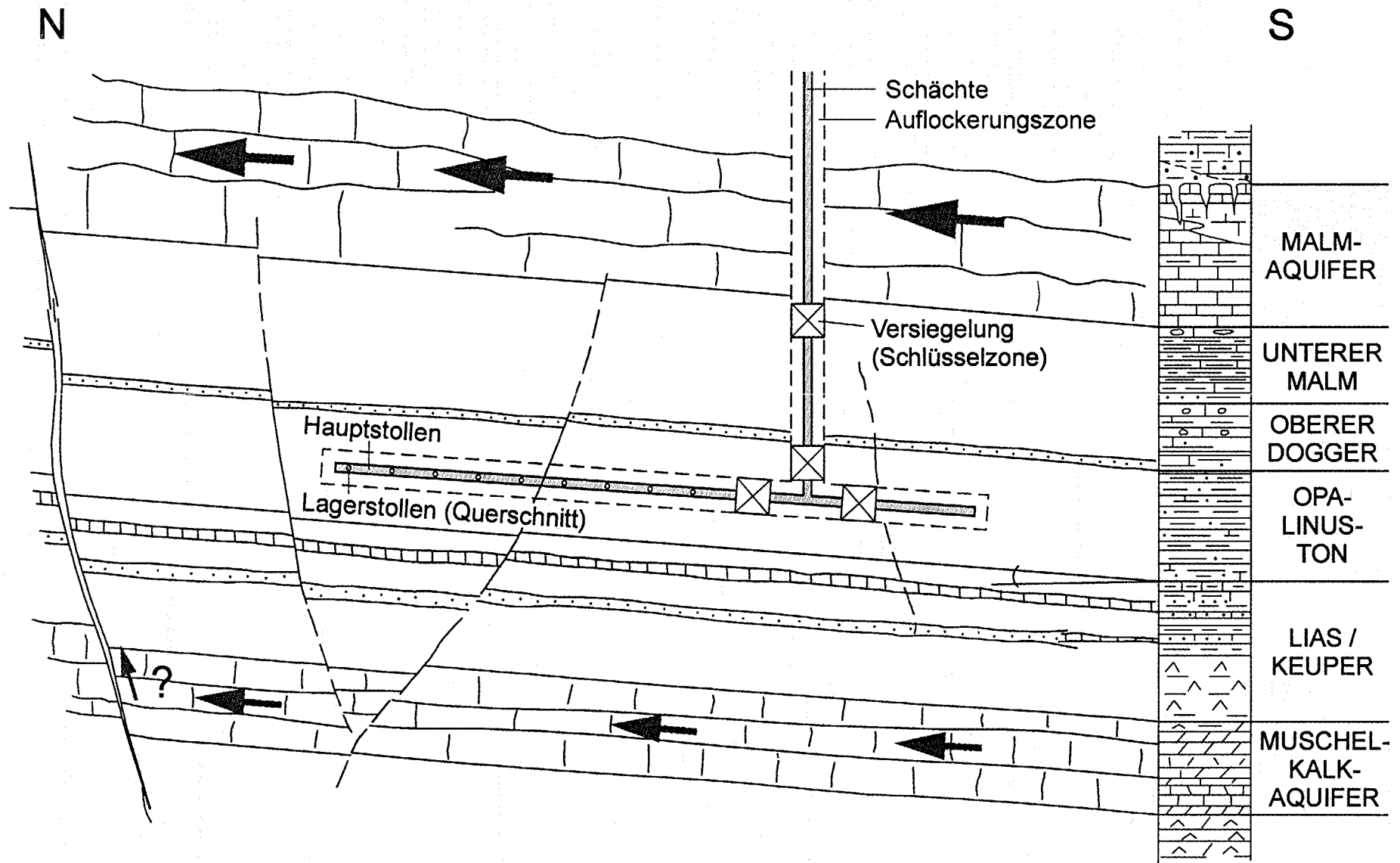


Abb. 1

Anhang: Zusammensetzung der Arbeitsgruppe

HSK:



KSA:



KNE:



Nagra:

