

# GEOFOKUS



# Die Geowissenschaften als Schlüssel zur sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle

Volkmar Bräuer

## 1. Einleitung

Die Entsorgung radioaktiver Abfälle ist eine verantwortungsvolle und zugleich dringende Aufgabe unserer Gesellschaft. Laut Umfragen in Deutschland und im europäischen Raum halten etwa 80% der Bevölkerung die Lösung der „Endlagerfrage“ für wichtig und dringlich.

Ziel der Endlagerung radioaktiver Abfälle ist es, Mensch und Umwelt vor radiologischer Gefährdung langfristig zu schützen. Dabei sollen auch künftigen Generationen keine unangemessenen Belastungen aufgebürdet werden.

Die Wissenschaft ist sich einig, dass nur die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen den langfristigen Schutz von Mensch und Umwelt gewährleisten kann. Während in einigen Ländern schon Endlager für mittel- und schwachradioaktive Abfälle existieren, gibt es weltweit noch kein entsprechendes Endlager für hochaktiven und Wärme entwickelnden Abfall. Aufgrund unterschiedlicher Endlagerkonzepte werden international auch unterschiedliche Wirtsgesteine auf ihre Eignung für die Aufnahme eines Endlagers untersucht. Dabei spielen die jeweiligen nationalen geologischen Gegebenheiten eine wesentliche Rolle.

## 2. Rahmenbedingungen für die Endlagerung in Deutschland

In Deutschland hat der Bund die Verantwortung für die Einrichtung von Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle. Mit der konkreten Durchführung dieser Aufgabe ist das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) beauftragt. Das BfS ist dem Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) zugeordnet.

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) als nachgeordnete Bundesoberbehörde im Dienstbereich des Bundesministe-

riums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) bearbeitet im Rahmen von Standortuntersuchungen und anwendungsorientierter Forschung in den Endlagerprojekten die geowissenschaftlichen und geotechnischen Fragestellungen. Insbesondere werden Untersuchungen zur Standortauswahl, zur geologischen Standorterkundung, zur Charakterisierung des Endlagerwirtsgesteins und zur Analyse von zukünftigen Szenarien für die Langzeitsicherheit durchgeführt.

## 3. Endlagerwirtsgesteine

Nach dem deutschen Entsorgungskonzept sollen die bei der Stromerzeugung in Kernkraftwerken anfallenden hochradioaktiven Abfälle konzentriert und isoliert in tiefen geologischen Formationen endgelagert werden. Eine günstige geologische Gesamtsituation ist dabei eine wesentliche Voraussetzung. Schlüsselement ist hierbei der „einschlusswirksame Gebirgsbereich“. Dieser Teil der geologischen Barriere soll im Zusammenwirken mit technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss der Abfälle und ihre Isolierung von der Biosphäre sicherstellen (AKEND 2002).

International werden im Rahmen der einzelnen Endlagerkonzepte im Wesentlichen Tongesteine, Steinsalz und Kristallingesteine als mögliche Endlagerwirtsgesteine untersucht. Der Einschluss der Abfälle in einem Endlager und ihre Isolation von der Biosphäre werden in allen Konzepten durch ein Mehrbarrierensystem gewährleistet, das aus einer geologischen, geotechnischen und technischen Barriere besteht. Der Geologie kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu. Im deutschen Endlagerkonzept übernimmt das Wirts- und Barrieregestein die Hauptlast im Mehrbarrierensystem und steuert damit die Auswahl eines Endlagerstandortes (Abb. 1).

**Abb. 1: Eigenschaften potenzieller Wirtsgesteine**

| Eigenschaft             | Steinsalz               | Ton/Tonstein           | Kristallingestein<br>(z. B. Granit)                   |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|---|
| Temperaturleitfähigkeit | hoch                    | gering                 | mittel  |
| Durchlässigkeit         | praktisch undurchlässig | sehr gering bis gering | sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (geklüftet) |
| Festigkeit              | mittel                  | gering bis mittel      | hoch  |
| Verformungsverhalten    | viskos (Kriechen)       | plastisch bis spröde   | spröde  |
| Hohlraumstabilität      | Eigenstabilität         | Ausbau notwendig       | hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)       |
| In-situ Spannungen      | lithostatisch isotrop   | anisotrop              | anisotrop   |
| Lösungsverhalten        | hoch                    | sehr gering            | sehr gering   |
| Sorptionsverhalten      | sehr gering             | sehr hoch              | mittel bis hoch                                       |
| Temperaturbelastbarkeit | hoch                    | gering                 | hoch  |

günstige Eigenschaft
  ungünstige Eigenschaft
  mittel

### 3.1. Eigenschaften von Steinsalz

Schon Ende der 50-er Jahre gab es in Deutschland Überlegungen über die Endlagerung in Salzgesteinen. Basierend auf jahrzehntelanger Forschung und über hundertjähriger Erfahrung im Salzbergbau wurde ein umfangreiches Wissen zu den endlagerrelevanten Eigenschaften von Steinsalz und Salzformationen erarbeitet.

Unter ungestörten natürlichen Lagerungsbedingungen ist Steinsalz praktisch undurchlässig gegenüber Gasen und Flüssigkeiten. Steinsalz besitzt zudem eine hohe Wärmeleitfähigkeit sowie viskoplastische Eigenschaften, die zum Verschluss von Hohlräumen im Gebirge führen. Aufgrund dieser günstigen Eigenschaften ist Steinsalz insbesondere als Wirtsgestein für Wärme entwickelnde hochaktive Abfälle sehr gut geeignet.

### 3.2. Eigenschaften von Kristallingesteinen

Kristallingesteine (Granite und metamorphe Gesteine) zeichnen sich besonders durch ihre hohe Festigkeit und Hohlraumstabilität sowie durch ihre geringe Temperaturempfindlichkeit aus. Auch ihr sehr geringes Lösungsverhalten ist für die Endlagerung günstig. Während die Durchlässigkeit von kristallinen Gesteinen im ungeklüfteten Zustand meist sehr gering ist, weisen diese Gesteine im geklüfteten Zustand deutlich höhere bis sehr hohe Durchlässigkeiten auf. In diesem Fall ist der dichte Einschluss der Abfälle nur durch Hinzuziehung geeigneter technischer und geotechnischer Barrieren (Behälter, Bentonit-Versatz) zu gewährleisten.

### 3.3. Eigenschaften von Tongesteinen

Tongesteine weisen eine Bandbreite vom plastischen Ton mit Übergangsformen bis zum stark



*Abb.2: Untersuchungswürdige Regionen für die Endlagerung stark Wärme entwickelnder hochradioaktiver Abfälle in salinaren (blau) und kristallinen (rot) Formationen Deutschlands (KOCKEL & KRULL 1995, BRÄUER et al. 1994)*

verfestigten und z.T. geklüfteten Tonstein auf. Dabei können erhebliche Unterschiede im Verformungsverhalten, der Temperaturempfindlichkeit und der Gebirgsstabilität auftreten. Die bisher bekannten, für die Endlagerung günstigen Eigenschaften der Tongesteine sind insbesondere die sehr geringe Durchlässigkeit und die hohe Sorptionsfähigkeit. Tongesteinsformationen haben als abdeckende, dichte Schichten z.B. für Kohlenwasserstoff-Vorkommen ihre langfristige Wirksamkeit als geologische Barriere nachgewiesen.

#### 4. Wirtsgesteinsstudien in Deutschland

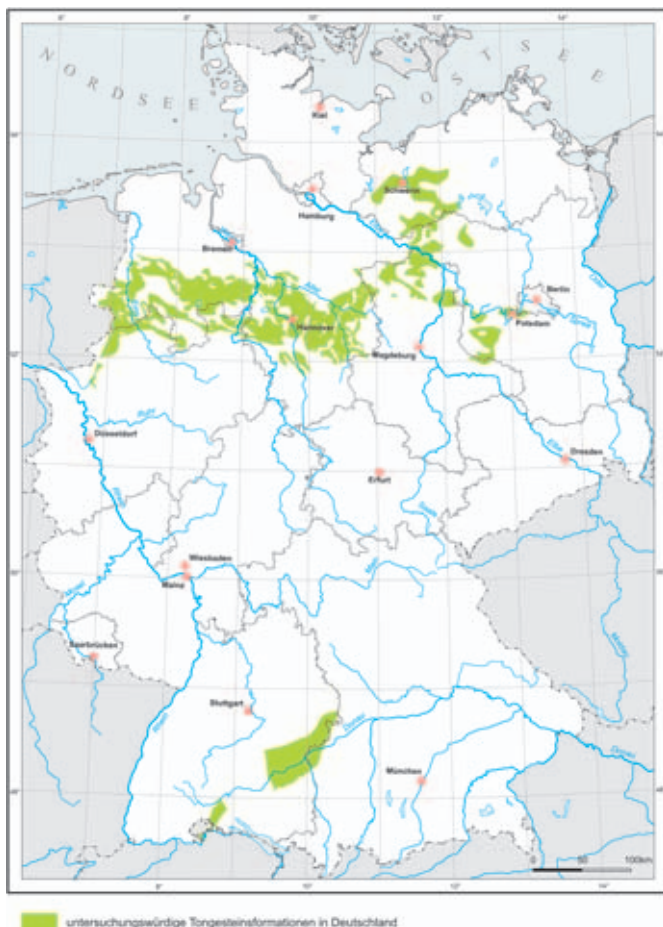
Zur Frage der möglichen Endlagerwirtsgesteine in Deutschland hatte die BGR im Auftrag der damaligen Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie Forschung und Technologie je einen Katalog für die Salz- und Kristallinvorkommen veröffentlicht, deren Ergebnisse auch heute noch aktuell sind und Gültigkeit haben (KOCKEL & KRULL 1995,

BRÄUER et al. 1994). Als Ergebnis wurden dabei Salzstöcke und Regionen mit Kristallinvorkommen in Deutschland ausgewiesen, die als weiter untersuchungswürdig für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle eingestuft wurden (Abb. 2). Die Untersuchungen stützten sich dabei auf Literatur-, Archiv- und Bohrungsdaten. Feldmessungen und Bohrungen wurden nicht durchgeführt.

Im Jahre 2003 erhielt die BGR vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) den Auftrag, in Ergänzung zu den Untersuchungen zu Steinsalz und Kristallingesteinen, eine Studie über die Verbreitung von Tongesteinen als potenzielle Wirtsgesteine für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland zu erstellen (HOTH et al. 2007).

Bei den für Tongesteine durchgeführten Untersuchungen dienten international anerkannte, von der BGR für die Wirtsgesteine Salz und Kristallin formulierte Ausschluss- und Abwägungskriterien als Grundlage. Sie wurden ergänzt

**Abb.3: Untersuchungswürdige Tongesteinsformationen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Deutschland (HOTH et al. 2007)**



durch die im Jahr 2002 vom Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte aufgestellten wirtsgesteinsunabhängigen Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen (AKEND 2002). Zusätzlich wurden von der BGR weitere, aus geowissenschaftlicher Sicht als maßgeblich erachtete Abwägungskriterien bei der Auswahl der Regionen herangezogen.

Grundlage der im Rahmen der „BGR-Tonstudie“ durchgeführten Beurteilung von Tongesteinsformationen im tieferen Untergrund Deutschlands waren etwa 25.000 Bohrungen, die im Rahmen der Erdöl-, Erdgas-, Salz-, Erz- oder

anderer Rohstofferkundung sowie in geringerem Umfang für Forschung und Kartierung abgeteuft und ausgewertet wurden.

Als Ergebnis lieferte die „BGR-Tonstudie“ keine Darstellung von einzelnen konkreten Endlagerstandorten sondern die Ausweisung von untersuchungswürdigen Regionen. Die Untersuchungen zeigen, dass stratigrafisch gesehen mächtige und homogene Tongesteine, welche die Mindestanforderungen an Endlagerwirtsgesteine erfüllen, in der Unterkreide sowie in Gesteinen des Unter- und Mitteljuras Norddeutschlands auftreten. In Süddeutschland

konnten, stärker regional begrenzt, Gesteine des Mitteljuras als untersuchungswürdig ausgewiesen werden. Die Tonformationen des Tertiärs wurden wegen ihrer ungünstigen mechanischen Eigenschaften in der BGR-Studie nicht weiter betrachtet (Abb. 3).

Die ausgewiesenen Regionen mit Tongesteinsformationen liegen vor allem in Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Baden-Württemberg und untergeordnet auch in Brandenburg, Bayern und Nordrhein-Westfalen. Eine weitergehende Ausweisung und Auswahl eines Standortes kann nur mit einem sehr aufwändigen Erkundungsprogramm erfolgen.

## 5. Konsequenzen für die Endlagerkonzepte

Als Konsequenz der unterschiedlichen Gesteinseigenschaften der potenziellen Wirtsgesteine (Abb. 4) werden auch unterschiedliche Endlagerkonzepte im Steinsalz, in Tongesteinen und in Kristallingesteinen verfolgt. Das Endlagerkonzept für **Steinsalz** basiert aufgrund der Undurchlässigkeit und der Kriecheigenschaften des Steinsalzes auf dem vollständigen Einschluss der Abfälle. Die Qualität der für eine Bewertung heranzuziehenden Daten ist für die Steinsalzvorkommen in Deutschland wesentlich größer als die standortspezifischen Kenntnisse der Tongesteins- und Kristallinvorkommen. Eine umfassende Datenbasis der Eigenschaften der Salzgesteine sowie erprobte Erkundungsmethoden und -verfahren sind somit vorhanden.

Im Vergleich zu Steinsalz sind die Kenntnisse über **Tongesteinsformationen** u.a. auch wegen der geringen Erfahrungen im Bergbau geringer. In Tongesteinen als Wirtsgestein darf zudem die durch die Abfallwärme hervorgerufene maximale Gebirgstemperatur wegen der möglichen Veränderungen der physikalischen Eigenschaften der Tonminerale bei Mineralumbildungen eine Temperatur von etwa 100 °C nicht überschreiten (zum Vergleich Steinsalz: 200 °C). Diese Temperaturbeschränkung würde eine längere Zwischenlagerzeit und Abklingzeit bedingen und damit ein für Deutschland neu zu entwickelndes Endlagerkonzept mit einem wesentlich erhöhten Platzbedarf sowie ein neues Behälterkonzept

erfordern. In Tongesteinen sind zudem Sicherungsmaßnahmen (Spritzbeton, Ankerung und evtl. Ausbau) für die untertägigen Hohlräume notwendig, wobei dann die Gasbildung bei Korrosion des Stahlausbaus und das veränderte chemische Milieu zu berücksichtigen sind.

**Kristallingesteine** besitzen eine sehr hohe Festigkeit. Untertägige Hohlräume sind daher für den Betrieb von Zugangs- und Einlagerungsstrecken in der für die Endlagerung relevanten Tiefe im Allgemeinen ohne Ausbau standsicher. Obwohl kristalline Gesteine selbst keine hohen Temperaturempfindlichkeiten aufweisen, gelten die Einschränkungen der maximal möglichen Temperaturbelastung wie bei den Tongesteinen, da die Einlagerungsstrecken mit Bentonit als zusätzliche Barriere versetzt werden müssen. Dies bedingt im Vergleich zur Einlagerung in Steinsalz einen erheblich höheren Platzbedarf und Aufwand.

## 6. Nationale Endlagerprojekte

### 6.1. Endlagerprojekt Gorleben

Der Salzstock Gorleben im niedersächsischen Landkreis Lüchow-Dannenberg wird seit 1979 auf seine Eignung als Endlager für radioaktive Abfälle untersucht. Das Untersuchungsprogramm besteht aus der übertägigen und untertägigen geologischen und bergmännischen Erkundung sowie der Bearbeitung und Bewertung aller Fragen, die für eine Eignungs- und Langzeitsicherheitsaussage notwendig sind. Über einen Zeitraum von mehr als zwanzig Jahren wurden am Standort Gorleben umfangreiche Untersuchungen zur Erkundung des internen Aufbaus des Salzstocks sowie dessen Deck- und Nebengebirge durchgeführt. Erste Erkundungsergebnisse wurden 1983, 1990 und 1995 in Zwischenberichten vorgelegt. Eine umfassende Veröffentlichung der Erkundungsergebnisse erfolgte durch die BGR im Jahr 2007 (KLINGE et al. 2007, KÖTHE et al. 2007, BORNEMANN et al. 2007). Die dort dargestellten Befunde belegten die Eignungshöflichkeit des Salzstocks für die Endlagerung radioaktiver Abfälle (Abb. 5).

Abb. 4: Endlagerkonzepte in unterschiedlichen Wirtsgesteinen

| Komponenten                            | Steinsatz                     | Ton/Tonstein                      | Kristallingestein                           |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| Einlagerungssohle                      | ca. 900 m                     | ca. 500 m                         | 500 - 1200 m                                |
| Lagerungstechnik*                      | Strecken und tiefe Bohrlöcher | Strecken bzw. kurze Bohrlöcher    | Bohrlöcher oder Strecken                    |
| Auslegungstemperatur                   | max. 200° C                   | max. 100° C                       | max. 100° C (Bentonitversatz)               |
| Versatzmaterial*                       | Salzgrus                      | Bentonit                          | Bentonit                                    |
| Zwischenlagerzeit (BE u. HAW-Kokillen) | min. 15 Jahre                 | min. 30 - 40 Jahre                | min. 30 - 40 Jahre                          |
| Streckenausbau                         | nicht erforderlich            | erforderlich, ggf. sehr aufwändig | in stark geklüfteten Bereichen erforderlich |
| Behälterkonzept                        | vorhanden                     | für Deutschland neu zu entwickeln | für Deutschland neu zu entwickeln           |
| Bergbauerfahrung                       | sehr groß (Salzbergbau)       | kaum                              | groß (Erzbergbau)                           |

günstige Eigenschaft  
  ungünstige Eigenschaft  
  mittel

\* wird an das jeweilige Wirtsgestein angepasst

Als Folge der Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen vom 14. Juni 2000 wurden die Arbeiten am Standort Gorleben unterbrochen. Dieses Moratorium galt für einen Zeitraum von mindestens drei bis maximal zehn Jahre. In einer Erklärung der Bundesregierung zu Gorleben wurde jedoch festgestellt, dass die bisherigen Befunde nicht gegen eine Eignungshöflichkeit sprechen. Auf Beschluss der Bundesregierung wurden die Erkundungsarbeiten im Erkundungsbergwerk Gorleben nach Ablauf des Moratoriums im November 2010 wieder aufgenommen. Bis zum Jahr 2013 sollen zunächst Teilbereiche des Erkundungsbereichs 1 (EB1) ergänzend erkundet werden und im angrenzenden Bereich (EB3) Erkundungsbohrungen in östliche Richtung abgeteufelt werden. Darüber hinaus soll das Auftreten von Kohlenwasserstoffen im Auffahrungsbereich erkundet und deren Auswirkungen auf die Einlagerung von Wärme entwickelnden hochaktiven Abfall geklärt werden.

In Ergänzung zu den Weitererkundungsarbeiten wird eine vorläufige Sicherheitsanalyse auf der Grundlage der bis dato erzielten Ergebnisse und Befunde am Standort Gorleben erstellt. Diese vorläufige Sicherheitsanalyse wird Anfang 2013 einem internationalen „Peer Review“ unterzogen dessen Ergebnisse etwa Mitte 2013 vorliegen werden.

## 6.2. Endlager Morsleben

In der ehemaligen DDR wurde das stillgelegte Salzbergwerk Morsleben als Endlager für die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen mit geringen Konzentrationen von  $\alpha$ -strahlenden Radionukliden genutzt. Das Endlager wurde in einer Salzstruktur des Zechsteins angelegt. Die Struktur besteht aus gefaltetem Steinsalz, Kalisalzlagen und eingelagerten Anhydritblöcken. Die Gesamtmächtigkeit der Salzformation liegt zwischen 350 und 550 m (WALLNER et al. 2006).

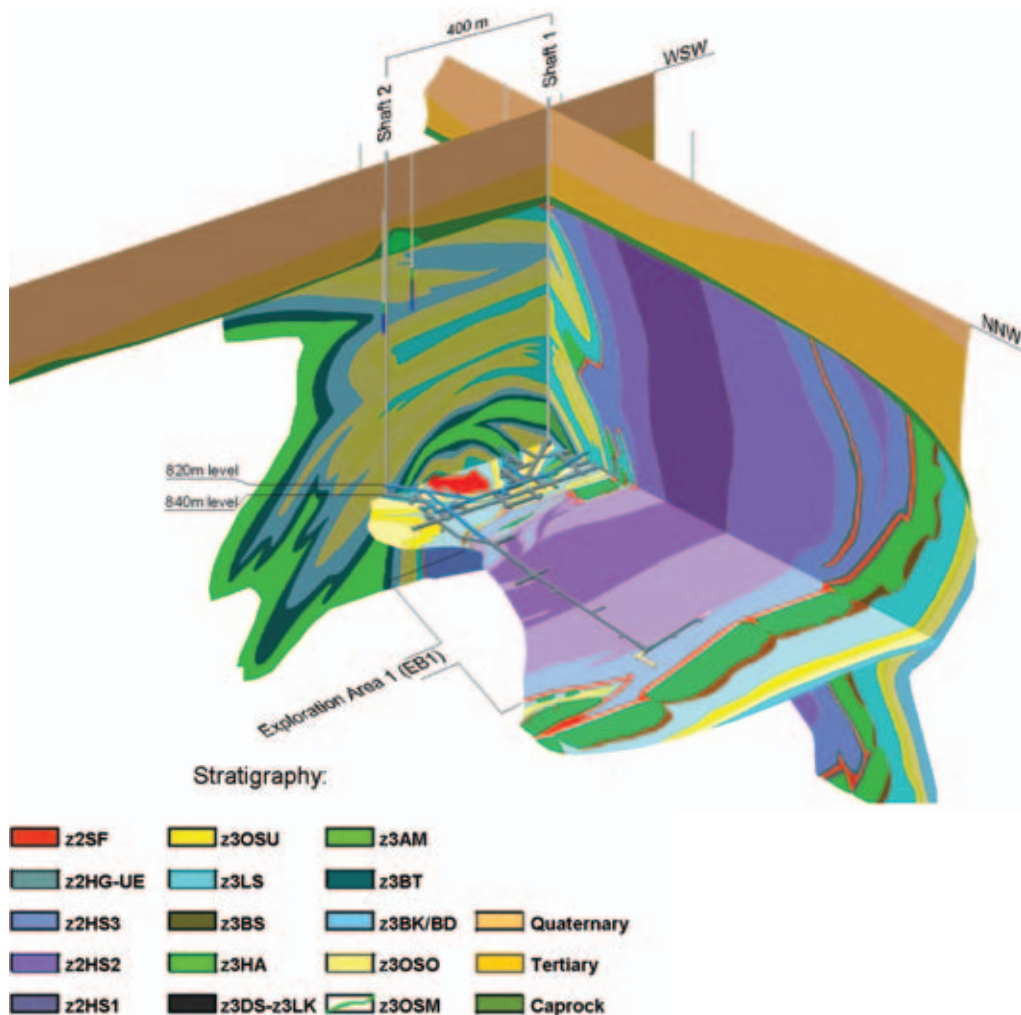


Abb. 5: Dreidimensionales Bild der geologischen Struktur des Salzstocks Gorleben. Die violetten Farben stellen die Steinsalzpartien des Hauptsalzes der Staßfurt-Folge dar, die als Wirtsgestein für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle vorgesehen sind (Bornemann et al. 2007).

Die Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen wurde auch nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten weitergeführt. Der Betrieb des Endlagers wurde 1998 ausgesetzt und mit der No-

vellierung des Atomgesetzes wurde die Einlagerungserlaubnis im Endlager Morsleben endgültig wirkungslos. Zur Zeit läuft ein Planfeststellungsverfahren, das sich auf die Verfüllung und Versiegelung des Endlagers beschränkt. Im



## Internationale Zusammenarbeit

Die Untertage-Laboratorien mit deutscher Beteiligung

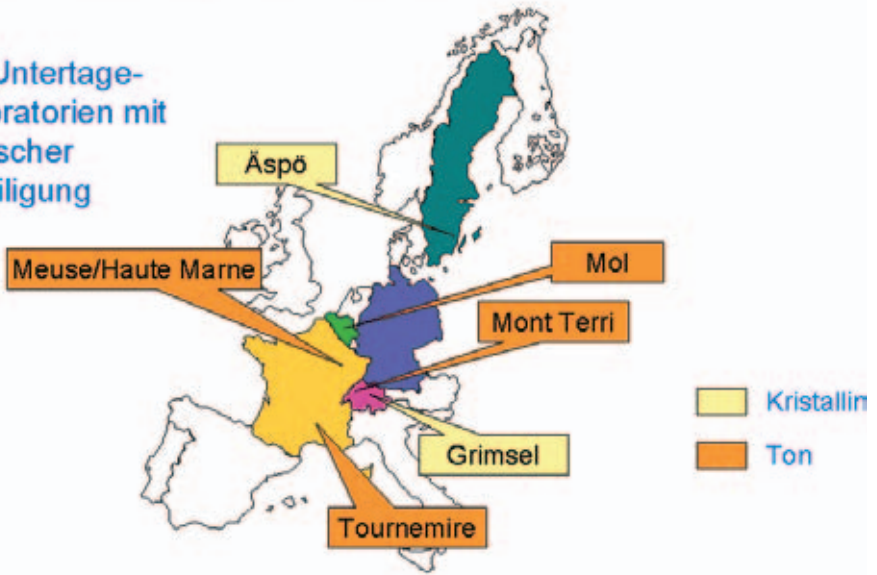


Abb. 6: Internationale Untertage-Laboratorien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle mit deutscher Beteiligung

zentralen Teil der Anlage werden Sicherungsmaßnahmen durch eine vorzeitige Verfüllung durchgeführt.

### 6.3. Endlager Schachtanlage Konrad

Die Schachtanlage Konrad ist ein offen gelassenes Eisenerzbergwerk in der Nähe der Stadt Salzgitter. Die Eisenerzformation in einer Tiefe zwischen 800 m und 1.300 m ist für die Einlagerung radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung vorgesehen. Die große Tiefe der Einlagerungsstrecken und die sehr günstigen hydraulischen Verhältnisse sind die wesentlichen Parameter, die zu einer günstigen geologischen Gesamtsituation für die Endlagerung am Standort Konrad beitragen. Die Einlagerungsstrecken sind wirkungsvoll von den oberflächennahen Grundwasser führenden Schichten durch

mehrere hundert Meter mächtige Ton- und Mergelschichten getrennt. Das Wirtsgestein zeigt zudem nur sehr begrenzte Lösungsvorkommen als potenzielle Transportmedien für Radionuklide auf.

Im Jahr 1982 wurde von der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) als rechtliche Vorgängerbehörde des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) das Planfeststellungsverfahren für das Endlager Konrad beantragt und gemäß einer Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen wurde es am 5. Juni 2002 abgeschlossen. Der Beschluss erlaubt die Einlagerung von vernachlässigbar Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen mit einem Volumen von etwa 300.000 m<sup>3</sup>. Nach letztinstanzlicher Abweisung von Klagen gegen das geplante Endlager Konrad wurde

mit der Umrüstung der Schachtanlage begonnen. Die Inbetriebnahme als Endlager ist nicht vor dem Jahr 2014 zu erwarten.

## 7. Internationale Forschungsarbeiten zur Endlagerung

International sind deutsche Forschungseinrichtungen in die Untersuchungen in zahlreichen Untertage-Laboratorien eingebunden, z.B. in Frankreich (Meuse/Haute Marne), Belgien (Mol), in der Schweiz (Mt. Terri, Grimsel) und in Schweden (Äspö) (Abb. 5). Ziel dabei ist es, Erkenntnisse über die unterschiedlichen Wirtsgesteine zu erlangen und Methoden für die Untersuchungen im eigenen Land zu entwickeln. Der dabei notwendige Aufwand dient auch dazu, die eigenen Untersuchungsergebnisse international abzusichern. Die internationalen Projekte bilden zudem eine hervorragende Basis um die Schwerpunkte der deutschen Endlagerforschung, die im Wesentlichen in Untersuchungen zur Langzeitsicherheit von Endlagersystemen liegen und die die weitere Charakterisierung von möglichen Endlagerwirtsgesteinen zum Thema haben, zu bearbeiten.

## Literatur

AKEND (2002): Auswahlverfahren für Endlagerstandorte – Empfehlungen des AKEnd (Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte), 260 S., Köln.

BORNEMANN, O., BEHLAU, J., FISCHBECK, R., HAMMER, J., JARITZ, W., KELLER, S., MINGERZAHN, G. & SCHRAMM, M. (2007): Standortbeschreibung Gorleben, Teil 3: Ergebnisse der über- und untertägigen Erkundung des Salinars.- Geol. Jb., **C 73**; Hannover.

BRÄUER, V., REH, M., SCHULZ, P., SCHUSTER, P. & SPRADO, K.-H. (1994): Endlagerung stark Wärme entwickelnder Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands – Untersuchung und Bewertung von Regionen in nichtsalinaren Formationen. BGR, 142 S., Hannover.

HOTH, P., WIRTH, H. REINHOLD, K., BRÄUER, V. KRULL, P. & FELDRAPPE, H. (2007): Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen – Untersuchung und Bewertung

von Tongesteinsformationen. BGR, 118 S., Hannover, Berlin.

KOCKEL, F. & KRULL, P. (1995): Endlagerung stark Wärme entwickelnder Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands – Untersuchung und Bewertung von Salzformationen. BGR, 66 S., Hannover, Berlin.

KÖTHE, A., HOFFMANN, N., KRULL, P., ZIRNGAST, M. & ZWIRNER, R. (2007): Standortbeschreibung Gorleben, Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben.- Geol. Jb., **C 72**; Hannover.

KLINGE, H., BOEHME, J., GRISSEMAN, C., HOUBEN, G., LUDWIG, R.-R., RÜBEL, A., SCHELKES, K., SCHILDKNECHT, F. & SUCKOW, W. (2007): Standortbeschreibung Gorleben Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben.- Geol. Jb., **C 71**; Hannover.

WALLNER, M., ALHEID, H.-J. & BRÄUER, V. (2006): Current Status of Nuclear Waste Disposal in Germany.- In: Witherspoon, P.A. & Bodvarsson G.S.: Geological Challenges in Radioactive Waste Isolation – Third Worldwide Review, LBNL 59808: S. 129-135; Berkeley/CA, USA.