

**Zeitschrift:** Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-Stiftung SES

**Herausgeber:** Schweizerische Energie-Stiftung

**Band:** - (1987)

**Heft:** 3: Nagra : wie immer ohne Gewähr

**Artikel:** Endlagerung in der Praxis

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-586528>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## ENDLAGERUNG IN DER PRAXIS: ERSTES TODESOPFER IM EINGESTÜRTZEN SCHACHT VON GORLEBEN... UND ÄHNLICHE PROBLEME WIE IN DER SCHWEIZ

«Am Morgen des 12. Mai sprengte starker Druck des umliegenden Gesteins den Stahlring Nummer 20 bei Tiefenmeter 234 im Schacht 1 [«Konrad»] des Gorlebener [Atommüll-Endlager-]Bergwerks. Starke Stahlringe waren eingezogen worden, weil der Aussendruck zunahm, obwohl die Ingenieure mit Hilfe von tiefreichenden Kührlöchern das umgebende Gestein auf minus 26 Grad Celsius eingefroren hatten. Bei dem Unfall löste sich der anderthalb Tonnen schwere Stahlring. Zwei Bergleute wurden schwer verletzt, ein dritter starb. (...)

Als erste Stufe des Milliarden-Projekts sollten, so hatte die Bundesregierung im Sommer 1983 gegen den Rat angesehener Wissenschaftler beschlossen, zwei Schächte bis in 840 Meter Tiefe vorgetrieben werden [– ursprünglich bis Januar 1987]. Von diesen Einstiegsschächten aus wollten die Atommüll-Verwahrer der federführenden Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig mit zahlreichen Stollen einen der kilometerlangen und bis zu 3000 Meter tiefen Salzstöcke unter der Norddeutschen Tiefebene erschliessen. (...) Ursache für die nicht endenden Probleme des weltweit ersten Unternehmens seiner Art sind die geologischen Eigenheiten des rund 250 Meter starken Deckgebirges über dem Salzstock und nicht Materialfehler, wie die Endlagerbaugesellschaft DBE gleich

nach dem Schachteinsturz behauptet hat]. Es ist aus verschiedenen Schichten mit zum Teil losen Gesteinen zusammengesetzt. Um überhaupt einen Schacht hindurchtreiben zu können, musste die auszugrabende Erdsäule zunächst tiefgefroren werden. (...)

Dass die Gefahr in dieser Zone des Deckgebirges besonders gross war, hätten die Schachtgräber im Dienst des Atomstroms vorher wissen können. «Ich habe», sagte der Kieler Geologe Professor Klaus Duphorn, «schon 1982 ganz klar davor gewarnt.» Duphorn, der jahrelang [im Auftrag der PTB] als Gutachter für das Endlagerprojekt tätig war, hatte seinerzeit gegen den Standort Gorleben plädiert. Doch das Votum brachte ihm die bittere Feindschaft seiner Auftraggeber ein. Sie strichen seine Forschungsgelder. Vermerke aus dem Bonner Forschungsministerium brandmarkten sein Fazit, mit dem er «weit über sein Fachgebiet hinausgegangen» sei, als teilweise «unwissenschaftlich».

Besonders ergrimmert hatte die Gorleben-Fans Duphorns Feststellung, dass die Ansatzzpunkte für die Zugangsschächte falsch gewählt seien. Diese liegen, so Duphorn, in sogenannten Bruchzonen, die ein Abteufen besonders gefährlich machen. (...) Zugleich sei das Wasser in grossen Tiefen warm und stark salzhaltig und gefriere deshalb nur schwer. Zwi-

(aus: SP, 25.5.87, mit Informationen aus: taz,

schen den schräg aufeinanderliegenden Schollen könnte es deshalb trotz Kühlung unter Umständen bis zum Schachtrand vordringen. Duphorn: «Das wirkt dann wie Schmierseife.» (...) Dunkel ist möglicherweise das Informationsgebarren der Bauherren des Atommüll-Grabs, meint der Hamburger Geologie-Professor Eckhard Grimmel. So seien Untersuchungsergebnisse, die beim Bohren der «Frostlöcher» gewonnen wurden, bis heute nicht veröffentlicht. Er vermutet, dass «unter normalen Bedingungen die Arbeiten schon damals hätten abgebrochen werden müssen». Grimmel forderte deshalb vom Bonner Forschungsministerium eine sofortige und «lückenlose» Veröffentlichung aller verfügbaren Daten. Dann würde sich wahrscheinlich herausstellen, dass die Lage in Schacht 1 «kaum noch beherrschbar» sei. [Man rechnete übrigens zum Teil mit falschen geologischen Ausgangsdaten, kritisierten das Niedersächsische Umweltministerium und die Bundesanstalt für Geowissenschaften die PTB-Sicherheitsanalysen.] (...)

Mit dem Gorlebener Hoffnungs-Bauwerk steht und fällt das sogenannte Entsorgungskonzept, mit dem alle Bundesregierungen seit 1979 den Betrieb von Atomkraftwerken genehmigungsfähig machen. Es sieht vor, dass etwa bis zum Jahr 2000 ein sicherer Platz für Tausende Tonnen todbringenden Strahlenmülls ge-

20., 27.5. und 6.6.87)

funden wird. [Einlagerungsbeginn im eingestürzten Schacht Konrad] (für mittel- und schwachaktiven Abfall, 95 Prozent des westdeutschen Atommülls) wäre ursprünglich 1987/1988 gewesen. Ein PTB-Sprecher: «Den Termin für die Inbetriebnahme im Jahre 1991 (!) werden wir höchstwahrscheinlich nicht mehr einhalten können.» (...)

Bleibt es beim Standort Gorleben, warnt Professor Duphorn, werden «noch viel grössere Gefahren auf das Projekt zu kommen». Denn vieles deutet darauf hin, dass auch der eigentliche, in 300 Meter Tiefe beginnende Salzstock nicht so waserdicht und homogen sei, wie ursprünglich angenommen. (...) Am schlimmsten sei jedoch, mahnt Duphorn, dass Tiefenwasser an vielen Stellen bis weit in den Salzstock vorgedrungen sei und dass dort nun statt Kalisalz wasserführende Sandrinnen liegen. Auf diese Erkenntnis sei man allerdings erst mit einer Probebohrung gestossen, nachdem die politische Entscheidung für den Standort Gorleben längst gefallen war. Bei dieser Bohrung sei noch in 92 Meter Tiefe unter der Salzoberfläche Sand gefunden worden, mindestens 300 Meter Sicherheitsabstand zur nächsten grundwasserleitenden Schicht sind aber im Endlager-Konzept vorgesehen. (...)

Für die langlebigen Isotope können, wenn überhaupt, nur geologische Formationen eine wirksame Barriere zur Biosphäre darstellen. Entsprechend ist die Geologie von erstrangiger Bedeutung und nimmt in den Lagerungskonzepten hochaktiver Abfälle aller Länder einen wichtigen Platz ein. Die Arbeit der Nagra teilt sich in zwei wesentliche Abschnitte: Zuerst müssen geeignete Standorte für die Lager gefunden werden, welche die geforderten geologischen Eigenschaften aufweisen, dann müssen Entwicklung und künftiges Verhalten der Lager und ihrer Umgebung vorausgesagt werden, damit die Risiken abgeschätzt werden können. Bei beiden Schritten ist mit grossen Unsicherheiten zu rechnen. So ist etwa das kristalline Grundgebirge in der Nordschweiz durch Sedimente überlagert und für die Erforschung nicht direkt zugänglich. Die Kenntnisse stammen deshalb aus einzelnen Bohrungen und von indirekten Untersuchungsmethoden wie zum Beispiel der Sondierung mit Hilfe von seismischen Wellen. Noch unsicherer ist die Prognose über die Entwicklung eines Lagers auf Hunderttausende von Jahren hinaus, da nicht anzunehmen ist, dass in diesem Zeitraum sowohl die geologischen, die technischen wie auch die gesellschaftlichen Randbedingungen konstant bleiben, für welche die Endlager-Modelle entwickelt wurden.

Bei der Festlegung eines Lagers ist zudem die Erfolgskontrolle durch unsere Generation unmöglich, im Gegensatz etwa zur Rohstoffprospektion, bei der das gefundene Erdöl oder Erz zeigt, ob die Prognose richtig war.

**Hochradioaktive Abfälle**  
Das Endlager für hochradioaktive Abfälle (C-Lager) soll gemäss dem Nagra-Bericht «Gewähr» wie gesagt im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz errichtet werden.

Für die Untersuchungen der vorgeschlagenen Granit hat die Nagra ein Bohrprogramm zusammengestellt. Dass die Wahl der Bohrorte – ohne vorgängige Reflexionsseismik! – ungeschickt war und auf groben Planungsfehlern der Nagra in der Anfangsphase beruhte, wurde von verschiedenen Seiten kritisiert, so auch von der Agneb, der Arbeitsgruppe für nukleare Entsorgung des Bundes (siehe Zitat Wahl der Bohrregionen, Seite 12).

Von zwölf vorgesehenen Bohrungen wurden sechs ausgeführt, die Tiefen bis zu 1500 Metern erreichen. Dabei hat einzige diejenige von Böttstein für das Projekt annehmbare geologische Verhältnisse ergeben (Zitat Denlücken, Seite 12). Die relativ günstigen Eigenschaften sind jedoch recht begrenzt, hat doch die Bohrung Leuggern, nur etwa drei Kilometer von Böttstein entfernt, die weitaus grösste Wasserführung aller Bohrungen gezeigt. Des Weiteren liegt Böttstein sehr nahe bei

Raniken, wo die Nagra den Permokarbon-Trog angebohrt hat.

Was an Bohrungen abgeteuft wurde, ist trotzdem mit grossem Aufwand ausgewertet worden (siehe Seite 8), und die erhaltenen Resultate sind, zusammen mit Daten aus geophysikalischen Untersuchungen, in geologische Modelle integriert worden. Diese Modelle dienen der räumlichen und zeitlichen Extrapolation. Zunächst sollen sie eine Vorstellung über die Verbreitung des möglichen Lagersteins ausserhalb der kleinen angebohrten Zone ermöglichen. Weiter sollen sie Auskunft geben über Verbreitungsgeschwindigkeit von Radioisotopen in Gesteinskörpern mit unterschiedlicher Wasserdurchlässigkeit. Und schliesslich sollen sie Risikoanalysen ermöglichen, die über die zeitliche Veränderung des Lagers Auskunft geben. Dazu muss bemerkt werden, dass es grundsätzlich sehr schwierig ist, die Grösse, die Ungestörtheit oder das Ausmass der Wasser(un)durchlässigkeit eines Granitkörpers in 1000 Metern Tiefe abzuschätzen, ohne gerade diesen Körper durch allzu viele Bohrungen zu «zerstören» (Zitat Endlager-Regionen, Seite 12).

**Schwach- und mittelradioaktive Abfälle**  
Die Nagra hat für die Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen (B-Lager) den Bau von Kavernen in wenig durchlässigen Gesteinen über dem Grundwasserspiegel vorgesehen. Diese Lager werden in der Fachsprache als Hochlager bezeichnet. Im Unterschied zu den hochaktiven Abfällen ist bei den mittel- und schwachaktiven Abfällen vor allem die anfallende Menge problematisch. Pro Atomkraftwerk mit einer Leistung von 1000 Megawatt (Gösgen) sind es gegen 1000 Kubikmeter, die jährlich anfallen und in den Kavernen eingelagert werden müssen (siehe Seite 10). Zusätzlich kommen die Abfälle aus Industrie, Medizin und Forschung hinzu.

Von den ursprünglich ins Auge gefassten Standorten hat die Nagra den Oberbauenstein als Modellstandort ausgewählt. Dank dem Bau des Seelisbergtunnels konnte die Nagra auf bereits bestehende Informationen zur Geologie des Oberbauenstein zu rückgreifen.

Für weitere Untersuchungen des geologisch sehr kompliziert aufgebauten Gebiets beantragte die Nagra in der Folge den Bau von Sondierstellen. Dies hat der Bundesrat allerdings abgelehnt, stattdessen lediglich einzelne Sondierbohrungen bewilligt. Dadurch wurde ein Präjudiz für die Wahl des Endlagerstandortes verhindert, das durch ein solch aufwendiges Bauwerk geschaffen worden wäre.

Fragen zum geologischen Aufbau und zur Wasserzirkulation des Oberbauenstein bleibt im Projekt «Gewähr» nach wie vor unbeantwortet. Der Bau von B-Lagern für mittel- bis niedrigaktive Abfälle

## PRÄKTISCH ALLES BLEIBT OFFEN: ZITATE AUS DEN BUNDES GUTACHTEN

Im folgenden werden einige Zitate zu wenigen, aber wichtigen ausgewählten Themen aus den Bundesexpertisen nachgezeichnet. Bautechnische und B-Lager-Probleme sind explizit ausgeklammert. Praktisch jede Seite der Berichte weist auf Lücken hin zu den Quellenabkürzungen siehe Literaturverzeichnis auf Seite 21).

**Geologischer Untergrund:** «So ging man insbesondere von der Erwartung aus, die ... Sondierbohrungen in der Nordschweiz ... würden geologische Verhältnisse zeigen, die über ein grösseres Gebiet vergleichbar wären und somit ein einigermaßen einheitliches Bild ergäben. Diese Erwartung erfüllt sich aber nicht.» (HSK, S. 14)

**Endlager - Regione:** «Zur Frage, ob sich gentigend ausgedehnte Granitkörper mit den Referenzeigenschaften finden lassen, äussert sich die Nagra in den Projektberichten nicht... Anhand statistischer Untersuchungen kam sie [im hierauf von der HSK zusätzlich verlangten Nachbericht] zum Schluss, dass im Untersuchungsgebiet Granitkörper genügender Ausdehnung gefunden werden können. Die vorgelegten Argumente sind aber in verschiedener Hinsicht wenig überzeugend.» (HSK-TB, S. 4-31) ... «Da solche Granitstöcke... nur mit erheblichem Aufwand erkundet

werden können, ist ein Konflikt zwischen der Forderung nach ausgedehnten Sondierungen und dem Wunsche, die Schichtverletzungen möglichst klein zu halten, vorprogrammiert.» (TB, S. 4-32)

**Permakarbon-Trog (Störungen):** «Ihr Ausmass... wirft ein ernstes Problem auf... Die [im Nachbericht] modellierten Störungszonen [sind] in jeder Hinsicht unrealistisch und mit der Troggeometrie in keiner Weise vereinbar.» (TB, S. 4-40) «Die Entstehung des «Permakarbon-Troges» wird von den NAGRA-Geologen auf reine Zerrungspheomene zurückgeführt, und dementsprechend wird der tektonische Bau ... recht einfach dargestellt. Die seismischen Profile ergeben jedoch ein ganz anderes Bild.» (UG, S. 20f.)

**Wahlder Regionen:** «Nachtiglich wirkte sich aufs, dass die Bohr-Lokationen, in Abweichung von Gepflogenheiten der Industrie, schon vor Inangriffnahme der seismischen Untersuchungen definitiv festgelegt wurden.» (UG, S. 13) Dies ist «beinahe unbegreiflich». (UG, S. 61)

**Temperatur:** «Aus bautechnischen wie auch aus sicherheitstechnischen Gründen darf die Felstemperatur im Endlagerbereich gewisse Werte nicht überschreiten... [Gradient]-Vergleiche...

können nur in qualitativer Hinsicht gezogen werden, da die Karten der Nagra auf der stark vereinfachenden Annahme von tiefenunabhängigen Gradienten basieren. Der geothermische Gradient in der Nordschweiz ist jedoch deutlich tiefenabhängig... [Es] kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die geothermische Anomalie im unteren Aaretal auf die Existenz einer Exfiltrationszone von Tiefenwässern in diesem Gebiet hinweist. Ein solches Gebiet ist für ein Endlager prinzipiell ungünstig... Es könnte sich zudem ein Konflikt mit den Interessen der geothermischen Nutzung ergeben.» (TB, S. 42, 44, 47)

**Denlücken:** Die Idee, aus mehreren Bohrungen einen Modellstandort abzuleiten, war «nicht zu verwirklichen, weil die einzelnen Bohrungen weitgestreute Resultate mit wenig Gemeinsamkeiten brachten... So ist unter Wirtsgestein... zu verstehen... einzig und allein der Granit mit den Eigenschaften, wie sie in der Bohrung Böttstein beobachtet worden sind.» (HSK, S. 30f.) «Da im unteren Bereich der Bohrung Böttstein verhältnismässig grosse Kernverluste auftraten... ist die Information über die Sprödstrukturen in diesem Bereich unvollständig... Dies gilt insbesondere auch

für den eigentlichen Endlagerbereich in 1200 m Tiefe.» (TB, S. 4-53)

**Was s e r f ü h r u n g (zu Abbildung 3, Seite 15):** «Die [hydrodynamischen] Eigenschaften des Kristallins unter dem Permakarbon-Trog sind noch kaum bekannt.» (UG, S. 90) «Die hydrodynamischen Grundgleichungen der [Nagra]-Modelle gelten streng genommen nur für poröse Medien, nicht aber für geklüftete Gesteine wie das Kristallin.» (HSK, S. 49) «Die Kernbeobachtungen ... ergaben, dass Kakirite unterhalb etwa 1050 m, das heisst im Bereich der Endlagerterie, nicht mehr auftreten... nur etwa 20% der Gesamtschüttung an offene Quarzadern gebunden ... demgegenüber fliess etwa dreiviertel des Wassers in geklüfteten Ganggesteinen... Man muss eher mit einer Entwässerung des Endlagerbereichs über geklüftete Ganggesteine rechnen.» (HSK, S. 52f.)

«Der von der Nagra angenommene Verdunstungsfaktor... erscheint uns kaum realistisch und zu optimistisch.» (TB, S. 11-5)

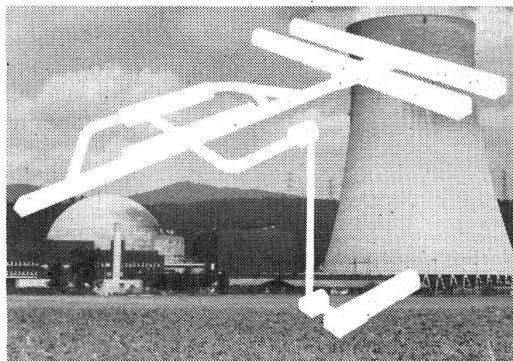
«Als Variante ist ein Brunnenszenario... als Möglichkeit zu betrachten... Der mögliche Bereich ist nicht abgedeckt, wenn man sich auf das Kakiritmodell beschränkt.» (TB, S. 13-46f.)

Abbildung 2

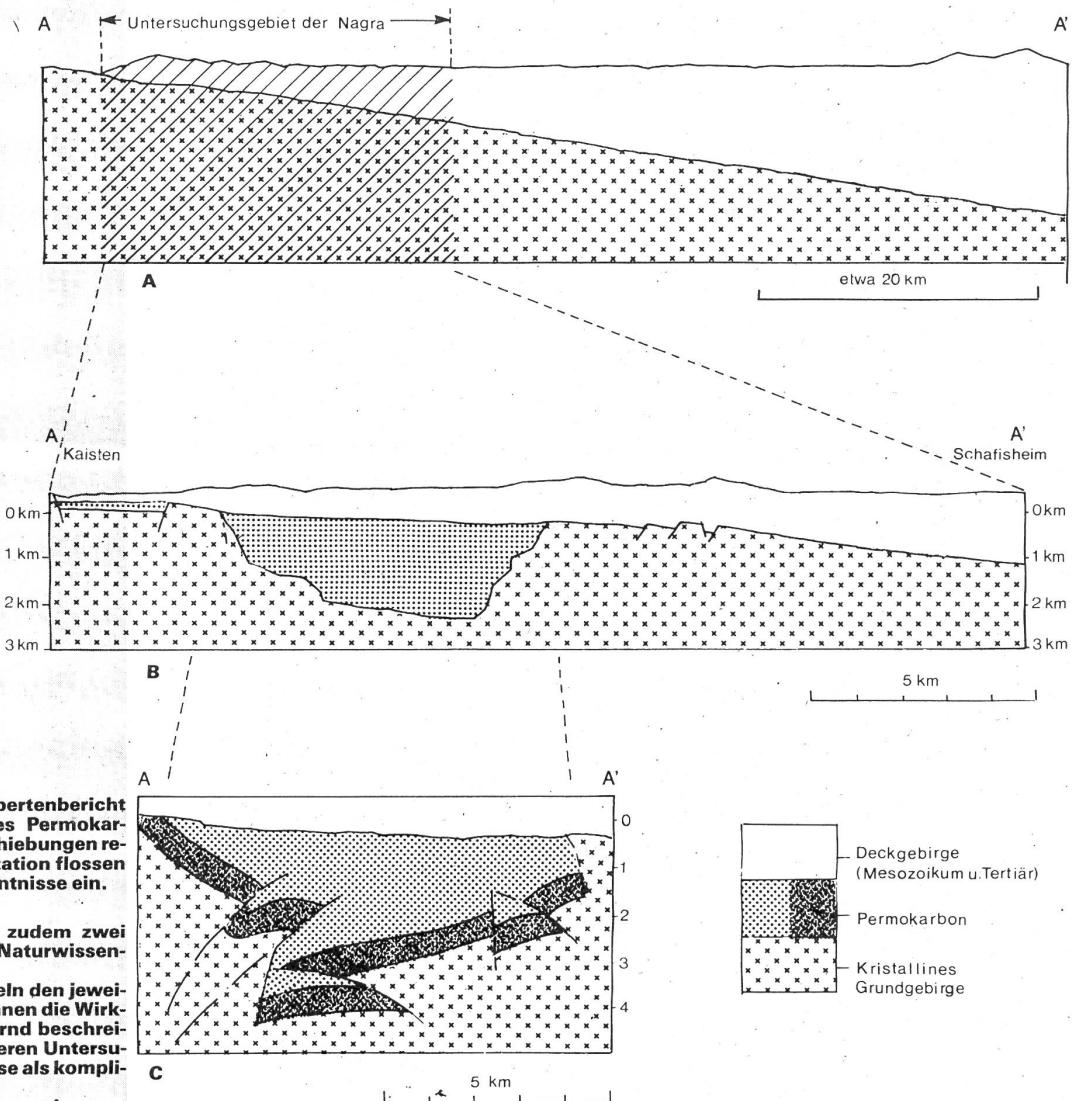
Modelle und Profile durch die Schweiz

Das kristalline Grundgebirge ist in der Nordschweiz von Sedimenten (Ablagerungen) bedeckt, also nicht direkt zugänglich. Deshalb müssen aufgrund von Tiefbohrungen, geophysikalischen Untersuchungen und regionalgeologischen Kenntnissen Modelle über das Grundgebirge entwickelt werden:

A Nagra-Modell zu Beginn der Nagra-Untersuchungen wie auch noch 1983: Das Grundgebirge ist ungestört und fällt langsam gegen Süden ein. (nach NTB 83-02, Fig. 14)



B Nagra-Modell nach sechs Tiefbohrungen und geophysikalischen Untersuchungen, «Gewähr»-Bericht 1985: Das Grundgebirge ist durch den sogenannten Permokarbon-Trog stark gestört. Dieser wird als einfacher Graben interpretiert. (nach NGB 85-04, Fig. 3-8)



C Modell Laubscher (HSK-Expertbericht 1985): Die Randverwerfungen des Permokarbon-Trogs sind im Tertiär zu Überschiebungen reaktiviert worden. In diese Interpretation flossen vermehrt regionalgeologische Kenntnisse ein.

Diese Profilserie veranschaulicht zudem zwei grundsätzliche Eigenschaften der Naturwissenschaften:

— Die Modellvorstellungen spiegeln den jeweiligen «Stand des Wissens» und können die Wirklichkeit im besten Fall nur annähernd beschreiben. Bei jeder weiteren und genaueren Untersuchung erweisen sich die Verhältnisse als komplizierter als zuvor angenommen.

— Auch die besten Daten und Untersuchungen lassen immer eine Vielzahl von Modellen zu. Die gewählte oder erarbeitete Lösung hängt massgebend von Konzept und Wertung der Daten ab, wie ein Vergleich von B und C zeigt. Um überhaupt Aussagen zu erlauben, müssen die gleichen - Daten durch Modelle miteinander in Verbindung gebracht werden, das heißt: Erst ihre Interpretation gibt ihnen eine Bedeutung.

Abbildung 3:

#### Die Nagra schwimmt in der Wasserfrage

«Der Transport mit zirkulierendem Grundwasser ist sicherheitsmässig der weitaus wichtigste Mechanismus, durch den Radionuklide aus einem verschlossenen Endlager in die Biosphäre gelangen können.» Dies ist der Befund der Bundesgutachter bei der Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen (HSK, S. 49). Somit misst sie den Entwässerungspfaden entscheidende Bedeutung zu (siehe «Praktisch alles bleibt offen», Seite 12). Auch diese müssen wieder in Modellgesteinen berechnet werden: Während die Nagra sogenannten Kakirit (zerriebenes Gesteinsmaterial, wenig durchlässig) wählt und so auch in zehn Millionen Jahren erst einen Bruchteil ( $0,00000006$  Millirem oder  $6 \cdot 10^{-8}$ ) des für einen Menschen zulässigen willkürlichen Schutzwerts von 10 Millirem Radioaktivität pro Jahr aus dem 1200 Meter tiefen Endlager entweichen lässt, gelangt die HSK mit ihren Berechnungen zu ganz anderen Schlüssen.

**Kurve 1:** Mit dem Kakiritmodell kommt die HSK zu ähnlichen Zahlen wie die Nagra (etwas höher, da sie mit weniger Verdünnung im Grundwasser rechnet)

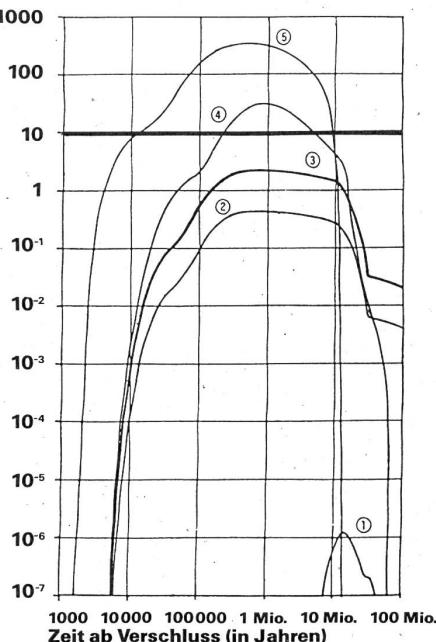
**Kurven 2 und 3:** Da Kakirit im Böttsteiner «Modell-Endlagerbereich» gar nicht gefunden wurde, steht für die HSK «eher ein Ganggesteinmodell im Vordergrund» – «mit realistischer Freisetzungsrates» sowohl bei Grundwasser (Kurve 2) wie auch im Fall eines angebohrten Brunnens (3) noch unter der 10-Millirem-Limite.

**Kurven 4 und 5:** Setzt man höhere Löslichkeit und einen grösseren Wasserstrom voraus, würde die Limite in 10000 Jahren «bereits» überschritten.

Das sind lange Zeiträume, doch: «Weiter ist darauf hinzuweisen, dass ... die bisher diskutierte Sicherheitsanalyse ... noch keine Störfälle berücksichtigt ... Im Ganggestein fehlt eine solche Sicherheitsmarge weitgehend.» (HSK, S. 77–80)

Diese Berechnungen zeigen, wie gross die Bedeutung der «noch schlecht bekannten» Wasserfließwege ist und wie extrem die Unsicherheiten sind, die einer Risikoabschätzung für ein solch hochkomplexes interaktives System (Endlager–Geosphäre–Biosphäre–Mensch) zugrunde liegen. Und wer garantiert, dass die Annahmen der HSK «pessimistisch» genug sind?

Über  
Trinkwasser  
eingenommene  
Strahlendosis  
pro Mensch  
& Jahr  
(in Millirem)  
Schutzwerte =



wäre jedoch dringend, da der grosse Volumenanfall eine entsprechend grosse Kapazität der Zwischenlager erfordert. Ein solches Endlager sollte auch nach Meinung der Bundesgutachter in der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) möglichst früh in Betrieb genommen werden (HSK, S. 17–3).

Die Nagra hatte bis 1985 Zeit, dem Bundesrat über Erfolg oder Misserfolg ihres Projektes zu berichten. Die Arbeiten fanden ihren Abschluss in einer langen Reihe von technischen Berichten und zusammenfassenden Bänden, deren Umfang und streng fachlicher oder technischer Inhalt eine breite Diskussion schon zu Beginn verunmöglichen. Was halten aber die verantwortlichen Bundesexperten von diesem Werk, und welche geologischen Probleme erwiesen sich bei der Suche nach Gewähr als besonders kritisch?

#### Der Nagra-Bericht oder: Wie er wissenschaftlich begutachtet wurde

Der HSK wurde die Aufgabe übertragen, die immense Daten- und Informationsflut kritisch zu sichten und zu werten. Ihr kamen dabei verschiedene Experten aus dem In- und Ausland zu Hilfe. Diese Fachleute beurteilten ausgewählte Problemkreise aus dem Gewähr-Bericht. Als weitere Gutachter-Organisation beurteilte die Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen (KSA) die wichtigsten Berichte der Nagra sowie den Bericht der HSK. Zusätzlich wurde die Arbeitsgruppe für nukleare Entsorgung des Bundes (Agneb) eingesetzt mit dem Auftrag, «Entscheidungsgrundlagen über die nukleare Entsorgung» bereitzustellen. Die Untergruppe Geologie der Agneb (UG) verfasste einen eigenen kritischen Bericht zum Nagra-Gewähr-Report.

Bei der Durchsicht all dieser Kommentare und Gutachten fällt zuerst auf, dass sich in bezug auf die geologischen Probleme die meisten Experten weitgehend einig sind.

Die zum Teil hohe wissenschaftliche Qualität verschiedener Nagra-Studien (nicht zuletzt dank Mitarbeit zahlreicher erdwissenschaftlicher Institute und geologischer Büros...) wird in den meisten Gutachten lobend erwähnt, und trotzdem ist gemäss allen Gutachten die erforderliche Gewähr bisher nicht erbracht worden.

Gerade dank dem hohen technisch-wissenschaftlichen Niveau einzelner Berichte ist deutlich aufgezeigt worden, dass sich eine vor acht Jahren noch als möglich angesehene Lagerung von hochaktiven Abfällen in den tiefen Graniten unter dem Mittelland und unter dem Jura kaum verwirklichen lässt. Wir möchten hier nur zwei besonders kritische Punkte herausgreifen, die die Lagerung hochaktiver Abfälle betreffen, und die grossen – ungelösten – Probleme bei der Suche nach einem

Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle erwähnen.

#### Standort und Permokarbon-Trog

Ein Standort für hochradioaktive Abfälle muss unter anderem folgende Eigenschaften aufweisen:

- Das Grundgebirge muss eine stabile Scholle von rund 30 Quadratkilometern Grundfläche bilden, und grössere Bewegungszonen müssen gemäss Annahmen der Nagra einen Minimalabstand von 1,5 bis 2 Kilometern vom Endlager haben.
- Die Lagerzone muss möglichst trocken sein.
- Korrasion und Veränderungen des Materialverhaltens der künstlichen Barrieren bedingen, dass die Erdwärme im Endlagerbereich 55 bis 60 Grad Celsius nicht überschreitet. Dies begrenzt die Lage eines Endlagers auf weniger als 1400 Meter Tiefe. Gleichzeitig muss ein Endlager möglichst tief sein, um den Weg der Radionuklide in die Biosphäre gross zu halten.

Wurde noch zu Beginn des Nagra-Projektes angenommen, dass ein ungestörter und trockener Granitkörper unter unserem Mittelland gegen den Alpenraum zieht, so zeigten, wie bereits erwähnt, die Ergebnisse der Untersuchungen eine viel kompliziertere Struktur dieses tiefen Untergrundes (siehe Abbildung 2, Seite 14). Mit Hilfe der Bohrungen und anhand von geophysikalischen Untersuchungen konnte eine tiefe Senke im kristallinen Grundgebirge rekonstruiert werden, die sich schon vor 290 Millionen Jahren im Permokarbon gebildet hatte (Abbildung 1, Seite 10, und 2). Damals schon wurde diese Senke mit kontinentalen Ablagerungen, vor allem Sanden und Tonsteinen, gefüllt. Weil nun der Granit in dieser Zone in allzu grossen Tiefen liegt, verunmöglicht diese Senke, der sogenannte Permokarbon-Trog, die mögliche Platzierung des Lagers in weiten Teilen der Nordschweiz (siehe Zitat, Seite 12).

Allein durch diese Randbedingung bleiben für die Suche nach einem Lagerort nur noch kleine Gebiete entlang des Rheins und der Aare übrig (Zitat Endlager-Regionen, Seite 12). Das einzige grössere Gebiet im Kanton Schaffhausen ist vorläufig ungenügend untersucht. Aber auch dort zeichnet sich ein kompliziert aufgebautes Grundgebirge ab, dessen Eignung als Endlager fragwürdig sein könnte. Weitere geologische Gegebenheiten wie Thermalwässer, erhöhte Temperaturen im Untergrund und grosse Bewegungszonen lassen die möglichen Endlagergebiete zusätzlich schrumpfen (schräffiertes Gebiet in Abbildung 1).

#### Wasserfließwege

Der Untergrund der verbleibenden Gebiete ist nicht, wie erhofft, homogen und trocken. Er besteht neben Graniten auch aus Gneisen, ist zerklüftet und weist an et-