

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 98 (1980)
Heft: 49

Artikel: Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz: Kontroverse zwischen Geologen und der Nagra
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-74261>

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: 16.01.2026

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

Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz

Kontroverse zwischen Geologen und der Nagra

Die Absicht der Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle), zwölf Sondierbohrungen im Bereich des Jura-gebirges und seinem Vorland in der Nordschweiz auf den kristallinen Sockel abzuteufen, ist nicht nur bei der «betroffenen» Bevölkerung auf Widerstand gestossen. Vielmehr hat sich schon im vergangenen Jahr ein Disput zwischen Vertretern geologischer Institutionen und der Nagra entsponnen, in dem zwar die Notwendigkeit von Bohrungen bejaht wird, aber am Vorgehen – handeln unter Zeitdruck, zu wenig umfassende Voruntersuchungen – Kritik geübt wird. Auf Sitzungen und Anhörungen wurde versucht, die Kontrahenten einander näher zu bringen. Wir veröffentlichen hier zwei Protokolle, die von der Nagra publiziert worden sind. Im ersten wird die Meinung der Erdwissenschaftler wiedergegeben, im zweiten die der Nagra.

Um sich beim Beizug geologischer Experten im Zusammenhang mit den Arbeiten der Nagra beraten zu lassen, hat die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung am 24. März 1980 eine «Untergruppe Geologie» gebildet, der Vertreter geologischer Institutionen angehören. Am 19. Juni ist diese Geologengruppe von der Bundesarbeitsgruppe beauftragt worden, aufgrund der

von der Nagra eingereichten Sondiergesuche aus ihrer Sicht drei Fragen zu beantworten. Diese Fragen lauten sinngemäss:

- Wie beurteilt die Gruppe die zwölf Sondiergesuche?
- Sind ergänzende Untersuchungen durchzuführen?
- Unter welchen Auflagen sind allfällige Sondierbewilligungen zu erteilen?

Bericht über die Fachsitzung der Geologen

Die Geologen befürworten grundsätzlich Bohrungen in der von der Nagra vorgesehenen Region. Diese erscheint uns innerhalb der Schweiz als eine der *geeignetsten* für ein derartiges Vorhaben. Unsere Stellungnahme enthält eine kritische Würdigung der zwölf Sondiergesuche, wobei wir zeitliche und teilweise auch technische Aspekte nicht berücksichtigt haben. Es muss ferner klargestellt werden, dass die Bohrkampagne eine *Vorrekognosierung* darstellt und dass sie für die Wahl eines Standortes für das Endlager nicht genügen kann. Für die Festlegung eines Standortes sind *weitere Untersuchungen erforderlich*. Die vorgesehenen Arbeiten sollten unseres Erachtens bald aufgenommen werden. Eine möglichst *gründliche* Abklärung des ganzen Problems ist unbedingt notwendig, und ein *Zeitdruck darf diese Gründlichkeit nicht beeinträchtigen*. Wir sind *nicht* überzeugt, dass die erforderliche Abklärung bis 1985 schon realisiert werden kann.

Rahmenbericht

Die Geologen waren sich darüber einig, dass ein Rahmenbericht notwendig sei.

Dieser sollte u.a. folgende Punkte enthalten:

- Begründung für die Wahl der Wirtgesteine,
- Begründung für die Wahl der Bohrregion,

- Begründung für die Auswahl der einzelnen Bohrpunkte; Prioritäten der einzelnen Bohrungen,
- Gewählte Kriterien für Endlagerung,
- Angaben über das Kristallin des südlichen Schwarzwaldes, inkl. seines geotechnischen Verhaltens (u.a. aufgrund der Erfahrungen beim Bau der Schluchseewerke),
- Tektonik des gesamten Gebietes, Seismizität, rezente Krustenbewegungen,
- Stand der Kenntnis über die Wasserzirkulation im Mesozoikum und im Grundgebirge; Situation und Charakter der Thermalquellen, Geothermik.

Geophysik

Wir bedauern, dass die Bohrpunkte *ohne vorhergehende geophysikalische Untersuchungen* ausgewählt worden sind. Ein solches Vorgehen wäre z.B. *in der Erdölindustrie heute undenkbar*. Im jetzigen Stadium müssen die vorgesehenen Bohrungen in bezug auf das Grundgebirge als ohne Indikationen angesetzt bezeichnet werden.

Es ist im höchsten Grad unerfreulich, dass es nicht gelungen ist, Einblick in die existierenden seismischen Daten der Erdölfirmer zu erhalten. Schliesslich stehen beide Unternehmen im Zusammenhang mit derselben Grundfrage,

d.h. der Energieversorgung der Schweiz. Wir hoffen, dass es den verantwortlichen eidgenössischen und kantonalen Stellen gelingen wird, diese paradoxe Situation zu korrigieren.

Nach unserer Auffassung sind *seismische*, eventuell auch *gravimetrische* Untersuchungen unerlässlich. Sie können u.a. über folgende Punkte Auskunft geben:

- a) Verteilung von Granitkörpern im Kristallin.
- b) Verteilung von Becken mit kontinentalen Karbon- und Perm-Ab lagerungen. Diese Schichten können ganz erhebliche Mächtigkeiten erreichen und die Situation in einzelnen Bohrgebieten ganz entscheidend verändern.
- c) Die mögliche Existenz von Bruchstörungen im Kristallin. Bei einigen Bohrpunkten wird in den Nagra-Gesuchen vermerkt, dass die Bruchstörungen vermutlich nicht ins Kristallin hinunter reichen; dies kann aber ohne seismische Untersuchungen nicht mit Sicherheit behauptet werden. Die Tiefe, bis zu welcher offene Klüfte existieren können, ist noch ganz ungewiss.

Wir schlagen folgendes Vorgehen vor: Zuerst Niederbringen von drei in einem Querprofil angeordneten Bohrungen. Dabei scheint uns eine Linie wie z.B. Kaisten-Hornussen-Schafisheim am geeignetsten zu sein, um aussagekräftige Resultate zu erhalten. Gleichzeitig mit oder anschliessend an diese erste Bohrkampagne sollte eine regionale seismische Untersuchung durchgeführt werden (die bei den einzelnen Bohrungen vorgesehenen Vibroseis-Kreuze sind für die Abklärung der oben genannten Fragen a bis c ungenügend). Diese seismische Kampagne sollte Laufzeiten bis 5 s berücksichtigen, um zuverlässige Angaben über Zusammensetzung und Struktur des Kristallins zu erhalten.

Es ist zu erwarten, dass solche seismische Untersuchungen sowie die Resultate der ersten Bohrungen es erlauben werden, gewisse Bohrpunkte zu eliminieren oder anders zu plazieren, was trotz den hohen Kosten der Seismik Einsparungen mit sich bringen dürfte.

Wasserverhältnisse

Wichtig ist natürlich vor allem die *Wasserzirkulation in grösseren Tiefen*. Besondere Aufmerksamkeit muss den eventuellen Verbindungen von Wasserstockwerken mit Oberflächenwasser und untereinander geschenkt werden. Eine Gesamtuntersuchung der Tiefenwässer auf Zusammensetzung, Potential, «Alter» und andere Punkte ist eine Hauptaufgabe der Bohrungen, wird aber zweifellos sehr schwierig sein.

Die vorgesehene Technik zur Ermittlung der horizontalen und vor allem vertikalen Permeabilitäten stammt grossenteils aus der Erdölindustrie. Sie kann nicht ohne Modifikation auf Bohrungen im Kristallin übertragen werden. Auch die Technologie für die Ermittlung geringer Fließmengen (unter 16 l/min) muss offenbar erst noch entwickelt werden. Gerade solche *langsame Wasserzirkulationen* können aber im Grundgebirge von Bedeutung sein.

Wir möchten möglichst frühzeitig mit der Arbeitsgruppe, welche die Problematik des Wasserkreislaufs untersuchen soll, in Verbindung treten. Ihre Ergebnisse können Einfluss auf das Bohrprogramm haben (Prioritäten, Untersuchungsprogramm).

Wie die Erfahrungen bei entsprechenden Bohrungen in *Frankreich* gezeigt haben, ist die Probeentnahme von Tiefenwässern nicht problemlos. Es müssen Wege gefunden werden, um die Vermengung mit Bohrwasser oder mit Wasser aus höheren Aquiferen auszuschliessen oder zu kontrollieren.

In den Bohrprogrammen ist eine Verfüllung des Bohrloches unmittelbar nach Abschluss des Testprogramms vorgesehen. Wir sind der Ansicht, dass es vorzuziehen wäre, die Bohrlöcher mit Messeinrichtungen in situ zu versehen, um auch langfristige Entwicklungen verfolgen zu können.

Zeitplan

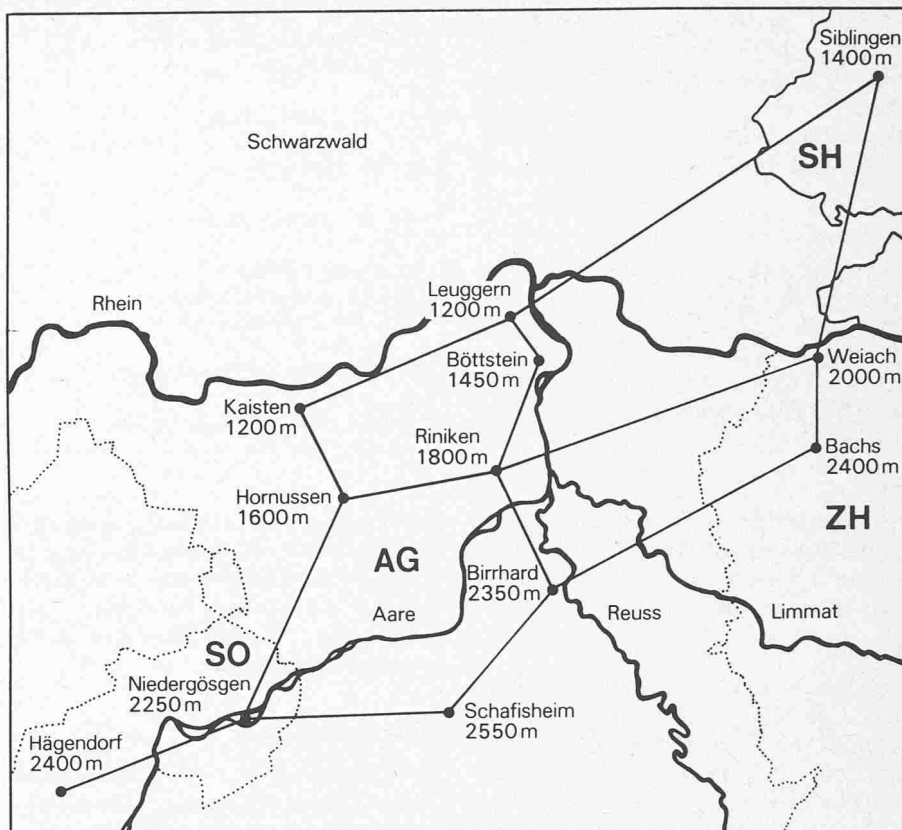
Aus dem oben Gesagten ergibt sich, dass Bohrungen und seismische Untersuchungen *parallel* laufen sollten und dass eine Reihenfolge innerhalb der Bohrungen aufgestellt werden muss. Es wäre wenig sinnvoll, mit einer marginalen Bohrung (z.B. Hägendorf oder Siblingen) zu beginnen.

Öffentlichkeit der Ergebnisse

In den Gesuchen fehlen Angaben über die Öffentlichkeit und Publikation der Resultate. Sie ist aber für eine Beurteilung der Verhältnisse unbedingt notwendig. Die Frage «Wann bekommt wer die Resultate zur Einsicht?» sollte beantwortet werden. Es ist klar, dass eine rasche und vollständige Information der Entscheidungsgremien notwendig ist. Nach jetziger Regelung besteht offenbar keine Publikationspflicht für die Bohrresultate der Nagra sowie für die Beurteilung der Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung. Eine klare Information der Öffentlichkeit scheint uns aber unerlässlich.

Bemerkungen zu den einzelnen Bohrpunkten

Die sehr knappen geologischen Prognosen in den einzelnen Bohrgesuchen



Vorgesehene Standorte für Sondierbohrungen

geben nicht zu grösseren Bermerkungen Anlass. Die Prognosen sind im allgemeinen aufgrund der verfügbaren Literatur erstellt; in einigen Fällen sind die Schichtreihen etwas stark extrapoliert worden. Im Gipskeuper wird überall Gips erwartet; es ist aber fast sicher, dass in allen Bohrungen, wo diese Formation angetroffen wird, nur Anhydrit auftreten wird. Die vorauszusehenden bedeutenden Spülungsverluste in den Malmkalen werden nicht erwähnt. Die tektonischen Karten können durch die neue Ausgabe der tektonischen Karte der Schweiz ersetzt werden.

Das vorgesehene Kernentnahmeprogramm scheint uns im allgemeinen richtig konzipiert zu sein. Allfällige Modifikationen können sich aus den Bohrungen selbst ergeben. Die nachfolgenden Prioritätsangaben beziehen sich auf den Fall, dass die Linie Kaisten-Hornussen-Schafisheim als erste in Angriff genommen werden kann. Andernfalls müssten sie neu definiert werden.

Hägendorf

Dieser Bohrpunkt liegt weit im Süden des Faltenjura, in einer Zone, die wahrscheinlich noch durch rheintalische Brüche beeinflusst wird. Es sind denn auch keine Bohrungen in der nördlichen Fortsetzung geplant. Die Bohrung Hägendorf wäre für uns Geologen vom wissenschaftlichen Standpunkt aus am interessantesten. Wir möchten ihr aber nur eine niedere Priorität einräumen.

Niedergösgen

Wie Hägendorf in der Fortsetzung der

Gäu-Synklinale und in der Nähe einer Flexurzone. Die Bohrung liegt nicht allzuweit von der Mineralquelle Lostorf entfernt; entsprechende Vorsichtsmassnahmen beim Durchfahren des Muschelkalks sind geplant. Mittlere Priorität (oder hohe Priorität, falls die Bohrung Schafisheim nicht ausgeführt werden kann).

Kaisten

Mit nur 125 m Sedimentbedeckung eine der Kristallin-nächsten Bohrungen, geeignet als Eichbohrung für die seismische Kampagne. Kristallin an der Oberfläche (Gneis), in grösserer Tiefe möglicherweise Granit. Geologische Karte ungenügend (Quartär nicht kartiert). Grösste Vorsicht gegenüber Wasserinfiltrationen, da die Bohrung am Rand eines wichtigen Grundwasserträgers liegt. Hohe Priorität.

Hornussen

600 m Sedimente, wahrscheinlich ungestört; aber die Auswirkungen der Mandacher und Mettauer Störung sollte durch Reflexionsseismik, eventuell auch engmaschige Schweremessung im Anschluss an die Bohrung abgeklärt werden. Hohe Priorität.

Schafisheim

Mit 1500 m Sediment die tiefste Bohrung. Wichtig für die Frage der Wasserstockwerke sowie der Wasserzirkulation in bezug auf die Thermalquellen von Baden und Schinznach. Mächtigkeit des mittleren Muschelkalks zu hoch angesetzt. Hohe Priorität.

Leuggern

Als Kristallin-nahe Bohrung, aber weniger günstig als Kaisten. Brüche in den Profilen nicht verzeichnet. Ziemlich mächtiges Quartär (Riss-Schotter in einer alten Talfüllung). Mittlere Priorität.

Böttstein

Relativ günstig, aber etwas weniger als das analog gelegene Hornussen. Die Mandacher Störung, die 2 km südlich des Bohrpunktes verläuft, sollte keinen Einfluss haben. Mögliche Beeinflussung der Mineralquellen Zurzach. Mittlere Priorität.

Riniken

Nicht ungünstig, eventuell auch als Ergänzung zu einem Profil Kaisten-Hornussen-Schafisheim. Mittlere bis allenfalls hohe Priorität.

Birrhard

Eine der tiefsten Bohrungen, tektonisch relativ günstig gelegen. Dagegen müssen um 150 m Quartär durchfahren werden, mit Oberflächengrundwasser in den Niederterrassenschottern und möglicherweise gespanntem Grundwasser in den Riss-Ablagerungen. Mögliches

Prof. Dr. Ronald Chessex
Dr. Lukas Hauber

Prof. Dr. Jachen Huder

PD Dr. Alan G. Milnes

Prof. Dr. Stephan Müller

Dr. Aurèle A. Parriaux
Prof. Dr. Jean-Paul Schaer
Dr. Conrad Schindler

Prof. Dr. Volkmar Trommsdorff

Prof. Dr. Rudolf Trümpy (Vorsitz)

Schweizerische Mineralogische Gesellschaft
Schweizerische Naturforschende Gesellschaft, Sektion III
Schweizerische Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik
Departement für Erdwissenschaften, ETH Zürich
Schweizerische Geophysikalische Gesellschaft
ETH Lausanne
Schweizerische Geologische Kommission
Schweizerische Geotechnische Kommission (19.9.80)
Schweizerische Geotechnische Kommission (19.8.80)
Schweizerische Geologische Gesellschaft

Zufuhrgebiet der Thermalquellen Baden und Schinznach. Eine Bohrung in dieser Gegend scheint uns in mittlerer Priorität wünschbar, doch kann man sich fragen, ob der günstigste Bohrpunkt gewählt wurde.

Weiach und Bachs

An sich günstig, aber diese beiden Bohrungen sollten erst nach der Durchführung eines seismischen Programms in Angriff genommen werden. Mittlere

Priorität.

Sibingen

Eine Kristallin-nahe, aber sehr randlich gelegene Bohrung. Die gemachten Angaben über das Grundgebirge sind vor derhand unverifizierbar. Einige Verwerfungen in der näheren Umgebung. Niedrige Priorität.

Stellungnahme der Nagra

Die bereits letztes Jahr eingeleitete wissenschaftliche Diskussion ihres Forschungsprogramms, die in einem im Februar veröffentlichten umfangreichen Bericht des Bundesamtes für Energiewirtschaft ihren ersten Niederschlag gefunden hatte, wird von der Nagra vorbehaltlos begrüsst. Im Interesse der Öffentlichkeit dieser Diskussion begrüsst die Nagra auch die Publikation des 8seitigen Berichts über die Sitzung von Vertretern geologischer Institutionen vom 19. August 1980, an der die erwähnten Geologen im Auftrag der *Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung* die rund 1700 Seiten umfassenden Sondiergesuche der Nagra kritisch gewürdigt haben.

Wie die Geologengruppe in ihrem Begleitschreiben vom 23. September an das Bundesamt für Energiewirtschaft bedauert die Nagra, dass der in der Zwischenzeit überarbeitete Entwurf des Berichts von einem Mitglied der Geologengruppe den Medien zugespielt wurde, bevor er am 19. September von Bundesarbeitsgruppe, Geologen und Nagra gemeinsam besprochen werden konnte. Die Nagra weist auch darauf hin, dass die Mitglieder der Geologengruppe im Bericht ihre *persönliche* Auffassung zum Ausdruck bringen und nicht etwa jene der geologischen Institutionen, denen sie angehören. Die Nagra stellt mit Befriedigung fest, dass die Geologen-

gruppe grundsätzlich die Durchführung von Probebohrungen im vorgesehenen Gebiet befürwortet und für die baldige Aufnahme der vorgesehenen Arbeiten eintritt.

Die Nagra teilt die Ansicht der Geologengruppe, wonach die beantragte Sondierkampagne im Norden der Schweiz eine Vorrekognoszierung darstellt. Die Sondierkampagne ist von der Nagra klar als erste Phase innerhalb eines langfristigen Programms geologischer Untersuchungen bezeichnet worden, das unter anderem zum Ziel hat, ab etwa 2020 bei Bedarf ein Endlager für die hochradioaktiven Abfälle in Betrieb nehmen zu können. Die Nagra hat stets darauf hingewiesen, dass im Hinblick auf den Bau dieses Endlagers nach 1985 weitere Untersuchungen durchgeführt werden müssen, um die Verhältnisse in einem oder mehreren Gebieten genauer abzuklären und um schliesslich – frühestens Ende der neunziger Jahre – einen definitiven Endlagerstandort festzulegen.

Zeitliche und technische Aspekte nicht berücksichtigt

Wie die Geologengruppe selber einräumt, hat sie in ihrem Bericht «zeitliche und teilweise auch technische Aspekte nicht berücksichtigt». Nach Auffassung der Nagra hat die Geologengruppe vor allem nicht in Betracht

gezogen, dass das *Eidgenössische Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement* (EVED) einen *Termin für den Abschluss der ersten Untersuchungsphase* festgesetzt hat, deren Ziel vom *revidierten Atomgesetz* klar umschrieben wird, und dass die Möglichkeiten, Gesteinsarten des Grundgebirges durch eine meist mächtige Sedimentüberdeckung hindurch allein mit geophysikalischen Messungen zu unterscheiden, heute noch beschränkt sind. Auf den letztgenannten Aspekt soll weiter unten eingegangen werden.

Zum Aspekt Zeit hält die Nagra fest, dass den schweizerischen Kernkraftwerken, die dannzumal fast die Hälfte des Landesbedarfs an Elektrizität decken werden, die *Betriebsbewilligung entzogen werden kann*, wenn der Termin 1985 nicht eingehalten wird. Dass die Nagra gewillt ist, diesen Termin einzuhalten, bedeutet keineswegs, dass sie irgendwelche Kompromisse in bezug auf die Gründlichkeit der durchzuführenden Untersuchungen eingeht. Die Nagra sieht keine Gefahr, dass die Einhaltung des Termins 1985 die Gründlichkeit der Abklärungen in ihrer Gesamtheit beeinträchtigen könnte. Sollten Verzögerungen bei der Erteilung der Sondierbewilligungen oder andere Umstände dazu führen, dass einzelne der am 24. Juni beantragten ersten Untersuchungen nicht wie vorgesehen bis 1985 abgeschlossen werden könnten, so liessen sich diese später nachholen. Für die Durchführung des gesamten Untersu-

karsteten Malmunterlage», Bulletin V.S.P., Vol. 23, 1959, und K. Lemcke: «Übertiefe Grundwässer im süddeutschen Alpenvorland», Bulletin V.S.P., Vol. 42, 1976). Doch erlauben die ungenügenden Daten über Fließgeschwindigkeiten und Fließrichtungen der Tiefengrundwässer sowie über das regionale hydraulische Potential den Bau eines regionalen hydrogeologischen Modells, das eventuell die Wahl der Bohrstandorte hätte beeinflussen können, heute noch nicht. Herkunft und Fließwege der im Untersuchungsgebiet austretenden oder erbohrten Mineral- und Thermalwässer sind ebenfalls nur schlecht bekannt. Hydrogeologischen Überlegungen kam daher bei der Bohrstellenwahl, abgesehen von der Berücksichtigung oberflächennaher Grundwasserverhältnisse und einzuhaltender Sicherheitsabstände zu genutzten Mineralquellen und Thermen, nur untergeordnete Bedeutung zu.

Die nach H.R. Krüsi et al. («Samm lung, Kompilation und Interpretation geothermischer Daten in der Schweiz», Schlussbericht, Eidgenössisches Amt für Energiewirtschaft, 1978) im Untersuchungsgebiet auftretenden geothermischen Anomalien führen an keiner Stelle zu unakzeptierbar hohen Temperaturen in den obersten 1000 m des kristallinen Sockels.

Stufenweises Vorgehen bei den geophysikalischen Messungen

Die Nagra ist sich der Bedeutung geophysikalischer Untersuchungsmethoden – vor allem reflexions- und refraktionsseismischer, aber auch gravimetrischer Messungen – für die Erforschung des tiefen Untergrunds bewusst. Um den von den Behörden erteilten Auftrag fristgerecht erfüllen zu können, hat sie aber ihre ganze Sondierkampagne festlegen müssen, bevor erste Resultate vorliegen konnten. Geophysikalische Messungen erfordern dasselbe zeitaufwendige Bewilligungsverfahren wie Probebohrungen. Ergebnisse geophysikalischer Messungen im Grundgebirge, wie sie für die Nagra wesentlich sind, konnten bisher praktisch nur dort beschafft werden, wo das Grundgebirge natürlich oder künstlich aufgeschlossen ist und sich deshalb seine Eigenschaften, die für die Auswertung der Messungen von Bedeutung sind, an Gesteinsmustern direkt bestimmen lassen. Im Untersuchungsgebiet der Nagra, wo das Grundgebirge von meist mächtigen Sedimentschichten überlagert wird, ist diese Voraussetzung heute nicht gegeben.

Trotzdem sieht die Nagra bereits in der beantragten Sondierkampagne lokale reflexionsseismische Messungen vor. Sie werden es ermöglichen, erste Erfahrungen mit der Auswertung von Messergebnissen aus dem Grundgebirge zu

sammeln, das gleichzeitig durch Probebohrungen erstmals über grössere Tiefen aufgeschlossen werden soll. Die vorgesehenen Untersuchungen werden es auch erlauben, die Messverfahren den speziellen Anforderungen anzupassen. Auf der einen Seite stellen diese Messungen deshalb Experimente im Hinblick auf ausgedehntere zukünftige Untersuchungen dar. Sollten sie gute Ergebnisse erbringen, zieht die Nagra in Betracht, eventuell noch vor 1985 um die Bewilligung grossräumiger reflexionsseismischer Untersuchungen nachzusuchen.

Auf der anderen Seite sollen die beantragten Messungen nach dem *Vibro se is-Verfahren* sicherstellen, dass mit den Probebohrungen für die betreffenden Sondierregionen repräsentative, möglichst ungestörte Schichtfolgen durchgeführt werden. Die Problemstellung ist jener, mit der man es bei der Erdöl-suche zu tun hat, diametral entgegengesetzt. Sie ist einfacher, weil man nicht relativ seltene Anomalien (Erdölfallen) suchen und räumlich festlegen muss. Die Probebohrungen der Nagra setzen nicht voraus, dass der Sedimentbereich vorher mit Hilfe von reflexionsseismischen Messungen grossräumig untersucht worden ist. Sollten die geplanten lokalen Messungen zeigen, dass tektonische oder stratigraphische Spezial-situationen vorliegen, müssten die betreffenden Bohrungen in anderen Richtungen vorgetrieben oder unter Umständen verlegt werden.

Die Nagra bedauert es ebenfalls, dass sie bis heute *keinen Einblick in die seismischen Daten der Erdölindustrie* nehmen konnte. Wir betrachten dies allerdings als für unsere Planung nicht sehr schwerwiegend. Mit Ausnahme einiger Regionen des Tafeljuras ist das Gebiet der Probebohrungen bisher nur mit veralteten Methoden (Einfachüberdeckung) untersucht worden. Einer unserer Berater hatte in seiner früheren Tätigkeit Gelegenheit, auf diese Weise aufgenommene seismische Profile aus dem Molassegebiet der Nordschweiz zu prüfen. Die Qualität reichte aus zur Konstruktion von Isochronenkarten für Reflektoren in der Molasse und die Oberfläche der mesozoischen Schichtplatte. Im tieferen Untergrund zeichnet sich der Haupttrogenstein und der Muschelkalk durch deutliche, über grössere Strecken verfolgbare Reflexionsbänder aus. Unter letzterem, einen Grossteil der seismischen Restenergie zurückwerfenden Horizont ist leider auf den alten seismischen Profilen nicht sehr viel zu sehen. Eine direkte Kartierung der Oberfläche des Grundgebirges und eine sichere Erkennung der in ihm eingebetteten permo-karbonischen Restmulden ist daher mit dieser alten Seismik nicht möglich.

Die heute allgemein angewandte moderne *Methode der Mehrfachüberdeckung* erhöht die Auflösungskraft der Reflexionsseismik, vor allem in den tieferen Horizonten. Allerdings bilden die Triaskalke und -dolomite mit ihren sehr hohen Intervallgeschwindigkeiten (über 5000 m pro Sekunde) weiterhin eine schwer zu überwindende Barriere, die unter anderem das Erkennen von Schichtfolgen permo-karbonischen Alters noch immer erschwert. Neuere Vibroseis-Profile des *Konsortiums Untertagespeicher*, die der Nagra zugänglich sind, scheinen dies zu bestätigen. Im stark coupierten Gelände des Falten- und Tafeljuras sind auch heute noch viele Vibroseis-Profile von ganz ungenügender Qualität und lassen keine Rückschlüsse auf die Beschaffenheit und Struktur des kristallinen Sockels zu.

In Gebieten mit relativ ruhigem Relief müsste durch geeignete Wahl der Aufnahmeparameter und Verarbeitungsprogramme versucht werden, interpretierbare Reflexionen aus dem Grenzbe-reich der Deckschichten zur Grundgebirgsoberfläche zu erhalten.

Grössere Sockelsprünge und paläozoische Grabenfüllungen könnten, wenn nicht mit Reflexionsseismik, vielleicht durch refraktionsseismische Messungen, die leider starke Sprengungen erfordern, erfasst werden. Möglicherweise werden die hohen Ausbreitungsgeschwindigkeiten, welche die seismischen Wellen in den Triaskarbonaten erreichen, jedoch jenen sehr ähnlich sein, die in den kristallinen Gesteinen und wahrscheinlich auch in den permo-karbonischen Schichten auftreten, was die Registrierung der Grenzflächenwellen entlang tieferer Horizonte stark erschweren würde.

Unseres Wissens sind auch auf den neuesten Vibroseis-Profilen der Erdöl-industrie keine interpretierbaren Schwingungsanomalien innerhalb des kristallinen Sockels direkt erkennbar. Auch das Berücksichtigen von seismischen Laufzeiten bis zu 5 Sekunden (etwa 7000 bis 8000 m Tiefe) gibt ohne identifizierbare Reflexionen keine zuverlässigen Angaben über Zusammensetzung und Struktur des Kristallins.

Aufgrund unserer Erfahrungen halten wir es für wenig wahrscheinlich, dass die ungenaueren, der Interpretation oft weiten Spielraum lassenden gravimetrischen Messmethoden die Abgrenzung von Granitkörpern im Kristallin des Untersuchungsgebiets ermöglichen können. Die Schwereunterschiede zwischen granitischen und gneisigen Gesteinen sind wohl zu klein, um eventuelle lokale Schwereanomalien bestimmten kristallinen Gesteinstypen eindeutig zuzuordnen. Wir betrachten es aber als durchaus wünschenswert, dass in einer

späteren Forschungsphase auch Experimente mit engmaschigen Schwere-messungen, vor allem in Gebieten mit geringermächtiger Sedimentüberdeckung durchgeführt werden.

Da die seismische «Durchleuchtung» des für die Nagra besonders wichtigen kristallinen Sockels mit den zur Verfügung stehenden, praktisch erprobten Techniken noch nicht möglich ist, sprechen im heutigen Zeitpunkt, ganz abgesehen vom Zeitbedarf für die erforderlichen Bewilligungsverfahren, Kosten-Nutzen-Überlegungen gegen eine Überdeckung des Untersuchungsgebiets mit einem regionalen Vibroseis-Netz vorgängig der Bohrstandortwahl.

Beim Messen der in den Sondiergesuchen beschriebenen Vibroseis-Kreuze wird die Nagra eine Reihe von Feldexperimenten durchführen, mit dem Ziel, durch Wahl optimaler Geophon- und Energiequellenanordnungen ein möglichst günstiges Verhältnis zwischen registrierter Störenergie und aus den tieferen Krustenbereichen reflektierter Nutzenergie zu erreichen. Die Forschungslaboratorien der von der Nagra mit der Auswertung der seismischen Daten beauftragten geophysikalischen Spezialfirmen werden zur digitalen Datenverarbeitung spezielle Filterprogramme zu entwickeln haben, die Reflexionen aus grosser Tiefe sichtbar machen sollen. Nachdem durch *Geophonversenk-messungen in den zwölf Probebohrungen* die Geschwindigkeitsprofile der durchfahrenen Formationen genau ermittelt worden sind, sollen in einer folgenden Forschungsphase die als mögliche Standortgebiete für Endlager ermittelten Gebiete mit Hilfe der experimentell erarbeiteten Aufnahmeparameter und neuartiger Methoden wie Flächen-seismik im Detail untersucht werden.

Wir halten es beim heutigen Stand der Methodik und Technik für unwahrscheinlich, dass es ohne vorhergehende, auf ein regionales Netz von Bohrlochdaten aus dem kristallinen Bereich abgestützte Feld- und Laborexperimente möglich sein wird, mit seismischen Routineuntersuchungen die Verteilung der Granitkörper und Störzonen im Grundgebirge mit einiger Sicherheit zu erkennen. Deshalb und auch wegen seiner einschneidenden zeitlichen Konsequenzen können wir dem Vorschlag der Geologengruppe, in einer ersten Phase nur drei im Querprofil angeordnete Bohrungen niederzubringen und die Festlegung weiterer Bohrpunkte von den Resultaten einer regionalen seismischen Kampagne abhängig zu machen, trotz seiner scheinbaren Logik nicht beipflichten. Seine Verwirklichung würde kaum zu einer geologisch wesentlich besser vertretbaren Bohrstandortwahl führen. Was die *Reihenfolge* betrifft, in welcher die Bohrungen durchgeführt werden sollen, so werden wir

danach trachten, jeweils Nord-Süd-Profile abzubohren.

Weiterbenutzung einiger Bohrlöcher denkbar, aber schwer zu verwirklichen

Wie bereits in den Sondiergesuchen erwähnt, können in tiefen Bohrlöchern mit relativ grossen Durchmessern mit der heute verfügbaren Technik sehr geringe Mengen zufließenden Wassers nicht mit der erforderlichen Genauigkeit gemessen werden. Einen möglichen Weg sehen wir in Ventilations- und Austrocknungstests, ähnlich wie sie im *Felslabor Stripa* in Schweden im Gange sind. Andererseits ist es aber durchaus möglich, in wasserführenden Zonen im Kristallin Pumpversuche und «Open-Hole»-Fördertests durchzuführen. Der Ermittlung von horizontalen und vertikalen Permeabilitäten werden Laboruntersuchungen am Kernmaterial sowie Sonic- und Density-Logs dienen. Um Vermengungen mit der Bohrspülung auszuschliessen, müssen Fördertests so lange dauern, bis die Spülflüssigkeit restlos aus der Bohrung heraus zirkuliert ist. Unter Umständen muss mit Wasser, dessen Chemismus und Isotopengehalt bekannt ist, nachgespült werden. Der Ausschluss von Wasser aus höheren Aquiferen bietet keine besonderen Probleme. Er wird durch die Verrohrung und Zementierung dieser Zonen erreicht. Nötigenfalls wird durch die Injektion von Zementschirmen eine zusätzliche Abdichtung geschaffen.

Die Weiterbenutzung einiger Bohrlöcher für Langzeitmessungen nach Abschluss des Bohr- und Testprogramms ist denkbar. Vorgenommen werden könnten dabei vor allem Druckmessungen in den verschiedenen, möglicherweise auch wirtschaftlich interessanten Aquiferen, Deformationsmessungen an den unverrohrten Strecken im Kristallin und Wärmeflussmessungen. Es ist jedoch fraglich, ob die Grundeigentümer eine solche Weiterbenutzung erlauben würden. Dazu stellen sich technische und Sicherheitsprobleme. Die hohen Kosten müssten durch einen hohen Nutzen der Messungen aufgewogen werden.

Es ist die Absicht der Nagra, sämtliche Ergebnisse ihrer Untersuchungen in Form von technischen Berichten zusammenzufassen (dieses Jahr sind bereits sechs davon erschienen) und frühzeitig zu veröffentlichen. Gesetzliche Bestimmungen stellen sicher, dass sich die zuständigen Behörden jederzeit über den Stand der Arbeiten orientieren können.

Hägendorf und Siblingen, Eckpfeiler des Programms

Wie unsere Untersuchungen des *Anhydrits als Wirtgestein* (J. Gassmann et al.,

«Anhydrit als Wirtgestein für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz», Technischer Bericht der Nagra NTB 12, 1979) zeigen, sind wir uns bewusst, dass in den Probebohrungen im Gipskeuper in grösseren Tiefen vorwiegend Anhydrit zu erwarten ist. Wahrscheinliche Spülungsverluste im verkarsteten Teil des Malms sind durch die Bemerkungen «Hydrogeologie/Wasserführung» in den stratigraphischen Prognosen angedeutet.

Die Neuausgabe 1980 der tektonischen Karte der Schweiz (1:500 000) war bei der Ausarbeitung der Bohrgesuche noch nicht veröffentlicht. Im Untersuchungsgebiet bringt sie praktisch keine für die Bohrstellenwahl ins Gewicht fallenden neuen Erkenntnisse.

Die Bohrungen *Hägendorf* und *Siblingen* sind wichtige Eckpfeiler unseres Programms. Wir erwarten von ihnen unter anderem Hinweise darauf, ob das Kristallin im Grenzbereich kartierter regionaler Bruchsysteme stärker geklüftet ist. Die Durchführung der beiden Bohrungen kann deshalb nach Auffassung der Nagra nicht von den Ergebnissen anderer Bohrungen abhängig gemacht werden.

Für die Bohrstelle *Kaisten* haben wir im Gesuch ein auf neuen hammerschlagseismischen Messungen basierendes Detailprofil des Quartärs gegeben.

Die Mandacher und die Mettauer Störung haben unserer Ansicht nach, da zu weit entfernt, keinen Einfluss auf die lokaltektonische Situation und das Bohrprofil der Bohrung *Hornussen*. Sollte das Gebiet von Hornussen nach Abschluss der Bohrkampagne in die engere Endlagerstandort-Wahl fallen, so müsste zweifellos Verlauf und Geometrie dieses regionalen Verwerfungs-paars durch geophysikalische Untersuchungen abgeklärt werden.

Es würde uns interessieren, warum die Bohrstelle *Leuggern* von der Geologengruppe als «weniger günstig als Kaisten» bezeichnet wird. Auch bei der Bohrstelle *Böttstein* ist es uns nicht klar, aufgrund welcher Kriterien sie «etwas weniger günstig als Hornussen» sein soll. Warum schliesslich sollen die Bohrungen Weiach und Bachs erst nach Durchführung eines seismischen Programms in Angriff genommen werden?

* * *

Lagerbohrlöcher statt Stollen?

Etwa drei bis vier Bohrstellen würden genügen, um die hochradioaktiven Abfälle aus dem ganzen schweizerischen Kernkraftwerkprogramm in Lagerbohrlöchern von über 2 km Tiefe zu beseitigen. Dies geht aus einer Studie der *französischen Tiefbohrfirma Forex Neptune SA* hervor, welche die Nagra veröffentlicht hat. Neben kürzlich erstmals vorgestellten Konzepten für Endlager mit Schächten und Stollen prüft die Nagra auch

solche mit grosskalibrigen Bohrlöchern. Der Durchmesser dieser Bohrungen wäre etwa fünfmal so gross wie der der geplanten Probebohrungen im Norden der Schweiz: Oben betrüge er etwa 1,4 m und würde mit zunehmender Tiefe stufenweise auf etwa 50 cm abnehmen. In den untersten 500 m der Bohrlöcher – im Grundgebirge aus Granit und Gneis – würde man je 166 korrosionsfeste Behälter mit verglasten Abfällen einlagern. Für die hochradioaktiven Abfälle aus dem ganzen schweizerischen Kernkraftwerkprogramm wären etwa 40 Bohrlöcher nötig.

Die Studie sieht vor, dass jeweils etwa 10 bis 20 Löcher von einer einzigen Bohrstelle aus abgeteuft werden und zwar die meisten schräg, damit sie in der Endlagerzone einen ausreichenden Abstand voneinander haben. Falls man auf eine Verrohrung und Zemen-

tierung im untersten Teil verzichtete, wäre mit der heutigen Technik eine Tiefe von 3 km und mehr erreichbar, andernfalls eine solche von bis zu 2,4 km. Im Unterschied zu den Verhältnissen in Lagerstollen müsste die Einlagerung der Abfälle in Bohrlöchern fernbedient erfolgen.

Bohrungen auf der Grimsel abgeschlossen

Auf der Grimsel sind die sechs vom Bundesrat bewilligten Probebohrungen der Nagra erfolgreich abgeschlossen worden. Die Bohrungen sollen zeigen, ob an dieser Stelle ein *Felslabor* gebaut werden kann. Die Gesteinsproben, die gewonnen worden sind, sollen nun an der *ETH Lausanne* und an der *Universität Bern* untersucht werden. Den Bohrlöchern entnimmt man Wasserproben, die auf ihre chemische Zusammensetzung und

auf ihr Alter hin untersucht werden. Ausserdem sind Wasserabpresstests und geophysikalische Messungen vorgesehen. Die sechs Bohrlöcher bleiben bis zum Abschluss der wissenschaftlichen Untersuchungen unverschlossen. Ein allfälliges Gesuch für den Bau eines Felslabors könnte im Verlauf des nächsten Jahres eingereicht werden.

In diesem Zusammenhang sei auf die Dokumentation zur Tagung «*Endlagerung radioaktiver Abfälle – eine Standortbestimmung aus schweizerischer Sicht*» hingewiesen. Sie enthält die Referate der gleichnamigen Tagung vom 20./21. Okt. 1980 in Bern. Zu beziehen bei der Schweiz. Vereinigung für Atomenergie, Postfach 2613, 3001 Bern oder bei der Nagra, Parkstr. 23, 5401 Baden.

Steigende Schadensummen bei Wirtschaftskriminalität in der Bundesrepublik Deutschland

Innerhalb von drei Jahren ist die durch Wirtschaftskriminalität in der Bundesrepublik Deutschland hervorgerufene Schadensumme um mehr als die Hälfte gestiegen: nämlich von 3,4 Mia Mark im Jahre 1975 auf 5,4 Mia im Jahr 1978. Darunter waren immer einige Grossverfahren mit Schadenhöhen, die jeweils die Milliardengrenze überschritten. Dies hat sich bei der bundesweiten Erfassung der Wirtschaftskriminalität durch das *Max-Planck-Institut für ausländisches und internationales Strafrecht* in Freiburg (Breisgau) gezeigt. Den Auftrag zu diesem Erfassungsprojekt erteilte die 44. Konferenz der Justizminister und Justizsenatoren dem Institut im Jahre 1974. Seither gibt das Institut jährlich die Ergebnisse der Erfassung an die Justizministerien der Länder und des Bundes.

Das *Dunkelfeld*, also die unaufgeklärten Wirtschaftsstraftaten, schätzt der Leiter des Erfassungsprojektes, Dr. *Karlhans Liebl*, auf Grössenordnungen zwischen 15 und 40 Mia Mark für das Jahr 1978. Hinsichtlich der Anzahl der Verfahren ist in den letzten Jahren der Umfang der Wirtschaftskriminalität – mit Schwankungen bei den einzelnen Delikten – in etwa gleichgeblieben: 1976 waren es 3647, 1977 im Jahr 1977 und 3562 im Jahre 1978.

Der Anstieg der Schadensumme – bei gleichbleibender Zahl der Verfahren –

erklärt sich, so erläutert *Liebl*, zum einen daraus, dass die neu eingerichteten Schwerpunkt-Staatsanwaltschaften, welche die Wirtschaftsstraftaten jetzt bundesweit verfolgen und über Fachkräfte wie Wirtschaftsprüfer und Bilanzbuchhalter verfügen, grössere Aufklärungserfolge auch bei kapitalen Wirtschaftsstraftaten mit hohen Schadensummen erzielen; *Liebl*: «Solche <Grossverfahren> werden durch die Mitte der 70er Jahre eingerichteten

Schwerpunkt-Staatsanwaltschaften durchschaubarer und die tatsächliche Schadensumme erkennbarer gemacht.» Weiterhin treibt eine gesamtwirtschaftliche Entwicklung die Schadensumme bei Wirtschaftsstraftaten in die Höhe: die Inflation.

Vor allem an der Schadenhöhe zeigt sich die *volkswirtschafts- und gesellschaftsschädliche Auswirkung* der Wirtschaftskriminalität, «die in der Bevölkerung gelegentlich noch als <Kavaliersdelikt> heruntergespielt wird» (*Liebl*). Immerhin liegt die für 1978 errechnete Schadenhöhe in der Grössenordnung der Ausgaben des Bundeshaushalts 1978 für Wissenschaft, Forschung und Entwicklung ausserhalb der Hochschulen in Höhe von 6,1 Mia Mark. Vor allem sind, wie *Liebl* hervorhebt, die durch Wirtschaftskriminalität entstandenen Schadensummen Gelder, die der Volkswirtschaft verlorengehen,

die nicht etwa zu Investitionen benutzt werden, «sondern frei vagabundieren».

Die bundesweite Erfassung der Wirtschaftskriminalität basiert auf der *Erledigungs-Statistik* der Staatsanwaltschaften. In einen einheitlichen Erhebungsbogen, der zur Auswertung an das genannte Institut geht, werden verschiedene Angaben zu den einzelnen Fällen eingetragen, beispielsweise die Zahl der Beschuldigten, die Dauer des Ermittlungsverfahrens, die überprüften Tatbestände und die Schadenhöhe. Die Erhebungsbogen werden von den Staatsanwaltschaften zweimal im Jahr an das Max-Planck-Institut gegeben, wo sie halbjährig ausgewertet und zu Jahresberichten zusammengefasst werden. Die Ermittlungsbogen werden zunächst in die EDV-Sprache umgeschrieben, also codiert, wobei jeder einzelnen Angabe, zum Beispiel jedem Paragraphen und Unterabsatz, eine Code-Nummer zugeteilt wird. Die Berichte werden schliesslich in Form von Computer-Ausdrucken an die Justizministerien von Bund und Land geschickt.

Die bundesweite Erfassung der Wirtschaftskriminalität zeigt vor allem auch erhebliche Schwankungen bei den einzelnen Delikten. Beispielsweise bei Konkursstraftaten, die stark konjunkturabhängig sind: In der Zeit der konjunkturellen Flaute, nämlich in den Jahren 1975 und 1976, waren 20 Prozent der gesamten Wirtschaftskriminalität Konkursdelikte, bei leichter Erholung der Konjunktur von 1976 auf 1977 waren es noch 15,1 Prozent, von 1977 auf 1978 stieg der Anteil der Konkursstraftaten in einer Phase der erneuten Rezession wiederum auf 21,2 Prozent an.