

**Zeitschrift:** Energie & Umwelt : das Magazin der Schweizerischen Energie-Stiftung SES  
**Herausgeber:** Schweizerische Energie-Stiftung  
**Band:** - (1987)  
**Heft:** 3: Nagra : wie immer ohne Gewähr  
  
**Artikel:** Alternativen zur Endlagerung in der Schweiz?  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-586547>

### **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>**



In den letzten Jahren erschienen in der Presse sporadisch Artikel, in denen vorgeschlagen wurde, die radioaktiven Abfälle, insbesondere die hochaktiven, in andere Länder zu exportieren. Die Idee, auf internationaler Ebene eine Lösung zu finden, ist wegen der offensichtlich schlechten Eignung des geologischen Untergrundes der Schweiz für eine sichere Beseitigung der radioaktiven Abfälle naheliegend. In Europa wird jedoch gegenwärtig in den meisten Ländern nach eigenen Lösungen geforscht. Entsprechend dem gesetzlichen Rahmen und bedingt durch die unterschiedlichen Verhältnisse des geologischen Untergrundes werden zahlreiche verschiedene Endlagerkonzepte verfolgt (Steinsalz in der BRD – siehe dazu Seite 12 –, Granit in Schweden, Ton in Belgien usw.). Im Vordergrund stehen dabei fast ausschliesslich Untersuchungen von geologischen Formationen auf dem Festland oder dem Kontinentalsockel, wobei die verpackten Abfälle in Stollen und Kavernen des Wirtgesteins eingelagert werden sollen. Allerdings wird in den meisten Ländern nicht erwartet, dass vor Ende dieses Jahrhunderts baureife Endlagerprojekte vorgelegt werden können. Für die Schweiz könnte eine Beteiligung an internationalen Projekten attraktiv sein. Dies liegt nicht nur an ihren ver-

Eine 1976 gegründete Arbeitsgruppe, die International Seabed Working Group (SWG), über die Nuclear Energy Agency (NEA) der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit (OECD) angegliedert, untersucht seit einigen Jahren die wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten und die juristischen Fragen, die eine Lagerung in den Sedimenten der Tiefsee mit sich bringen würde. Ursprünglich wurden eine ganze Reihe verschiedener Testgebiete im Nordpazifik (südöstlich von Japan, nördlich von Hawaii) und im Nordatlantik erwogen. In den letzten Jahren konzentrierten sich die Arbeiten auf zwei Testgebiete im Atlantik. Die International Seabed Working Group besteht heute aus folgenden Mitgliedern: Belgien, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Italien, Japan, Kanada, Niederlande, Schweiz, USA und Kommission der Europäischen Gemeinschaft. Bedingt durch wesentliche Budgetkürzungen werden die USA, Grossbritannien, Kanada und die Niederlande ab 1988 nicht mehr oder nur noch mit minimalem Aufwand in der Seabed Working Group vertreten sein. Damit entfallen wesentliche Teile dieses Projektes. Die verbleibenden Mitglieder, unter ihnen die

10000 Jahren würden deshalb wiederum zu starken Grundwasserveränderungen führen. Hsu hat als Ehrenberater des chinesischen Ministeriums für Erdöl und Bodenschätze in einem Vortrag an der Academia Sinica in Beijing im Frühjahr 1987 auf diese Probleme hingewiesen. Im weiteren hat er die Frage aufgeworfen, wie weit die Industrieländer moralisch legitimiert seien, ein weltweit noch ungelö-

nationalen Gewässern oder im Tiefseeboden bedarf einer speziellen Regelung. Abklärungen der Machbarkeit eines Projektes nach wissenschaftlich anerkannten Methoden. Ein Gemeinschaftsprojekt muss diesbezüglich mindestens den Anforderungen des nationalen Entsorgungsprogramms genügen. Gewähr für die Transparenz des Unternehmens und für die Überwachung und

Kontrolle des Projektes durch nationale und internationale Organisationen. Generelles Lagerverbot in Ländern, in denen keine Abfälle produziert werden oder wurden, und in Ländern mit geringer politischer Stabilität oder inadäquater Infrastruktur. Durchführung eines nationalen Entsorgungsprogramms: Errichtung eines Endlagers zur Sicherung der nationalen Unabhängigkeit bei unvorhergesehenen Ereignissen (zum Beispiel Kriegsfall). Zustimmung der Öffentlichkeit sowohl im vorgesehenen Lagerstaat wie auch in der Schweiz. Die Beseitigung in internationalen Gewässern oder im Tiefseeboden bedarf zudem einer speziellen Regelung.»

1 Bei dem bestehenden Staatsvertrag mit den USA dürfen ausgediente Brennelemente, für die aus den USA bezogenes Natururan verwendet wurde oder bei denen die Anreicherung oder Verarbeitung zu Brennelementen in den USA erfolgte, nur mit Genehmigung der zuständigen amerikanischen Behörde von der Schweiz in ein anderes Land verschoben werden. Im schweizerisch-kanadischen Staatsvertrag finden sich analoge Bestimmungen (Rausch, 1980) (inzwischen von Kanada gekündigt, da die Schweiz Atomtechnologie-Exporte in Drittländer, zum Beispiel Pakistan, nicht unterbindet).

**Rechtliche Aspekte**  
Bei der Beseitigung der radioaktiven Abfälle im Ausland entstehen besondere Probleme rechtlicher und politischer Natur. So wird jedes Land festlegen müssen, wann es den Gewährnachweis anderer Länder akzeptieren kann. Eine internationale Regelung ist notwendig, da heute in der Schweiz der Entsorgungsnachweis theoretisch dadurch erbracht werden kann, dass die Machbarkeit eines Lagers im Ausland gezeigt wird. Wichtige Punkte, die berücksichtigt werden müssten, sind folgende, in Buser & Wildi (1981) genannte:  
- «Absicherung durch langfristige Staatsverträge mit dem vorgesehenen Lagerstaat und mit den an einem Gemeinschaftsprojekt beteiligten Partnerländern. Für den Fall der Wiederaufbereitung sind langfristige Verträge mit den entsprechenden Wiederaufbereitungsanlagen zu treffen. Die Beseitigung in inter-

Schweiz, absichtigen, die begonnenen Forschungsarbeiten weiterzuführen (aus: Ozeanographie-CH, Nr. 7, Juni 1987, Bulletin der Kommission für Ozeanographie und Limnologie der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft [SNG]). Als Schlussfolgerung muss man jedoch eingestehen, dass diese Form der Endlagerung heute noch keine praktikable Alternative zur Endlagerung in kontinentalen Wirtsgesteinen darstellt.

**Ein Lager in China?**  
Wie ein Rahmenabkommen der Schweiz mit der Volksrepublik China vermuten lässt, ist diese unter Umständen bereit, radioaktive Abfälle aus der Schweiz zu übernehmen und zu entsorgen (siehe Seite 4). Die Wüste Gobi wird ab und zu als möglicher Standort für hochaktive Lager erwähnt. Da die Informationen über Geologie und Hydrologie der Wüste Gobi noch spärlich sind, ist eine Prognose zum jetzigen Zeitpunkt absolut ausgeschlossen. Kenner der regionalen Geologie, wie etwa Professor Kenneth J. Hsu von der ETH, weisen allerdings auf die ungünstigen Grundwasserverhältnisse hin, die sich in der Vergangenheit mit den extremen Klimaschwankungen immer wieder drastisch verändert haben. Prognostizierte Klimaänderungen in den nächsten

lichen Stellen, selbst in grossen Tiefen, wasserführende Zonen auf. Bei ihren Modellberechnungen hat die Nagra unzulässigerweise nur die Bohrung Böttstein berücksichtigt. Die hier im Vergleich zu den übrigen Bohrungen relativ günstigen hydrologischen Verhältnisse wurden auf ein Gebiet von rund 1000 Quadratkilometern extrapoliert. Obwohl innerhalb dieses Gebietes alle andern Bohrungen schlechtere Wasserverhältnisse aufzeigten. Auch die Bundesexperten sprechen im wissenschaftlichen Teil ihrer Berichte eine deutliche Sprache: «Wasserfliesswege sind definitionsgemäss ausgedehnte, zusammenhängende Strukturen, denn kleine isolierte Hohlräume können keinen Entwässerungspfad bilden. Es ist daher nicht möglich, sich aus einer einzelnen Bohrung ein Bild über den dreidimensionalen Verlauf der Wasserfliesswege zu machen.» (HSK, S. 53)

Für den Transport der Radionukleide in die Biosphäre ist auch die Beschaffenheit der Wasserfliesswege von grosser Bedeutung. Fliest das Wasser in Bruchzonen mit zerriebenem Gesteinsmaterial («Kakirite»), so werden viele Radionukleide vorübergehend an Mineraloberflächen gebunden. Damit wird ihr Eintritt in die Biosphäre erheblich verzögert. Fliessen hingegen das Wasser in geklüfteten Ganggesteinen, die ein bescheidenes Rückhaltevermögen aufweisen, ist dieser Verzögerungseffekt gering. Obwohl beide Fliesssysteme in den Bohrungen nachgewiesen wurden, präsentiert die Nagra in ihrem Bericht «Gewähr» nur Modellberechnungen mit den Kakiriten, die entsprechend tiefe Dosiswerte ergeben. Für die gleichen Modellrechnungen, aber mit geklüfteten Ganggesteinen als Fliessmodell erhielt die HSK gut 100000mal höhere Dosiswerte (siehe Abbildung 3, Seite 15, und Zitate, Seite 12). Dieses Beispiel zeigt die Willkür der Modellannahmen des Nagra-«Sicherheitsnachweises» und die enorme Bedeutung der noch viel zu wenig bekannten Wasserfliesssysteme. Selbst wenn diese sehr gut bekannt wären, bliebe eine grosse Unsicherheit, bedingt durch mangelnde Kenntnisse der Transport- und Reaktionsraten der Nukleide, die je nach Autor um das Zehn- bis Tausendfache schwanken.

**Risikoabschätzung = «Sicherheitsanalyse»**  
Mangels eines konkreten Standortes für die Lagerung hochradioaktiver Abfälle hat die Nagra eine Risikoabschätzung für einen Modellstandort mit den Eigenschaften der Bohrung Böttstein vorgenommen. Die Annahmen für diese Abschätzung sind so unrealistisch, dass es äusserst unwahrscheinlich ist, einen Standort mit den entsprechenden Eigenschaften zu finden. Nach den Modellannahmen der Nagra kommt Böttstein selbst nicht in Frage,

weil der Sicherheitsabstand von 1,5 bis 2 Kilometern zu grossen Bewegungszonen nicht eingehalten werden kann. Was nützen die günstigen Ergebnisse einer solchen Risikoanalyse, wenn der angemessene Standort nicht existiert? Jedenfalls kann eine solche Analyse nicht Grundlage eines verantwortbaren Entscheids über die sichere Entsorgung und Endlagerung hochradioaktiver Abfälle im kristallinen Untergrund der Nordschweiz sein.

## Niedrigaktive Abfälle – eine schwierige Standortsuche

Die Auswahl der anfänglich drei für die Lagerung von schwach- und mittelaktiven Abfällen vorgesehenen Sondierstandorte war geologisch nur oberflächlich begründet. Bei allen Projekten handelt es sich um Hochlager, die zwar kostengünstiger sind, in einem Störfall jedoch sehr kurze Fliesszeiten zwischen Endlager und Biosphäre aufweisen. Deshalb verlangte der Bundesrat einen vierten Standort. Hier sollten leicht voraussagbare Gesteinsverhältnisse herrschen. Ebenso sollten die Grundwasserverhältnisse leicht untersuchbar sein, und die Lagerzone sollte unterhalb der Talsohle zu liegen kommen («Tieflager»).

Um dieser Forderung nachzukommen, zeigt die Nagra in ihrer Broschüre «Nagra-aktuell» vom April 1987 neustens ein kombiniertes Hoch- und Tieflager, technisch perfekt gezeichnet, ausser begründet, das Eingangsportaal zur Auflockerung sogar mit einigen Tannen dekoriert (siehe Abbildung 4, Seite 18). Es fehlen einzig der zugehörige geologische Untergrund und die hydrogeologischen Randbedingungen.

Der geologische Untergrund im bisherigen Modellstandort Oberbauen ist nach der Aussage der Untergruppe Geologie (UG) ausserordentlich komplex. Die Ausdehnung der gewünschten schlecht wasserdurchlässigen Schichten ist ungewiss. Es besteht die Möglichkeit, dass Bruchzonen, durchlässigere Kalke sowie Schuppen anderer Gesteinseinheiten auftreten. So schreibt die UG: «Hydrogeologische Modellrechnungen sind zwar interessant, entsprechen der komplexen Wirklichkeit aber wenig, da sie z.B. allzu vereinfachende geometrische Verhältnisse voraussetzen mussten. Die Streubreite der Ergebnisse ist gross.» (S. 82/84)

Die neulich erfolgte Festlegung des vierten möglichen Atommüll-Endlagerstandortes im Kanton Nidwalden, Welenberg, ist wiederum nicht wissenschaftlich begründet, sondern von der politischen Wetterlage oder der Verkaufswilligkeit der Grundeigentümer bestimmt. Dass dieser neue Standort nicht dem Anforderungsprofil des Bundesrates entspricht, wurde von Rudolf Trümpler bestätigt, dem Präsidenten der Untergruppe Geologie der Agne und ehemali-

# Alternativen zur Endlagerung in der Schweiz

gleichsweise kleinen Mengen hochaktiven Abfalls, sondern auch am unverhältnismässig grossen Aufwand, ein sicheres Endlager in der Schweiz zu finden, und an der unverhältnismässigen Belastung der landeseigenen Infrastruktur (Buser & Wildi, 1981).

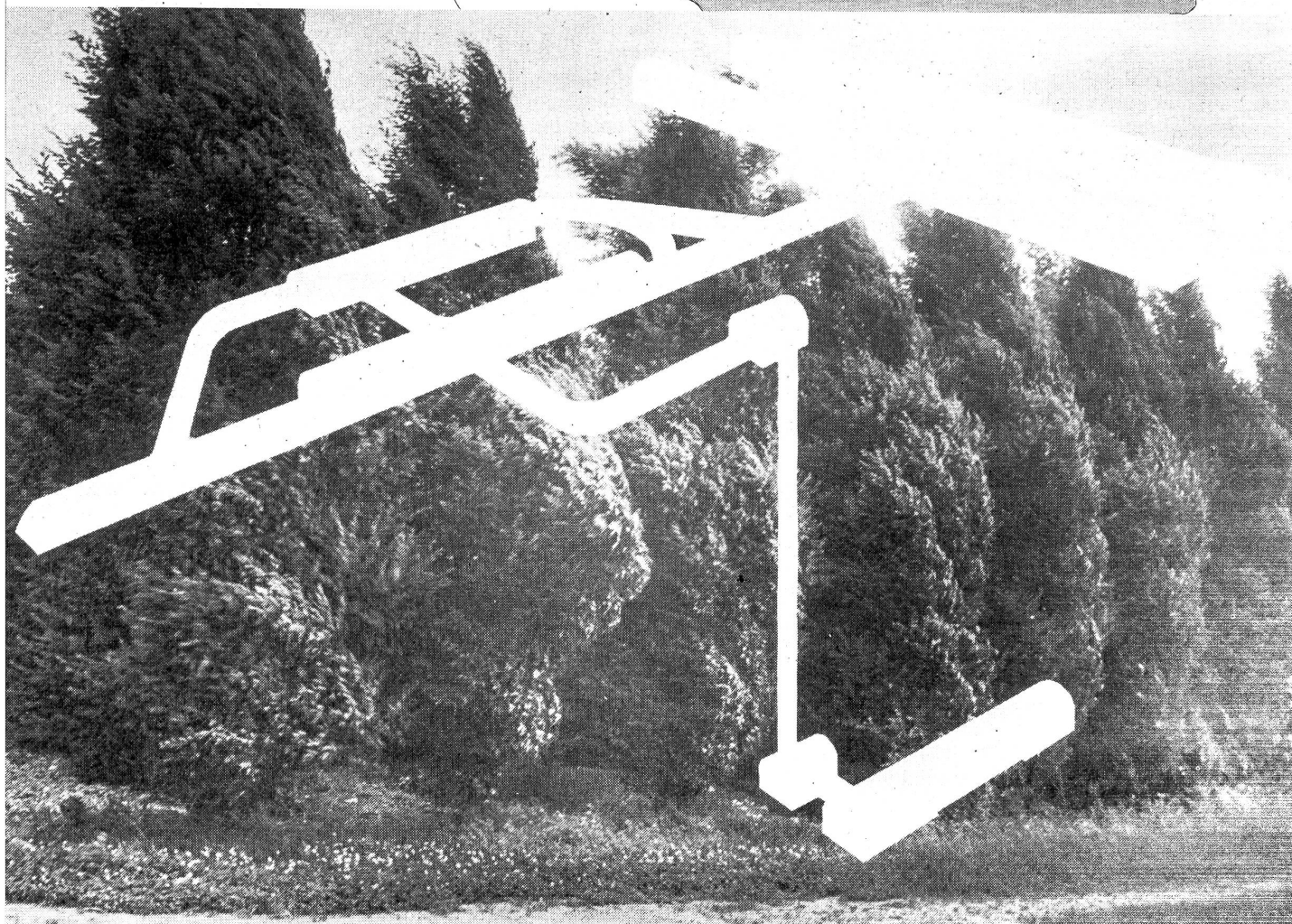
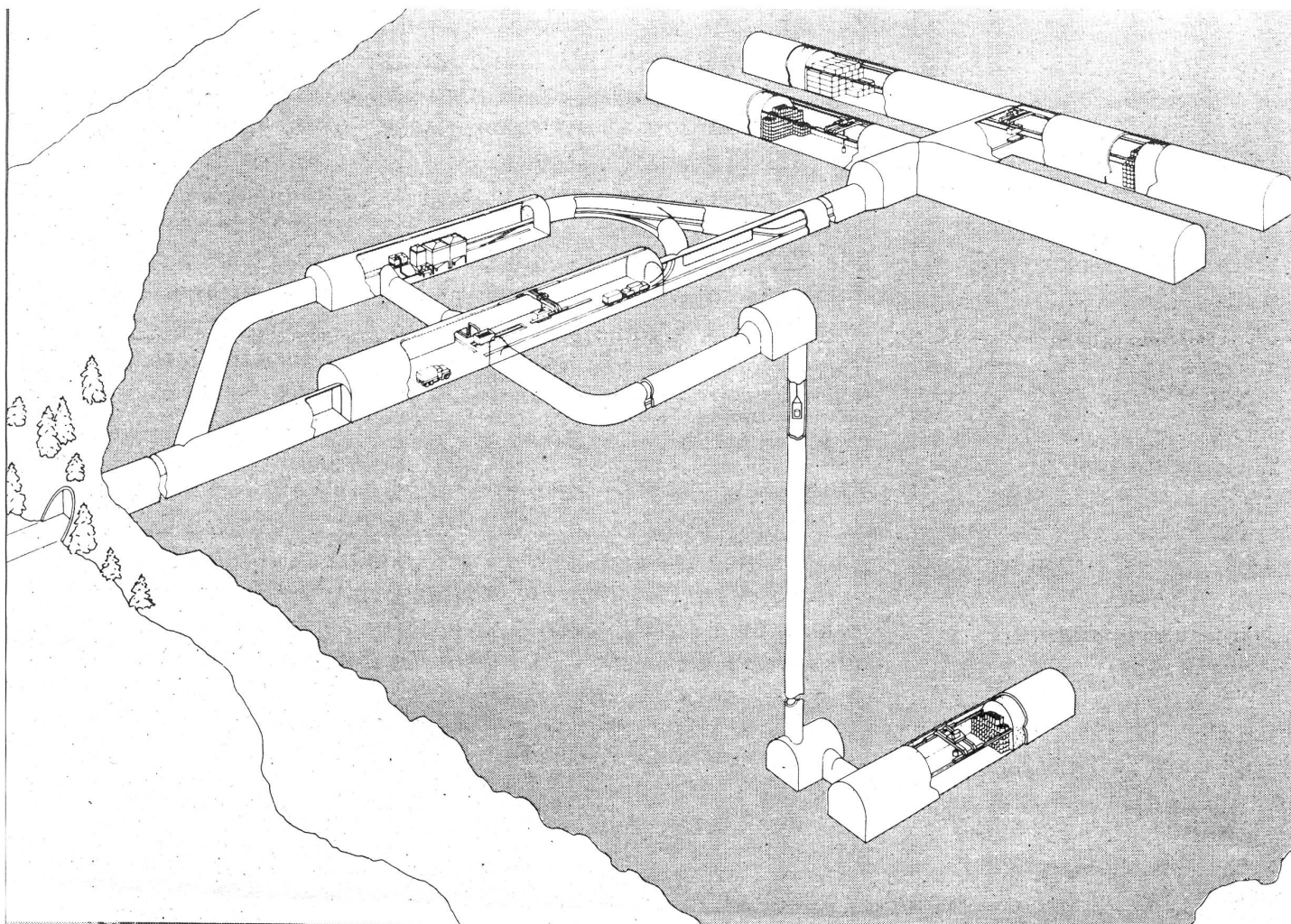
## Endlager unter dem Meeresboden

Die zurzeit einzige Alternative zum Konzept der Kavernenlagerung auf dem Festland, das International Seabed Disposal Program, will die Möglichkeit einer Müllbeseitigung in der Tiefsee untersuchen. Korrosions- und druckfeste Abfallbehälter sollen dabei etwa 30 Meter tief in die Sedimente eingebracht werden.

Voraussetzung für eine solche Lagerung sind dabei:

- genügend grosse (über 100 Quadratkilometer), geologisch ruhige und flache Tiefseegebiete ohne erhöhte Temperaturen im Untergrund
- genügend mächtige (über 70 Meter), feinkörnige über grössere Gebiete kontinuierliche Ablagerungen
- möglichst schlechte Wasserwegsamkeit und geringe Tätigkeit grabender Organismen (Bioturbation)
- Fehlen möglicher Rohstoffvorkommen im Bereich der Lagergebiete.





#### Abbildung 4

Darf's noch ein bisschen mehr sein?

**Lernfähigkeit oder -gehabte - Überstürzung.** So liesse sich die nebenstehende Zeichnung der Nagra auch betiteln (aus «Nagra-aktuell» vom April 1987). Einerseits zeigt sie, wie rasch die Nagra die bundesrätliche Forderung nach einem Tieflager für schwach- und mittelaktive Abfälle auf Papier umsetzen konnte (das nach rechts unten zeigende Lager wurde darauf bar jeder Geologie einfach zeichnerisch hinzugefügt), anderseits ist sie ein weiterer Beweis für die Planlosigkeit, mit der die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle mit auf Jahrzehntausende hochgiftigen Stoffen (noch auf dem Papier) umgeht.

gen Professor für Geologie an der ETH Zürich.

Beim genauen Durchlesen der Gutachten zum Nagra-Bericht fällt im wissenschaftlichen Teil das deutliche - negative - Urteil der Experten auf. In allen Gutachten wird betont, dass die Machbarkeit der sicheren Endlagerung vor allem der hochradioaktiven Abfälle in der Schweiz nicht nachgewiesen ist (Zitate auf Seite 12).

Die Bewertung der Nagra-Berichte durch die HSK-Gutachter erfolgte unter zwei Hauptgesichtspunkten:

1. Ist die Sicherheit eines Endlagers am untersuchten Referenzstandort gewährleistet? (Sicherheitsnachweis)

2. Gibt es genügend ausgedehnte Gesteinskörper mit den Referenzeigenschaften, und wenn ja, kann man sie finden? (Standortfrage)

Die erste Frage wird von den HSK-Experten basierend auf dem Referenzstandort Böttstein mit einem «bedingten Ja» beantwortet:

«Mit den Eigenschaften des Referenzstandortes ist die Sicherheit des C-Lagers nachgewiesen, falls

- kein erheblicher Nukleidtransport durch Kolloide stattfindet,
- zusätzliche Störfallanalysen keine unzulässigen Dosen ergeben,
- weitere Untersuchungen die Annahmen, die aufgrund bisheriger Kenntnisse getroffen wurden, bestätigen oder als eindeutig konservativ ausweisen.» (HSK, S. 92)

Wie unrealistisch aber die Böttstein-Modellannahmen sind, haben wir im vorhergehenden Kapitel aufgezeigt.

Die zweite Frage, ob sich ein Endlagerstandort finden lasse, der nicht nur lokal, sondern in einem für ein Endlager genügend grossen Gebiet all jene Eigenschaften aufweist, die für einen positiven Sicherheitsnachweis notwendig sind, ist nach den HSK-Experten weitgehend offen:

Die Aussicht auf eine erfolgreiche Standortsuche im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz wird von der HSK weit weniger optimistisch beurteilt als von der Nagra. Gründe dafür sind vorwiegend der neuentdeckte Permokarbon-Trog, welcher das mögliche Standortgebiet noch weiter einschränkt, die erhebliche Wasserführung und die schlechte Prognostizierbarkeit des Kristallins.

Zusammenfassend werden von den Wissenschaftlern der HSK zur «Gewähr» folgende Schlussfolgerungen gezogen: «Die Frage, ob das vorgelegte Projekt die gewünschte Gewähr für eine sichere Endlagerung der hochaktiven Abfälle zu erbringen vermöge, lässt sich in die zwei Hauptfragen der beiden vorangehenden Kapitel unterteilen; die Antworten seien hier nochmals kurz zusammengefasst. In der Frage des Sicherheitsnachweises mit den Eigenschaften der Referenzbohrung gelangte die HSK, mit eini-

gen Vorbehalten, zu einer vorsichtig positiven Antwort; die errechneten Auswirkungen eines Endlagers streuen je nach zugrundegelegten Annahmen über einen weiten Bereich, was darauf hindeutet, dass es heute noch zu früh ist für eine konkrete Antwort. Die Standortfrage ist vorerst noch offen; die Suche nach einem geeigneten Standort im kristallinen Grundgebirge der Nordschweiz ist nach der Ansicht der HSK schwierig, und ein Erfolg ist nicht garantiert. Da mithin die beiden Hauptfragen nur mit Vorbehalten oder gar nicht beantwortet sind, wurde noch nicht ausreichend nachgewiesen, dass die sichere Endlagerung der hochaktiven Abfälle unter Einhaltung der Schutzziele in der Schweiz machbar ist.» (HSK, S. 96)

Die sprachliche Formulierung entspricht der Beantwortung der gesetzlichen Frage, wie sie in der ursprünglichen Version der revidierten Fassung des Atomgesetzes enthalten ist.

Auch die Untergruppe Geologie der Agneb formuliert die Konsequenzen aus den Untersuchungsergebnissen der Nagra recht deutlich: «Die Hoffnungen, die auf das Kristallin der Nordschweiz als Wirtsgestein für C-Lager gesetzt wurden, sind nur teilweise erfüllt worden. Die Machbarkeit eines Endlagers im Kristallin der Nordschweiz ist heute noch nicht erwiesen.» (UG, S. 92)

Liest man die Zusammenfassungen der HSK- und KSA-Berichte am Ende der Abschnitte über B- und C-Lager, also die wenigen wichtigen Seiten, die auch von den Politikern gelesen werden, so realisiert man, dass vor allem durch das Wörtchen «noch» ein negatives Resultat, nämlich dass Gewähr heute nicht gegeben ist, zweckoptimistisch umgedeutet worden ist. Auf diese Weise beurteilt die HSK im zusammenfassenden Schlussbericht die Situation, trotz der Unmöglichkeit «Gewähr» geben zu können, sehr positiv.

Zu solch völlig unbegründetem Optimismus, zu dieser vereinfachten «Heute-noch-nicht»-Philosophie seien hier zwei Zitate gegeben: «Die wenigsten der erwähnten Arbeiten sind heute abgeschlossen, und neue werden hinzukommen; es ist das Zeichen eines noch jungen Forschungsgebiets, dass neue Erkenntnisse neue Fragen aufwerfen» (HSK, S. 91). Oder: «Die grosse Streubreite der Ergebnisse zeigt, dass es heute im Grunde genommen noch zu früh ist für Sicherheitsaussagen, die einen fundierten Entscheid über das konkrete, weitere Vorgehen in Richtung auf ein Ausführungsprojekt erlauben würden. In Zukunft wird es somit vor allem darum gehen müssen, die Ungewissheiten und damit auch die Konservativitäten der Sicherheitsanalysen durch verbesserte Kenntnisse abzubauen.» (HSK, S. 93)