

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 76 (1985)

Heft: 6

Artikel: Das Projekt Gewähr der Nagra

Autor: Issler, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-904584>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Das Projekt Gewähr der Nagra

H. Issler

Am 15. Februar 1985 hat die Nagra ihr Projekt Gewähr 1985 der Öffentlichkeit vorgestellt. Es zeigt, dass Endlager für radioaktive Abfälle in der Schweiz mit den heutigen Mitteln machbar sind und dass ihre Langzeitsicherheit gewährleistet ist. Der nachfolgende Beitrag gibt eine Übersicht über die Untersuchungen der Nagra und die dabei gewonnenen Erkenntnisse und stellt die weiter vorgesehenen Arbeiten vor.

Le 15 février 1985, la Cédra a présenté son projet «Garantie 1985» au public. Il montre qu'il est possible de réaliser en Suisse avec les moyens actuels des centres de stockage définitif pour les déchets radioactifs et que leur sécurité à longue échéance est assurée. L'article suivant donne un aperçu des recherches effectuées par la Cédra ainsi que des connaissances ainsi obtenues et présente les travaux ultérieurs prévus.

1. Ein Meilenstein für die Nagra

Die Gültigkeit der Betriebsbewilligungen der bestehenden schweizerischen Kernkraftwerke Beznau I und II, Mühleberg, Gösgen sowie Leibstadt nach dem 31. Dezember 1985 ist durch behördliche Auflagen an den Nachweis der dauernden, sicheren Entsorgung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle gebunden. Die Kernkraftwerk-Gesellschaften haben ein hierfür Gewähr bietendes Projekt auszuarbeiten und dem Bundesrat zur Begutachtung vorzulegen.

Die entsprechenden Untersuchungen und Arbeiten wurden durch die Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) geleistet. Das Projekt Gewähr 1985 ist in einem achtbändigen Bericht [1...8] beschrieben, die einzelnen Untersuchungen werden in separaten technischen Referenzberichten dokumentiert. Der Berichtsband [1] bildet eine für sich lesbare Projektübersicht, in der das Konzept der nuklearen Entsorgung dargestellt, der Inhalt der übrigen Berichtsbände resümiert und die Schlussfolgerungen aus dem Projekt Gewähr 1985 gezogen werden.

Die aus den behördlichen Anforderungen abgeleitete Hauptaufgabe des Projekts Gewähr 1985 kann durch drei Punkte umschrieben werden:

- Projekte mit dem notwendigen Detaillierungsgrad sollen die *technische Machbarkeit* der Endlager in der Schweiz belegen.
- Durch Sicherheitsanalysen soll quantitativ gezeigt werden, dass bereits aufgrund der heutigen Kenntnisse und der verfügbaren Technologie die Endlagerung aller Kategorien der radioaktiven Abfälle realisiert werden kann, ohne die Bevölkerung unzumutbaren Strahlenrisiken auszusetzen (*Nachweis der Langzeitsicherheit*).

- Die Werte der geologischen, hydrogeologischen und materialtechnischen Parameter sowie die Verhaltensweisen der Radionuklide in der Geo- und Biosphäre, die durch ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften gegeben sind und in die Sicherheitsanalyse eingehen, sollten *durch die Ergebnisse von eigenen oder fremden Untersuchungen untermauert* sein oder sonstwie dem Kenntnisstand der Technik und Wissenschaft entsprechen.

Der Nachweis der technischen Machbarkeit wird im Projekt Gewähr durch bautechnische Projektstudien geführt, der Nachweis der Langzeitsicherheit durch entsprechende Sicherheitsanalysen. Weil die Arbeiten der Nagra für ausführungsfähige Endlagerprojekte entsprechend ihrer Terminplanung dies noch nicht vorsehen, wurden für das Projekt Gewähr 1985 keine Endlagerstandorte bestimmt. Der Konkretisierung der bautechnischen Studien und der Sicherheitsanalysen wurden im Projekt Gewähr Modell-Datensätze zugrunde gelegt, die für denkbare künftige Standorte als repräsentativ gelten können. Sie präjudizieren die spätere Ausführung konkreter Lagerprojekte und die Standortwahl in keiner Weise.

2. Zwei Endlagertypen

Das Projekt Gewähr sieht entsprechend den gesetzlichen Forderungen vor, die radioaktiven Abfälle durch Endlagerung zu beseitigen. Die Endlager werden in geeigneten geologischen Formationen angelegt. Das oberste Gebot der Endlagerung ist die Gewährleistung der Langzeitsicherheit nach dem definitiven Endlagerabschluss. Massnahmen, welche die Langzeitsicherheit zugunsten anderer Kriterien (z.B. einer technisch einfachen Rückholbarkeit der Abfälle) beeinträchtigen würden, werden nicht

Adresse des Autors

Hans Issler, Geschäftsleiter der Nagra, Parkstrasse 23, 5401 Baden

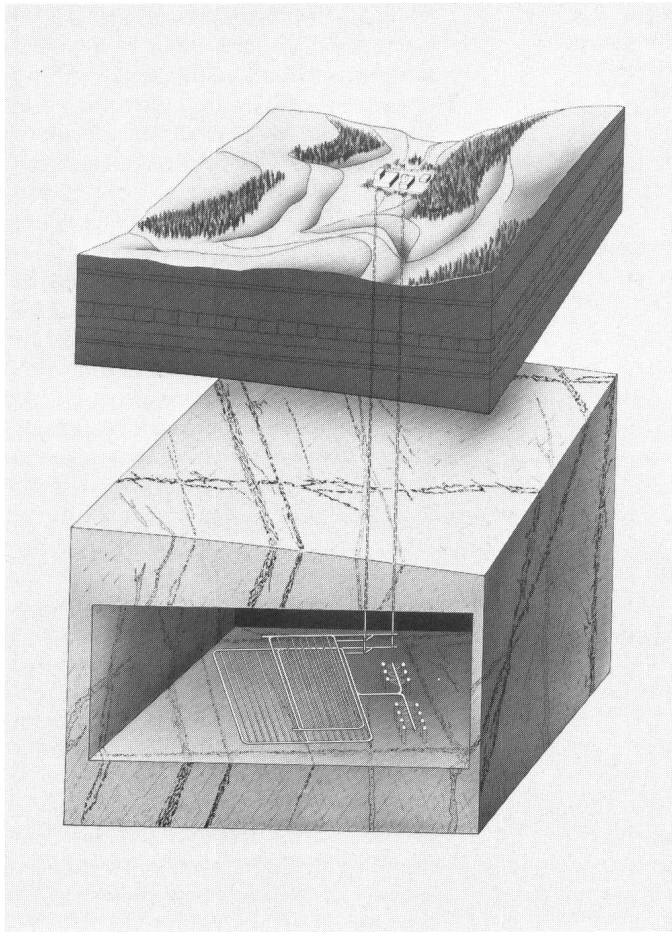


Fig. 1
Endlager für starkradioaktive Abfälle im Grundgebirge aus Granit und Gneis, 1200 Meter tief unter der Nordschweiz, wie es die Nagra im Projekt Gewähr 1985 vorsieht. Das Konzept erlaubt eine Anpassung des Stollensystems an die geologische Situation

disch in vertikalen Silos. Der gemeinsame Zugang zum Endlagerbereich führt durch zwei vertikale Schächte. Die Empfangsanlagen sind oberirdisch angeordnet (Fig. 1). Das Stollen- und Silosystem ist so konzipiert, dass es zu den erwartenden geometrischen Gegebenheiten potentieller Störungszonen im Wirtgestein in der Endlagertiefe ohne Zugeständnisse an die Langzeitsicherheit des Lagers angepasst werden kann. Die technischen Barrieren (s. Fig. 2) umfassen die Verfestigungsmatrix der Abfälle (HAA: Glas, MAA: Zement oder Bitumen), korrosionsfeste Stahlbehälter (nur HAA), Beton (nur MAA) sowie die Verfüllung der verbleibenden Hohlräume durch Bentonit und die Versiegelung der Zugangswege.

Allein der Stahlbehälter schliesst die Abfälle für über 1000 Jahre vollständig ein, also mindestens so lange, bis 99% der radioaktiven Stoffe zerfallen sind. Als besonders wirksam erweist sich die Bentonitverfüllung, welche die vollständige Isolation wichtiger Radionuklide am Lagerort über weitere hunderttausend Jahre gewährleistet. Viele Radionuklide können also das Nahfeld des Endlagers nicht verlassen, weil sie früher auf insignifikante Men-

vorgesehen. Neben den natürlichen (geologischen) Sicherheitsbarrieren kommen auch verschiedene künstliche (technische) Barrieren zum Einsatz.

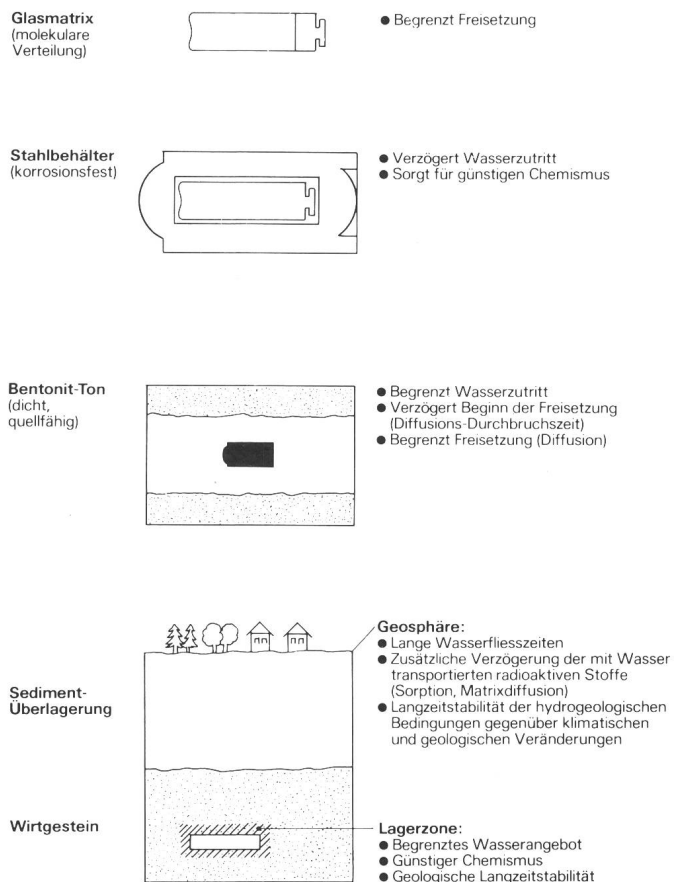
Das Projekt Gewähr 1985 sieht zwei Endlagertypen vor:

- **Endlager Typ C** für hochaktive und bestimmte alphahaltige mittelaktive Abfälle, und das
- **Endlager Typ B** für alle übrigen mittel- und schwachaktiven Abfälle

Die Abfälle werden anhand von genauen Zulassungsspezifikationen auf die zwei Endlagertypen verteilt. Die Zuteilungs- und Kontrollverfahren stellen sicher, dass keine Abfälle mit unzulässig hohen Aktivitätskonzentrationen im Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle eingelagert werden.

Das **Endlager Typ C** ist gemäss Projekt Gewähr 1985 rund 1200 m tief in einer stabilen Granitscholle zwischen grösseren Verwerfungen des Kristallinuntergrunds der Nordschweiz angelegt. Die Endlagerung der hochaktiven Abfälle (HAA) erfolgt unterirdisch in bergmännisch erstellten horizontalen Stollen. Die Endlagerung der mittelaktiven Abfälle (MAA) erfolgt unterir-

Fig. 2
Das System der Sicherheitsbarrieren für starkradioaktive Abfälle



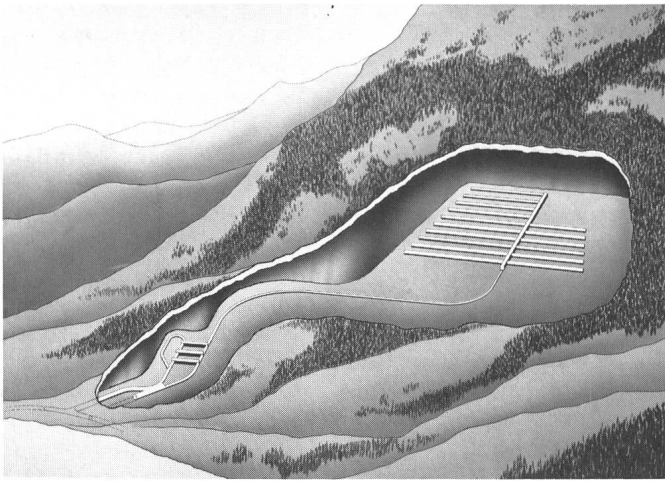


Fig. 3
Baukonzept eines
Endlagers für schwach-
und mittelradioaktive
Abfälle, wie es die
Nagra im Projekt
Gewähr 1985 vorsieht.
Links der unterirdische
Empfangsbereich,
in der Mitte der
Verbindungsstollen und
rechts die
Lagerkavernen

gen zerfallen, als sie durch den Bentonit hindurch in die umgebenden geologischen Formationen eindringen könnten.

Das *Endlager Typ B* ist gemäss Projekt Gewähr 1985 als ein bergmännisch erstelltes Kavernensystem mit Zugang durch horizontalen Stollen in einer alpinen Formation der Valanginien-Mergel angelegt (Fig. 3). Die Überdeckung beträgt mindestens 750 m. Die Einlagerung aller Abfälle erfolgt in normierten Endlagercontainern, in welche die kleineren Abfallgebilde in der Empfangsanlage umgeladen und mit Fließzement eingegossen werden (im Sinne einer «verlorenen Verpackung»).

Die technischen Barrieren umfassen die Verfestigungsmatrix der Abfälle (Zement, Bitumen oder Kunststoffe), die Umhüllung der Abfallfässer im Container durch Fließzement, den Betoncontainer, die Verfüllung der verbliebenen Lagerhohlräume mit Sonderbeton, die Betonauskleidung der Lagerkavernen und schliesslich die Versiegelung der Zugangswege bei Lagerverschluss (Fig. 4).

3. Ergebnisse der Sicherheitsanalysen

Die geologische und hydrogeologische Situation eines Endlagers vom Typ C wurde für die Belange der Sicherheitsanalysen im Projekt Gewähr 1985 durch einen Modell-Datensatz konkretisiert, der einer repräsentativen Situation entspricht, wie sie ausserhalb des sogenannten Permo-karbons in der Untersuchungsregion der Nagra, welche die Kantone Aargau, Schaffhausen, Solothurn und Zürich umfasst, angetroffen werden kann. Das Endlager wird dabei in

einer mehrere Kilometer breiten Granitscholle zwischen den grösseren Verwerfungen des Kristallinsockels angenommen. Der im Modell-Datensatz als reduzierend angenommene Chemismus der Grundwässer ist durch die Untersuchungsergebnisse abgesichert.

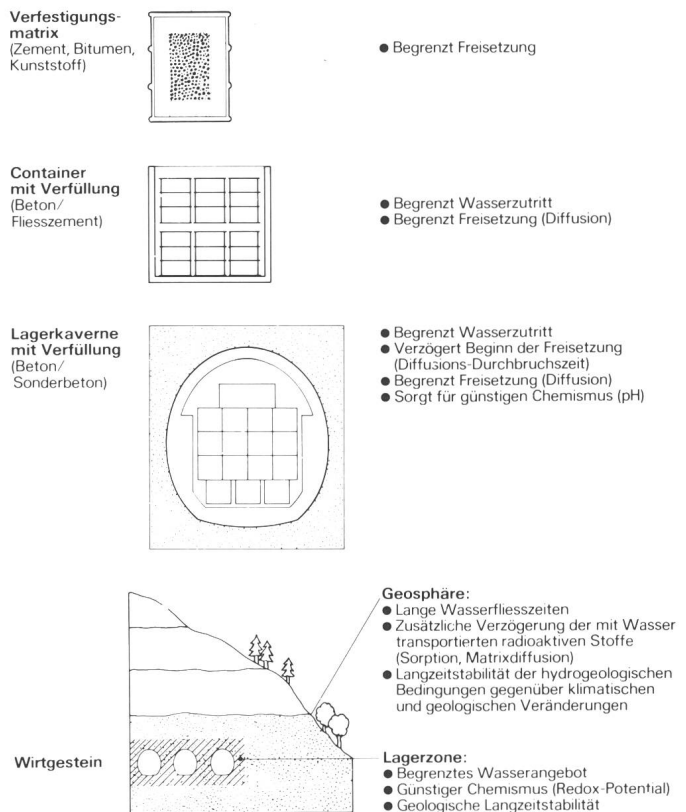
Der Modell-Datensatz geht von keinen idealisierten Annahmen aus, sondern von einer geologischen und hydrogeologischen Situation, deren Vorkommen lokal gesichert ist, auch wenn der endgültige Nachweis räumlich ausgedehnter Gebiete mit den modellierten Eigenschaften noch aussteht. Die eher konservativen Annahmen des Modell-Datensatzes lassen mit guter

Wahrscheinlichkeit erwarten, dass im Fortgang der vorgesehenen erdwissenschaftlichen Untersuchungen Standortgebiete mit dem gleichen oder einem anderen Wirtgestein angetroffen werden, welche den sicherheitstechnischen Anforderungen zumindest gleich gut entsprechen wie der Modell-Datensatz.

Dem für konkrete Sicherheitsberechnungen und für die bautechnische Projektstudie benötigten Datensatz für ein Endlager Typ B wurden im Sinne eines Modells die Verhältnisse vom Oberbauenstock zugrunde gelegt. Die erst später zu treffende Standortwahl für ein zu bauendes Endlager ist dadurch nicht präjudiziert. Sie kann erst nach der Auswertung der vorgesehenen umfassenden, in mehrere Phasen unterteilten Sondierarbeiten erfolgen.

Die Resultate der Sicherheitsanalysen bestätigen die Zweckmässigkeit des gewählten Systems der mehrfachen Sicherheitsbarrieren. Sie zeigen, dass die Langzeitsicherheit der Endlagerung der radioaktiven Abfälle im Endlager Typ B und C gewährleistet ist. Alle relevanten Vorgänge und Ereignisse führen auch unter konservativen, d.h. pessimistischen Annahmen zu einer Strahlenexposition des Menschen, die unter dem behördlich festgelegten Schutzziel von 10 mrem/Jahr liegt (vgl. Fig. 5 und 6).

Fig. 4
Das System der
Sicherheitsbarrieren
für schwach- und
mittelradioaktive
Abfälle



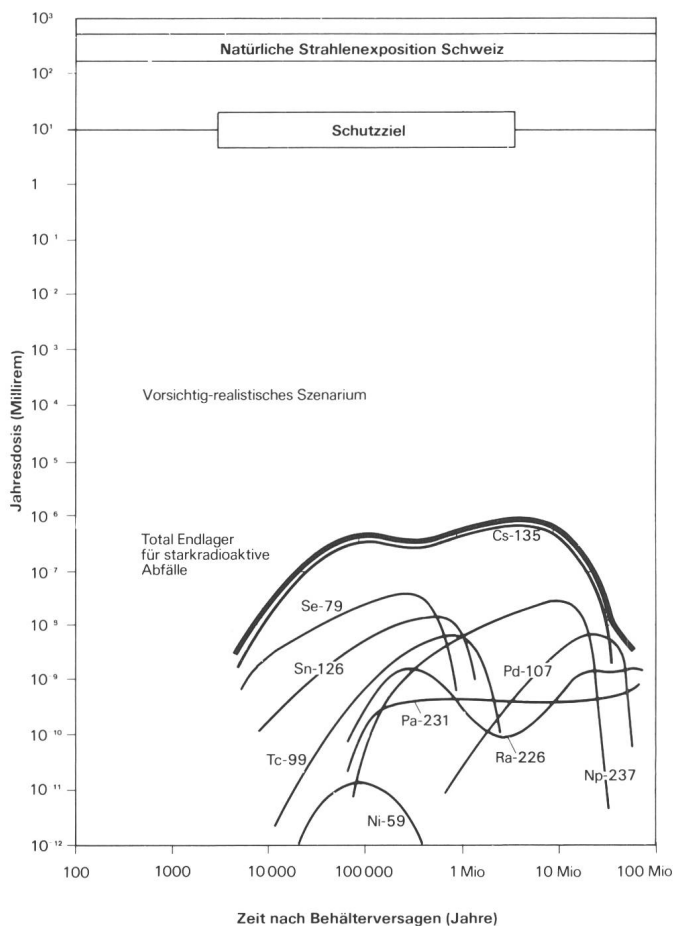


Fig. 5 Ergebnisse der Sicherheitsanalyse für ein vorsichtig-realistisches Szenarium für ein Endlager für starkradioaktive Abfälle. Die höchste jährliche Strahlendosis ist millionenfach kleiner als diejenige aus natürlichen Quellen

Auf dem – auch bildlich gesehen – steinigen Weg zur Realisierung einer Endlagerung stellt das Projekt Gewähr aber ein wichtiges Etappenziel dar. Das Erreichen eines Etappenziels zwingt aber auch zur Frage: Wie soll es weitergehen? Welche Projekte sind mit welchen Prioritäten und Terminvorstellungen weiterzuverfolgen?

4.1 Arbeiten im Zusammenhang mit dem Entsorgungsnachweis

Mit dem Vorliegen des Projektes Gewähr ist wohl das erstmal in unserem Lande dargelegt worden, wie hochgiftige Abfälle für genügend lange Zeiträume sicher von unserem Lebensraum ferngehalten werden könnten. Damit reiht sich die Schweiz in die Reihe jener Länder, welche in den letzten Jahren ähnliche Arbeiten für die Endlagerung radioaktiver Abfälle ausgeführt haben, z.B. mehrere Studien in den USA, entsprechende Projekte in Schweden und kürzlich auch solche in Deutschland. Diese Arbeiten beinhalten aber auch eine Verpflichtung zur periodischen Überprüfung der Konzepte und Aussagen entsprechend dem technologischen Fortschritt und allfälligen neuen geologischen Erkenntnissen.

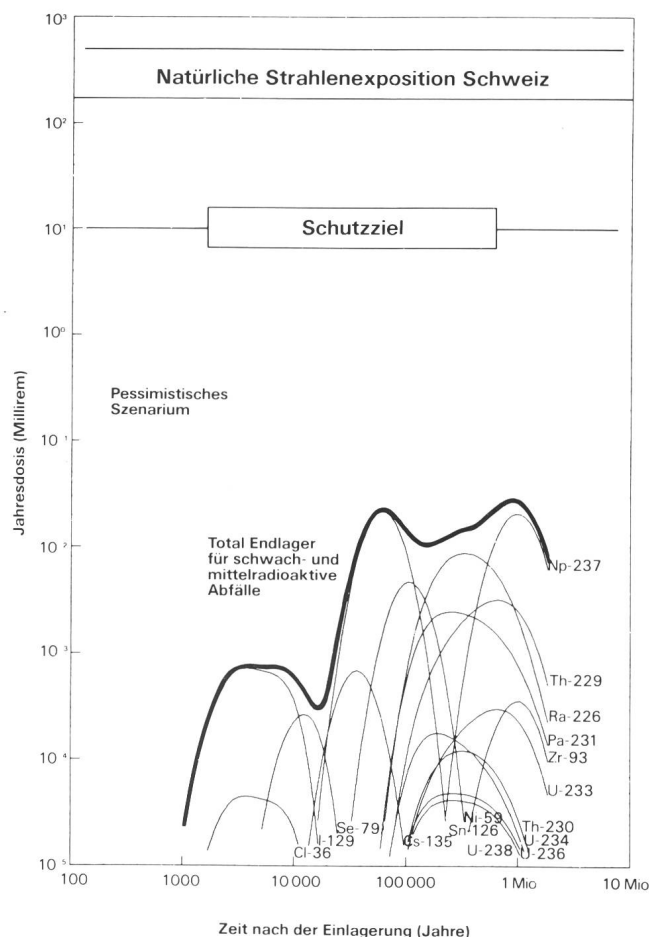
Sogar bei der extremen Annahme einer Freilegung des Endlagers Typ B durch die Erosion ergibt sich eine Radiotoxizität des entstehenden Bodens unter den natürlichen Werten. Die Festlegung der Modelle und der Eingabedaten der Sicherheitsanalyse entspricht den Ergebnissen speziell durchgeführter Untersuchungen bzw. dem Stand der Technik.

Die im Projekt Gewähr 1985 wiedergegebenen Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen der Nagra, die Sicherheitsanalysen und die bautechnischen Projektstudien erlauben somit die Schlussfolgerung, dass die Machbarkeit und Langzeitsicherheit der Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle in der Schweiz gewährleistet werden kann.

4. Wie geht es weiter?

Nach sechsjähriger Forschungsarbeit liegt der Bericht zum Projekt Gewähr nun vor; breit abgestützt, wissenschaftlich dokumentiert und jedermann zugänglich. Sind damit alle Fragen im Zusammenhang mit der Endlagerung radioaktiver Abfälle für die nächsten Jahre gelöst? Wohl kaum. Das Fernziel bleibt die Verwirklichung einer umweltgerechten Endlagerung.

Fig. 6 Ergebnisse der Sicherheitsanalyse eines ausgesprochen pessimistischen Szenariums für ein Endlager für schwach- und mittelradioaktive Abfälle. Als maximale Strahlendosis ergeben sich höchstens einige Hundertstel-Millirem pro Jahr



Aus wissenschaftlicher Sicht erscheint es uns deshalb selbstverständlich und durchaus sinnvoll, periodisch das Projekt Gewähr à jour zu bringen. Eine wesentliche Vertiefung der im nun vorliegenden Bericht gemachten Aussagen wird aber erst nach Vorliegen weiterer geologischer Sondierresultate möglich sein. Für das Projekt der hochaktiven Abfälle ist dies erst nach Abschluss und Auswertung der laufenden Sondierkampagne in der Nordschweiz möglich, d.h. etwa 1990, für das Projekt der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle erst nach Ausföhrung der beantragten Sondierarbeiten an den drei potentiellen Endlagerstandorten, d.h., es dürfte hier mit der Ausarbeitung eines Rahmenbewilligungsgesuches auf Ende der 80er Jahre zusammenfallen.

4.2 Arbeiten im Zusammenhang mit der Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

Schwach- und mittelradioaktive Abfälle liegen bereits heute in endlagerfähiger Form vor. Der Bereitstellung eines entsprechenden Endlagers steht aus technischer Sicht nichts im Wege. Die Inbetriebnahme dieses Endlagers ist deshalb ohne Verzug anzustreben.

Die Kenntnislücken betreffen hier vor allem die technische Optimierung des Endlagerprojektes sowie den Nachweis der geologischen Annahmen in den Sicherheitsanalysen für ein ausföhrungsreifes Lagerprojekt.

Aus 100 möglichen Standorten hat die Nagra in erster Priorität das Bois de la Glaive, den Oberbauenstock und den Piz Pian Grand ausgewählt, um dort Sondierungen durchzuführen.

Die diesbezüglichen Sondiergesuche wurden Ende 1983 beim Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement eingereicht. Der Entscheid des Bundesrates über die Bewilligung dieser Untersuchungen steht noch aus. Die Vorbereitungen der Nagra sind inzwischen so weit gediehen, dass ab Sommer dieses Jahres die Arbeiten an allen drei Standorten eingeleitet werden könnten. Der Verfolgung dieser Ausföhrungsprojekte kommt innerhalb der Nagra-Arbeiten erste Priorität zu (Fig. 7).

4.3 Arbeiten im Zusammenhang mit der Endlagerung starkradioaktiver Abfälle

In zweiter Priorität sollen die Untersuchungen im Hinblick auf ein Endlager für starkradioaktive Abfälle weitergeföhrt werden. Entsprechend

- Zwischenlagerung der S+MAA während 10-15 Jahren
- Weiterföhrung und Abschluss der Untersuchungen:
 - detaillierte geologische Standorterkundung am Bois de la Glaive/VD, Oberbauenstock/UR und Piz Pian Grand/GR (Phase 1 und 2) 1985-1988/89
 - gegebenenfalls Erkundungen alternativer Sondierstandorte
 - Rahmenbewilligungsverfahren, Bau und Inbetriebnahme 1989-1995

Fig. 7 Arbeitsplanung Endlager S+MAA

dem längerfristigen Realisierungszeitpunkt sind die vorliegenden technischen Projekte dem Fortschritt von Technik und Wissenschaft in den nächsten Jahrzehnten anzupassen. In bezug auf die Standortfrage ist insbesondere eine genügende räumliche Ausdehnung der geologischen Eigenschaften, welche in die Sicherheitsanalysen eingehen, zu bestätigen.

Im Hinblick auf die Endlagerung der starkradioaktiven Abfälle sind bisher in den Kantonen Aargau und Zürich 6 Kernbohrungen von 1300 bis 2500 m Tiefe durchgeföhrt worden. Sie gehören zum Forschungsprogramm, mit welchem die Nagra Gesteine, Tiefenwässer und mögliche Bewegungen im Untergrund eines 1200 Quadratkilometer grossen Gebietes der Nordschweiz untersucht. Wie bereits vorher im benachbarten Böttstein hat sich in der neuesten Bohrung im aargauischen Leuggern das Grundgebirge aus Granit und Gneis als sehr wasserdicht erwiesen. Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Nagra-Bohrungen.

Im erwähnten Untersuchungsgebiet hat die Nagra im weiteren Echolotungen mit schwachen künstlichen Erdbebenwellen entlang eines Netzes von 700 Kilometer Messlinien durchgeföhrt. Weitere Bohrungen sollen unter anderem in den Kantonen Schaffhausen und Solothurn in den nächsten Jahren abgeteuft werden. Die Wahl eines Endlagerstandortes ist für die neunziger Jahre geplant (Fig. 8).

- Zwischenlagerung der HAA während 30-40 Jahren
- Weiterföhrung und Abschluss der Untersuchungen:
 - Abschluss und Gesamtauswertung der regionalen geologischen Untersuchungen in der Nordschweiz (Phase 1) ca. 1987/88
 - Lokalisierung einer (oder mehrerer) potentieller Endlagerstandorte (Phase 2) 1988-1995
 - detaillierte Standorterkundung und Felslabor (Phase 3) 1995-2010
 - Inbetriebnahme Endlager ab 2020

Fig. 8 Arbeitsplanung Endlager HAA

4.4 Arbeiten zur internationalen Zusammenarbeit

Die relativ kleinen Mengen an hochaktiven Abfällen sprechen für eine gemeinsame Endlagerung im Rahmen internationaler Vereinbarungen – nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Überlegungen. Die Nagra wird deshalb ihre Mitarbeit an ausländischen und gegebenenfalls an internationalen Projekten in den kommenden Jahren fortsetzen. Die Möglichkeit politischer Hindernisse bedingt jedoch die vollständige Vorbereitung einer Endlagerungsoption in der Schweiz, wozu die Weiterföhrung der mittelfristigen Untersuchungsprogramme bis zur Möglichkeit der Standortwahl für Mitte der neunziger Jahre notwendig ist.

5. Zusammenfassung

Das Projekt Gewähr ist ein Zwischenziel auf dem Weg zur Verwirklichung von Endlagern. Es gibt eine Übersicht über die heutigen Kenntnisse und listet die Fragen auf, welche vor der Ausarbeitung ausföhrungsreifer Projekte noch beantwortet werden müssen. Die Abklärungen der Nagra, insbesondere die geologischen Sondierungen, werden nach 1985 weitergehen. Um sie mit der nötigen Gründlichkeit durchzuführen, steht genügend Zeit zur Verfügung.

Es darf nicht vergessen werden, dass bisher durch die kontrollierte Zwischenlagerung dieser Abfälle niemand zu Schaden gekommen ist. Im Sinne eines vorbeugenden Umweltschutzes wird dafür gesorgt, dass auch längerfristig Mensch und Umwelt durch die radioaktiven Abfälle in einem Endlager sicher geschützt bleiben. Als nutzniehende Generation der Anwendung von Radioisotopen in Forschung, Industrie und Medizin sowie der Energiegewinnung aus KKW sollten wir unsere diesbezügliche Verantwortung wahrnehmen. Die Genossenschafter der Nagra haben durch die bisher geleistete Pionierarbeit ihren Willen bekundet.

Literatur

- [1] Nukleare Entsorgung in der Schweiz: Konzept und Übersicht über das Projekt Gewähr 1985. Nagra NGB 85-01, 1985.
- [2] Radioaktive Abfälle: Eigenschaften und Zuteilung auf die Endlager-Typen. Nagra NGB 85-02, 1985.
- [3] Endlager für hochaktive Abfälle: Bautechnik und Betriebsphase. Nagra NGB 85-03, 1985.
- [4] Endlager für hochaktive Abfälle: Das System der Sicherheitsbarrieren. Nagra NGB 85-04, 1985.
- [5] Endlager für hochaktive Abfälle: Sicherheitsbericht. Nagra NGB 85-05, 1985.
- [6] Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle: Bautechnik und Betriebsphase. Nagra NGB 85-06, 1985.
- [7] Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle: Das System der Sicherheitsbarrieren. Nagra NGB 85-07, 1985.
- [8] Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle: Sicherheitsbericht. Nagra NGB 85-08, 1985.