**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt

**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

**Band:** 112 (1994)

**Heft:** 21

**Artikel:** Endlager für radioaktive Abfälle: Aspekte zur Beurteilung der Langzeitsicherheit

**Autor:** Zuidema, Piet

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-78452

**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:** 13.01.2026

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

*Sicherheit und Risiko*

# Endlager für radioaktive Abfälle

## Aspekte zur Beurteilung der Langzeitsicherheit

**Während der Assistenzzeit des Autors beim Jubilar waren die Arbeiten an der für die Kommission des SIA bereitzustellenden Weisung SIA 260 «Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken» (SIA 1982) unter der Leitung von Professor Jörg Schneider im Gange. Die damaligen Gespräche sowie die Diskussionen in der Vorbereitungsphase des Polyprojektes «Sicherheit und Risiko technischer Systeme» waren wertvolle Erlebnisse, welche direkt in die heutige, in diesem Artikel beschriebene Tätigkeit des Autors hineinfliessen.**

VON PIET ZUIDEMA, WETTINGEN

Elektrizität aus schweizerischen Kernkraftwerken ist für die Schweiz von grosser Bedeutung, werden doch in den heute vorhandenen Werken (Kapazität etwa 3 GWe) rund 40% der in der Schweiz konsumierten elektrischen Energie erzeugt. Der Betrieb der Kernkraftwerke sowie die Verwendung radioaktiver Materialien in Medizin, Industrie und Forschung verlangen jedoch Endlager für die dabei entstehenden radioaktiven Abfälle. In der Schweiz haben die Abfallerzeuger, die für die Entsorgung der radioaktiven Abfälle verantwortlich sind, die Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) mit der Aufgabe betraut, entsprechende Endlagerprojekte vorzubereiten. In der Schweiz ist die Endlagerung in geologischen Tiefenlagern vorgesehen; oberflächennahe Lager, wie sie für die meisten anderen zivilisatorischen Abfälle verwendet werden, stehen – im Gegensatz zu den Konzepten vieler anderer Länder – selbst für kurzlebige schwachaktive Abfälle nicht zur Diskussion. In der Schweiz sind *zwei Endlagertypen* vorgesehen [5]: das eine für hochaktive (HAA) und langlebige mittelakive Abfälle (LMA) und das andere für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA). Wegen der kleinen Abfallmengen ist eine Inbetriebnahme des Endlagers für HAA/LMA vor Mitte des nächsten Jahrhunderts nicht notwendig; die Inbetriebnahme des Endlagers für SMA ist kurz nach dem Jahr 2000 geplant. Wegen des aus Gründen der verzögerten Bewilligungen schleppenden Fortschrittes der *Standortcharakterisierung* sind zum heutigen Zeitpunkt weder für das SMA- noch für das HAA/LMA-Endlager die notwendigen Daten vorhanden, um die endgültige Endlager-Auslegung vorzunehmen. Die entsprechenden Arbeiten sind noch voll im Gange.

### Der Einfluss behördlicher Kriterien auf das Vorgehen bei der Realisierung von Endlagern

Bevor ein Endlager gebaut bzw. in Betrieb genommen werden kann, muss nachgewiesen werden, dass es sicher ist. Zu diesem Zweck müssen Sicherheitskriterien formuliert werden, einerseits für die radiologische Sicherheit während des Betriebs des Endlagers (wobei auch potentielle Störfälle abzudecken sind) und andererseits für die *radiologische Langzeitsicherheit* in der Nachbetriebsphase. Im gegenwärtigen Stadium der Projektierung mit Schwerpunkt auf der Standortfestlegung bzw. -bestätigung ist die Sicherheit in der Nachbetriebsphase von prioritärer Bedeutung, denn sie hängt zumindest teilweise von den Standorteigenschaften ab. Die Sicherheit des Betriebes kann durch eine geeignete Anlagenauslegung praktisch an jedem Standort gewährleistet werden. Aus diesem Grunde wird in vorliegendem Artikel nur die Langzeitsicherheit diskutiert.

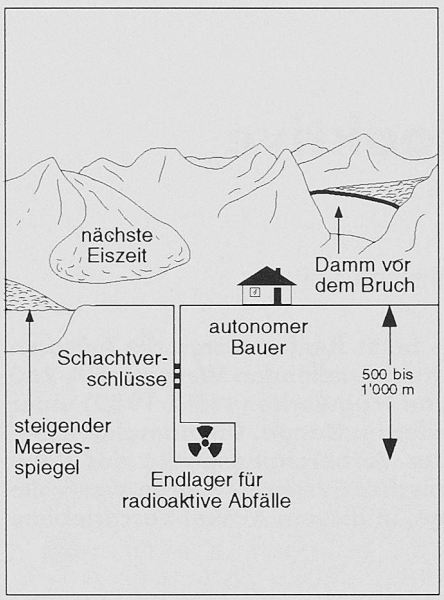
### Schutz gegenüber Radioaktivität – ein Thema nicht nur für die Endlagerung

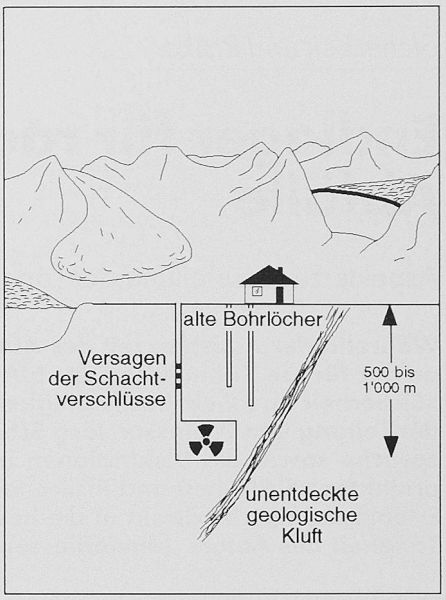
Der Mensch ist der ionisierenden Strahlung infolge natürlicher Strahlung, medizinischer Anwendungen und Verwendung entsprechender Materialien in der Industrie ausgesetzt. Das Bewusstsein um die Notwendigkeit von Schutzzielen ist schon seit Beginn der Verwendung ionisierender Strahlung für medizinische Zwecke vorhanden [2]. Zu Beginn lag der Schwerpunkt darauf, direkt sichtbare Auswirkungen der Strahlung zu vermeiden. Später wurden spezielle Organisationen (wie beispielsweise die International Commission on Radiological Protection, ICRP, oder die United Nations Scientific Commitee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR) gegründet zwecks Untersuchung der Auswirkung der ionisierenden Strahlung und Erarbeitung einer Systematik von *Grenzwerten* für zulässige Strahlenexpositionen. Die dabei erarbeiteten Empfehlungen wiederspiegeln den Fortschritt im Verständnis in den biologischen Grundlagen der strahlenbedingten Gewebebeschädigung. Heute vorhandene Kenntnisse bezüglich der Auswirkungen ionisierender Strahlung sind weit entwickelt, und es stehen Methoden zur Bewertung der ionisierenden Strahlung und zur (behördlichen) Regelung des Umgangs mit ihr zur Verfügung.

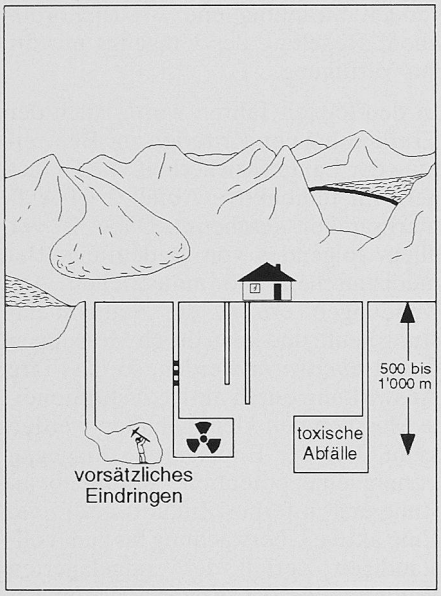
In den letzten Jahren wurde auch der Erarbeitung von Kriterien zur Beurteilung der Langzeitsicherheit von Endlagern für radioaktive Abfälle viel Aufmerksamkeit geschenkt. Dabei ist vor allem folgendes von Bedeutung: Bei medizinischen und industriellen Anwendungen erfolgt die Stahlenbelastung heute und kann durch Messungen direkt *überwacht* werden, so dass ihre Auswirkung durch aktive institutionelle Massnahmen klein gehalten werden kann. Bei der Endlagerung hingegen könnte eine potentielle Strahlenbelastung erst in ferner Zukunft auftreten. Eine aktive Überwachung bis zum vollständigen Zerfall der endgelagerten Radionuklide ist wegen der langen Zeiträume nicht machbar. Dies bedeutet, dass die Sicherheit der Endlager durch *passive Massnahmen* gewährleistet werden muss und nicht von institutionellen Regelungen abhängen darf.

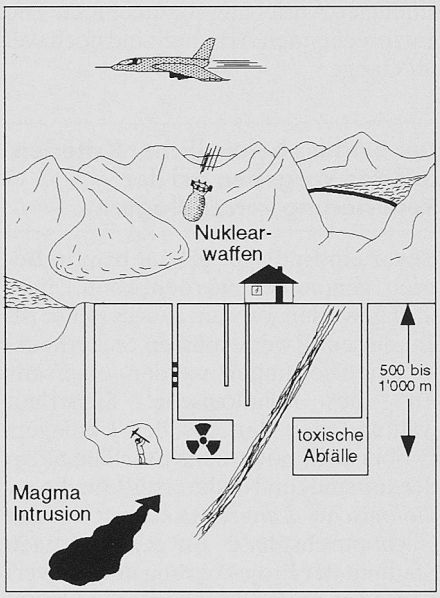
In der internationalen Fachwelt besteht generelle Einigkeit, dass die in ferner Zukunft nicht auszuschliessende zusätzliche Strahlenbelastung als Folge eines Endlagers klein sein muss – die zulässigen Werte liegen im internationalen Vergleich im Bereich zwischen 0.1 und 1 Millisievert pro Jahr (mSv/a) für ein Individuum der kritischen Gruppe (Bevölkerungsgruppe, die sich bezüglich Strahlenexposition zum ungünstigsten Zeitpunkt am ungünstigsten Ort aufhält). Dieser Wertebereich ist zu vergleichen mit der Summe der Strahlenbelasung aus anderen Quellen, die in der Schweiz im Mittel bei 5 Millisievert pro Jahr liegt. Davon entfallen etwa 3½ Millisievert auf natürliche Quellen (Radon, kosmische Strahlung, externe und interne Bestrahlung). Dies zeigt, dass die angestrebte Limite streng ist.

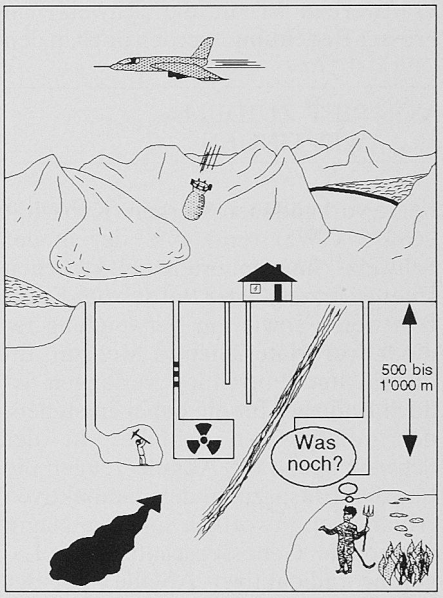
*Bild 1. Wie vorsichtig müssen Sicherheitsanalysen sein? Was sind realistischerweise anzunehmende Prozesse, die sicherheitstechnisch relevante Auswirkungen haben können? Die Grafiken geben einen Überblick über die zunehmend konservativen Szenarien, die in Sicherheitsanalysen radioaktiver Abfälle Eingang finden.*




## Spezifische Richtlinien für die Bewertung der Endlagersicherheit

Obschon die vorher diskutierten Überlegungen zum Schutz des Menschen vor ionisierender Strahlung die anerkannte internationale Basis bilden, unterscheiden sich die *nationalen Richtlinien* untereinander doch beträchtlich. Es besteht beispielsweise kein allgemeiner Konsensus darüber, für welche Zeitspanne der Nachweis zu erbringen ist; in verschiedenen Ländern wird eine Zeitspanne von 10 000 Jahren vorgegeben, während in anderen Ländern (wie der Schweiz) der Nachweis für alle Zeiten zu erbringen ist. Auch bezüglich des Detaillierungsgrades unterscheiden sich die Vorgaben in den verschiedenen Ländern. In den USA enthalten die zur Zeit gültigen Richtlinien der Sicherheitsbehörden Grenzwerte für die einzelnen Komponenten des Endlagers wie minimale Einschlusszeit der Radionuklide innerhalb der technischen Barrieren, maximale Freisetzungsraten aus den technischen Barrieren oder minimale Grundwasserfliesszeiten. Diese *komponentenspezifischen* Vorgaben legen die Auslegung des Endlagers mehr oder weniger fest und nehmen damit dem Projektanten einen grossen Teil der Flexibilität für die optimale Anpassung des Projektes beispielsweise an die standortspezifischen Eigenschaften.

Im Gegensatz dazu haben die schweizerischen Sicherheitsbehörden (die Hauptabteilung für die Sicherheit von Kernanlagen des Bundesamtes für Energiewirtschaft, HSK) in ihrer Richtlinie zur Langzeitsicherheit nur *Schutzziele für das Gesamtsystem* festgelegt [4]. Die Richtlinie verlangt, dass «die Freisetzung von Radionukliden aus einem verschlossenen Endlager infolge realistischerweise anzunehmender Vorgänge und Ereignisse zu keiner Zeit zu jährlichen Individualdosen führen (soll), die 0.1 mSv überschreiten». (Schutzziel 1) bzw. dass «das aus einem verschlossenen Endlager infolge seltener ... Vorgänge und Ereignisse zu erwartende Todesfallrisiko für eine Einzelperson zu keiner Zeit ein Millionstel pro Jahr übersteigen (soll)». (Schutzziel 2).

Die in Schutzziel 1 festgelegte Dosislimite von 0.1 mSv/a ist sehr streng und liegt deutlich unterhalb der heutigen Strahlenbelastung in der Schweiz (nach [1], etwa zwischen 1 und 10 mSv/a) und ist auch kleiner als der Schwankungsbereich der natürlichen Strahlenbelastung. Im Vergleich zu Risiken aus anderen menschlichen Tätigkeiten [3] ist auch die in Schutzziel 2 vorgegebene Risikolimite streng. (In diesem Zusammenhang ist die Frage der Risiko-Akzeptanz zu erwähnen, die beispielsweise von der Risiko-Wahrnehmung geprägt wird. Dieser Themenkreis wurde unter anderem an der von Professor Schneider organisierten Tagung «Risiko und Sicherheit technischer Systeme» diskutiert [6].

Zusätzlich zu den Sicherheitsüberlegungen hält die Richtlinie auch fest, dass die Verantwortung für die sichere Endlagerung bei der heutigen, nutzniessenden Gesellschaft liegt und diese die Aufgabe der Entsorgung nicht auf zukünftige Generationen überwälzen soll. Dieser Grundsatz ist auch in einem Schutzziel verankert, das verlangt, dass Endlager so ausgelegt werden müssen, dass sie «... innert einiger Jahre verschlossen werden können», und dass «nach dem Verschluss eines Endlagers keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit erforderlich sein (sollen)». Die in den schweizerischen Richtlinien formulierten Schutzziele sind allgemein und gewähren dem Projektanten eine genügende Flexibilität für die Realisierung einer optimalen Lösung.

## Der Sicherheitsnachweis

Weltweit verlangen alle behördlichen Richtlinien einen überzeugenden quantitativen Nachweis, dass das erforderliche Sicherheitsniveau für das gewählte Endlagersystem eingehalten werden kann. Dieser Nachweis basiert auf Daten bezüglich der einzulagernden Abfälle, der technischen Barrieren und der Standorteigenschaften, insbesondere der Geologie. Die quantitative Beurteilung der Sicherheit eines Endlagersystems beinhaltet:

- *eine Szenarienanalyse*
- *eine Konsequenzanalyse*
- *eine Interpretation der Resultate*

Die Szenarienanalyse führt zur qualitativen Beschreibung und quantitativen Definition der verschiedenen durchzuführenden Rechenfälle, die sogenannten *Szenarien.* (Die Grundidee der Festlegung von Szenarien ist auch in der Weisung SIA 260 [7] enthalten und wird unter dem Begriff «Gefährdungsbilder» behandelt.) Für jedes Szenarium müssen alle relevanten Komponenten des Systems festgelegt sowie die Sequenz der in diesem System ablaufenden Prozesse und Ereignisse, welche die Entwicklung des Systems und seine Eigenschaften beeinflussen könnten, definiert werden (vgl. Bild 1). Die Konsequenzen für alle so festgelegten Szenarien werden – je nach Bedeutung des Szenariums (d.h. je nach Eintretenswahrscheinlichkeit bzw. Tragweite der Konsequenzen) – in mehr oder weniger grossem Detaillierungsgrad untersucht.

Die Sicherheitsanalysen verlangen wegen der Diversität der benötigten Daten ein iteratives interdisziplinäres Vorgehen, bei dem neben den Sicherheitsanalytikern auch Geologen und Ingenieure involviert sind. Bei diesem iterativen Vorgehen kann es in der Anfangsphase eines Endlagerprojektes durchaus vorkommen, dass eine Änderung der Endlagerauslegung für notwendig erachtet wird, um unerwünschte Szenarien auszuschliessen oder um einen übermässigen Aufwand für die Abklärung einer spezifischen Frage zu vermeiden. (Dies ist ähnlich dem in der Weisung SIA 260 vorgeschlagenen Vorgehen zur Festlegung von Massnahmen, mit denen Gefährdungen begegnet werden soll; wie z.B. «Umgehen der Gefährdung durch Änderung der Bauwerkskonzeption».)

Bei der Sicherheitsanalyse wird in der Regel ein realistisches (bzw. vorsichtg konservatives) Vorgehen gewählt, bei dem alle wichtigen Phänomene zu berücksichtigen sind. Häufig ist es jedoch bei einem solchen Vorgehen sehr schwierig, mit absoluter Sicherheit nachzuweisen, dass für die zu berücksichtigenden Zeithorizonte die berechneten Konsequenzen für «... realistischerweise anzunehmende Vorgänge und Ereignisse...» nicht unterschätzt werden. Deshalb werden in der Sicherheitsanalyse die realistischen Berechnungen mit einem «robusten» Nachweis ergänzt, bei dem die zuverlässig nachweisbare Barrierenwirkung des Systemverhaltens untersucht wird.

Bei einem sogenannt *robusten Nachweis* werden alle sich potentiell negativ auswirkenden Phänomene explizit diskutiert, während von den günstig wirkenden Phänomenen nur diejenigen berücksichtigt werden, deren Funktion gut verstanden und deren Wirken als zuverlässig vorausgesetzt werden kann. Für die nicht vollständig verstandenen Phänomene werden konservative Annahmen getroffen. Die Erfahrung zeigt, dass mit diesem Vorgehen, wo man sich nur auf diejenigen Phänomene abstützt, die gut bekannt sind und auf allgemein anerkannten Prinzipien der Wissenschaft basieren, für entsprechend ausgelegte Endlagersysteme eine genügende Sicherheit nachgewiesen werden kann. Diese Art des Nachweises – eine Grenzwertbetrachtung («bounding type of analysis») – für die Beurteilung der Endlagersicherheit wird als genügend zuverlässige Basis betrachtet, um über den weiteren Projektfortschritt entscheiden zu können.

Die Nachvollziehbarkeit des Sicherheitsnachweises ist eine Voraussetzung für die Akzeptanz von Endlagerprojekten. Deshalb ist die *Dokumentation* der Grundlagen und Annahmen für die Analysen und die transparente Darstellung der Resultate ausserordentlich wichtig. (Auch in der Weisung SIA 260 wird auf die Bedeutung einer entsprechenden Dokumentation hingewiesen, in welcher für komplexe Bauwerke die Aufstellung eines «Sicherheitsplanes» vorgeschlagen wird, der die festgelegten Gefährdungsbilder enthält, für welche die Tragsicherheit gewährleistet sein muss.)

## Abfallinventare und Endlagerkonzepte

Radioaktive Abfälle entstehen bei der Energieerzeugung in Kernkraftwerken und in Medizin, Industrie und Forschung. In den Kernkraftwerken entstehen Betriebsabfälle; ebenso führt die Wiederaufarbeitung (recycling) des abgebrannten Brennstoffs und der spätere Abbruch der Kernkraftwerke zu radioaktiven Abfällen.

Zur Erarbeitung von Endlagerkonzepten werden die Abfälle in der Regel in vier Kategorien eingeteilt:

- schwachaktive Abfälle
- mittelaktive Abfälle mit vorwiegend kürzerlebigen Isotopen
- schwach- und mittelaktive Abfälle mit einem grossen Anteil an langlebigen Isotopen, insbesondere Aktiniden
- hochaktive Abfälle.

Diese Kategorisierung berücksichtigt das relative Gefährdungspotential der Abfälle, welches für die schwachaktiven Abfälle während Hunderten von Jahren signifikant ist, während es für die hochaktiven Abfälle während Zehntausenden von Jahren anhält. Alle Abfälle müssen so beseitigt werden, dass der Mensch und seine Umwelt zu keiner Zeit gefährdet werden. Dies kann mit folgendem Konzept erreicht werden:

☐ Während einer limitierten Periode werden die Abfälle im Endlager *vollständig eingeschlossen.* Während dieser Zeit kann zumindest ein Teil der (kurzlebigen) Nuklide weitgehend zerfallen.

☐ Anschliessend an die Periode des vollständigen Einschlusses wird die Freisetzung der längerlebigen Nuklide sowohl durch das System der *technischen Barrieren* als auch durch die umgebende Geologie begrenzt.

☐ Nach einer genügend langen Zeit, wenn die meisten der Nuklide praktisch vollständig zerfallen sind, wird auch der Transportwiderstand der technischen Barrieren nicht mehr benötigt und die *Geologie alleine* genügt, um die Freisetzung der noch vorhandenen Nuklide in die Umwelt auf kleine Werte zu beschränken.

Mit einem Endlagersystem, das auf diesen Prinzipien basiert, lässt sich die Freisetzung von Nukliden auf Werte begrenzen, die zu keiner Zeit zu einer si-

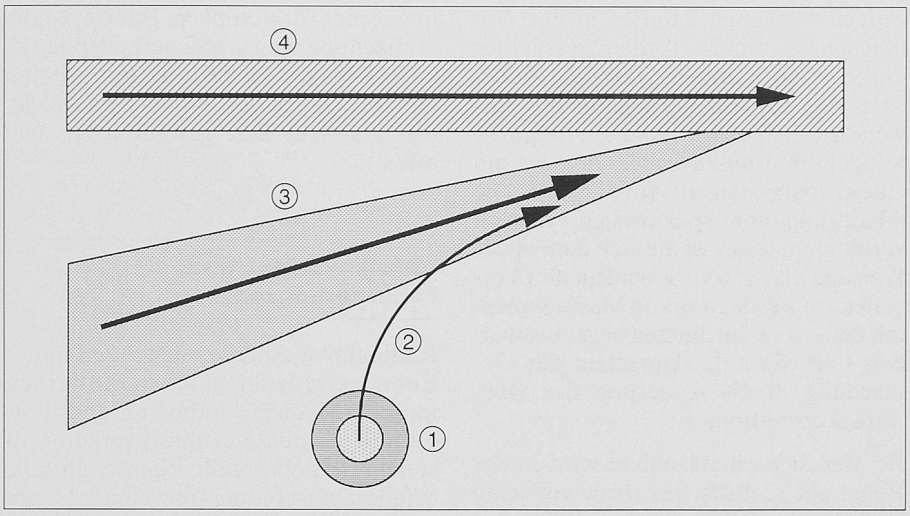



*Bild 2. Wichtige Komponenten eines geologischen Endlagersystems: – 1. Das Nahfeld. Die Freisetzung aus dem Nahfeld wird bestimmt durch die Eigenschaften der technischen Barrieren, den Grundwasserfluss, die Grundwasserchemie. – 2. Die Geosphäre. Die Wirksamkeit des Nuklidtransports durch die Geosphäre wird positiv beeinflusst durch lange Transportzeiten (kleine Grundwasserfliessraten, Nuklidrückhaltung), Rückhalteprozesse sowie Dispersion, die zu einer Verschmierung der Freisetzung und zu einer Reduktion der Nuklidkonzentrationen führen. – 3. Verdünnung in geologischen Formationen (Aquifere) – 4. Verdünnung in der Biosphäre (quartäre Grundwasserleiter, Flüsse, Seen).*

gnifikanten Erhöhung der Radioaktivität in der Umwelt führen werden. Die quantitativen Anforderungen an die Einschlusszeit und an die Lebensdauer der technischen Barrieren hängt von der Art der Abfälle und von der Geologie des betrachteten Standortes ab.

Deshalb werden wie bereits erwähnt für die verschiedenen Arten von Abfällen zwei verschiedene Endlagertypen benötigt:

☐ Ein Endlager im tiefen Untergrund (Tiefe zwischen rund 800 bis 1200 m unter Terrainoberfläche) für die hochaktiven und langlebigen mittelaktiven Abfälle. Für dieses Endlager untersucht die Nagra sowohl den kristallinen Sockel in der Nordschweiz als auch sedimentäre Wirtgesteine im schweizerischen Mittelland (Opalinuston bzw. Untere Süsswassermolasse).

☐ Ein Endlager im Bergesinnern, bestehend aus einem Kavernensystem mit horizontalem Zugang (Überlagerung 300 bis 500 m) für die schwach- und mittelaktiven Abfälle. Die Nagra hat diesen Sommer die Wahl des Wellenbergs (Kt. Nidwalden) als Standort für die Realisierung dieses Endlagers angekündigt.

## Die grundsätzlichen Eigenschaften eines geologischen Endlagers

Die anfänglich angestrebte vollständige Isolation der radioaktiven Abfälle und die Sicherstellung von kleinen Freisetzungsraten in die Umwelt für die nachfolgende Periode wird durch ein System von technischen und geologischen Barrieren gewährleistet (vgl. Bild 2), wobei beide für die Langzeitsicherheit wichtig sind.

Die technischen Barrieren des Endlagers bestehen aus drei Komponenten. Die radioaktiven Abfallstoffe werden in einer *Abfallmatrix* immobilisert. Als Material kommt für die hochaktiven Abfälle Glas und für die schwach- und mittelaktiven Abfälle Zement, Bitumen bzw. Polymere zur Anwendung. Die Abfallmatrix ist in einen *Zusatzbehälter* verpackt. Für die hochaktiven Abfälle ist ein Stahlgussbehälter vorgesehen, der einen vollständigen Einschluss für mindestens 1000 Jahre gewährleisten soll. Für die schwach- und mittelaktiven Abfälle ist gegenwärtig keine Verpackung mit Langzeit-Barrierenwirkung vorgesehen. Die Behälter werden von *Verfüllmaterial* umgeben. Für die hochaktiven Abfälle ist dies hochverdichteter Bentonit, für die schwach- und mittelaktiven Abfälle ein Spezialmörtel.

Die Geologie um die Endlagerstollen hat die Aufgabe, nach dem Verschluss des Endlagers als physische Barriere die technischen Barrieren vor übermässigen Beeinträchtigungen zu schützen und die Freisetzung der Abfallstoffe in die Umgebung zu beschränken. Der Beitrag der Geologie zur Langzeitsicherheit kann wie folgt zusammengefasst werden:

☐ Die Geologie schützt das Endlager (technische Barrieren und Abfall) vor den Einflüssen des Menschen und den oberflächennahen natürlichen Prozessen (Tunnelbauten, Sabotage, Erosion). Die Anordnung des Endlagers in der Tiefe minimiert auch die Einwirkung extremer Ereignisse wie beispielsweise schwere Erdbeben.

☐ Die Anordnung des Endlagers in einem tektonisch wenig aktiven Gebiet gewährleistet die mechanische Integrität der technischen und der geologischen Barrieren über lange Zeiten.

☐ Die Anordnung des Endlagers in einer hydrogeologisch günstigen Situation, welche sich durch kleine Wasserflüsse und wenig aggressive Grundwässer auszeichnet, begünstigt die Rückhaltung der radioaktiven Stoffe im Endlager und sorgt für eine genügende Langzeitbeständigkeit der technischen Barrieren.

☐ Die Rückhaltung der Radionuklide in den technischen Barrieren und in der Geologie führt dazu, dass der grösste

**Literatur**

[1] BAG 1992: Radioaktivität der Umwelt in der Schweiz. Bericht für das Jahr 1991, Bundesamt für Gesundheitswesen, Abt. Strahlenschutz, Bern, 1992.

[2] *Caufield, C.:* Multiple exposures, Chronicles of the radiation age, Secker & Warburg, London, 1989.

[3] *Fritzsche, A.F.:* Die Gefahrenbewältigung in einem gesellschaftlichen Spannungsfeld – Standortbestimmung und Ausblick. In: «Risiko und Sicherheit technischer Systeme – auf der Suche nach neuen Ansätzen». J. Schneider (Ed.), Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 1991.

[4] HSK 1993: Schutzziele für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. Richtlinie für Kernanlagen R-21. Eidg. Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen (KSA) und Hauptabt. für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), Villigen, 1993.

[5] Nagra 1992: Nukleare Entsorgung Schweiz – Konzept und Realisierungsplan. Nagra Technischer Bericht NTB 92-02. Nagra, Wettingen, 1992.

[6] *Schneider, J.:* Die Gefahrenbewältigung in einem gesellschaftlichen Spannungsfeld – Standortbestimmung und Ausblick. In: «Risiko und Sicherheit technischer Systeme – auf der Suche nach neuen Ansätzen». J. Schneider (Ed.), Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin, 1991.

[7] SIA 1982: Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken. Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA), Dokumentation 260, N 5148-11, Sept. 1982.

Teil der radioaktiven Isotope zerfällt, bevor sie die Biosphäre erreichen. Die Freisetzung der verbleibenden Nuklide kann damit nur zu einer vernachlässigbaren Erhöhung der Radioaktivität in der Umwelt führen.

## Schlussbemerkungen

☐ Die Methodik für die Beurteilung der Langzeitauswirkungen eines Endlagers für radioaktive Abfälle ist vorhanden. Die wichtigsten Einflussgrössen für die zu erwartende Sicherheit sind bekannt und erlauben es, zielgerichtet die notwendigen Feld- und Laboruntersuchungen durchzuführen.

☐ Es bestehen Kriterien, welche eine wissenschaftlich ausgewogene Bewertung einer in ferner Zukunft nicht auszuschliessenden Nuklid-Freisetzung aus Endlagern erlauben. Die heute vorhandenen Kriterien basieren auf wissenschaftlichen Grundlagen aus dem Gebiet des Strahlenschutzes.

☐ Die sehr strengen behördlichen Schutzziele verlangen aufwendige Endlagerkonzepte, wie sie heute für konventionelle Abfälle kaum realisiert werden können. Solch aufwendige Lösungen sind möglich, da die bei der Verwendung der Kernenergie anfallenden Abfallmengen klein und die für die Realisierung notwendigen Geldmittel vorhanden sind.

☐ Die Realisierung von Entsorgungsprojekten ist eine interdisziplinäre Aufgabe, die nicht nur technische, sondern auch sozialpolitische Aspekte zu berücksichtigen hat. Letztere werden wegen der mangelnden Akzeptanz – mit der neben der Endlagerung auch viele andere nationale Aufgaben zu kämpfen haben – je länger desto wichtiger und dementsprechend auch vermehrt berücksichtigt. Diesbezügliche Untersuchungen laufen auch im Rahmen des Polyprojektes «Sicherheit und Risiko technischer Systeme».

Adresse des Verfassers: Dr. *Piet Zuidema*, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra), Hardstrasse 73, 5430 Wettingen.

## Persönlich

# Jörg Schneider – zum 60sten

Lieber Jörg,

Du wirst 60. Mit etwas Phantasie, z.B., wenn ich Dich und mich zusammenzähle und das Resultat vor Dein Alter setze, erhalte ich die «magische» Zahl 260, für mich ein Angelpunkt in unserer Bekanntschaft. Seit wann kennen wir uns? Ich weiss es nicht genau. Es muss wohl in der Zeit gewesen sein, in der die SIA-Kommission 160 «Belastungsannahmen» sich vor der Schwierigkeit sah, für die Festlegung von Lasten und Einflüssen gewisse Prinzipien aufzustellen. So wurde unter Deiner Leitung 1979 die Kommission 260 «Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken» gebildet. Bis deren Weisung 260 vom CC am 1.Oktober 1982 verabschiedet werden konnte, gab es Arbeit, Auseinandersetzungen, Klarstellungen, Gegenargumente und auch «Niederlagen». Das ist alles Geschichte. Die Erkenntnisse sind umgesetzt in unsere heutige Normengeneration und haben, beinahe unbemerkt, auch in die internationale Normung Eingang gefunden.

Aber wie die Klarheit im Denken ist Dir auch die Klarheit im Wort wichtig. Mit einer kleinen Gruppe von Kollegen aus Deutschland und Österreich, so schön «DACH-Gruppe» genannt, auch wenn wir nur fast auf dem Dach oder dem Gipfel der Erkenntnisse waren, einigten wir uns auf eine gemeinsame deutsche Sprachregelung für die wichtigsten Begriffe der Tragwerksnorm, die die ISO 8930 nur englisch, französisch und russisch festlegte, und hatten das Glück, sie in der Schweiz als einheitliche Grundlage für unsere neue Norm verwenden zu können.

Damit auch in Zukunft Klarheit herrscht für alle, die mit den neuen Richtlinien SIA 462 die Tragfähigkeit bestehender Bauwerke bestimmen wollen (und somit wissen müssen, welche Regeln früher galten), hast Du vorgeschlagen, alle Tragwerksnormen seit der ersten eidgenössischen Verordnung im 1892 gesammelt zu publizieren. Also auch hier wieder Deine Handschrift in dem in den nächsten Wochen erscheinenden Band.

Aber nicht nur die Tragwerksnormen hast Du beeinflusst. Nach Abschluss der Revision der Leistungs- und Honorarordnungen im Jahr 1984 blieb noch der Rekurs der Kommissionen der Tragwerksnormen übrig. Diese wollten eine Leistungsordnung, unabhängig von den Berufen. Das CC bat Dich, die Leitung einer kleinen Gruppe zu übernehmen, um einen Weg in die Zukunft zu zeigen. Die «Groupe de réflexion» hielt es für sinnvoller, statt einer Einzellösung im Bereich der Ordnungen dem SIA den Spiegel vorzuhalten, Mängel und Schwächen aufzuzeigen, deren Behebung es erst ermöglichen sollte, eine Arbeit wie die geforderte in Angriff zu nehmen. Der Bericht der «Groupe de réflexion» löste eine Welle aus (nicht nur von Begeisterung), liess den SIA seine Struktur überprüfen und überdenken, und vieles, was seit seiner Publikation im März 1986 sich ereignete, hat seinen Ursprung im damaligen kritischen Bericht.

Darum benütze ich den 26.Mai, Deinen 60. Geburtstag – auch hier ist die eingangs erwähnte Zahlenkombination 260 etwas versteckt enthalten –, um Dir dafür zu danken, was Du uns allen gegeben hast, nämlich Deinen ganzheitlichen Einsatz für Klarheit, sei es in der Berufsausübung, der Lehre und in der Freundschaft, für mich das Wichtigste. Und auch im Namen des Central-Comité möchte ich Dir einen Kranz, einen Lorbeerkranz, winden, zum Dank dafür, dass Du den SIA nie auf seinen Lorbeeren hast ausruhen lassen.

*Caspar Reinhart*

PS: Und da ein Lorbeerkranz lange hält, freue ich mich auf viele weitere Jahre der Zusammenarbeit.