

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 105 (1987)
Heft: 21

Artikel: Endlager für radioaktive Abfälle: bautechnische Realisierung am Beispiel eines Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle
Autor: Gassner, Rolf / Nold, Andreas L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76597>

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: 11.01.2026

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

Endlager für radioaktive Abfälle

Bautechnische Realisierung am Beispiel eines Endlagers für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle

Von Rolf Gassner und Andreas L. Nold, Baden

Durch behördliche Auflagen ist die Gültigkeit der Betriebsbewilligungen der bestehenden schweizerischen Kernkraftwerke nach dem 31. Dezember 1985 an den Nachweis der dauernden, sicheren Entsorgung und Endlagerung der radioaktiven Abfälle gebunden. Die Kernkraftwerk-Gesellschaften hatten 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 und liegen im Rahmen des Projektes Gewähr 1985 vor.

Die aus den behördlichen Anforderungen abgeleitete Hauptaufgabe des Projektes Gewähr bestand neben dem Nachweis der Langzeitsicherheit in der Belegung der Machbarkeit der Endlager in der Schweiz mit den heute vorhandenen technischen Mitteln. Dabei soll der dem Projekt Gewähr 1985 zugrunde liegende geologische, hydrogeologische und materialtechnische Modell-Datensatz untermauert sein durch die Ergebnisse von eigenen und fremden Untersuchungen. Der Nachweis der technischen Machbarkeit wird im Projekt Gewähr durch bautechnische Projektstudien geführt.

Der vorliegende Artikel befasst sich mit der Darlegung der konzeptionellen Grundsätze, den Anlagen und den Einrichtungen und dem bautechnischen Vorgehen bei der Realisierung des Endlagers.

Obwohl der Standort für ein später zu erstellendes Endlager für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle noch nicht festgelegt ist und erst nach Abschluss von laufenden und geplanten umfangreichen Abklärungen wird bestimmt werden können, müssen sowohl für die Sicherheitsbetrachtungen als auch für das Bauprojekt konkrete Annahmen getroffen werden. Für das Projekt Gewähr 1985 wurden im Sinne eines geologischen, hydrogeologischen und bautechnischen Modell-Datensatzes auf Grund der Kenntnisse aus dem Bau des Seelisbergtunnels die Verhältnisse des im Rahmen eines ausgedehnten Auswahlverfahrens festgelegten Sondiergebiets Oberbauenstock (Kt. Uri) berücksichtigt.

Diese Festlegung bildet kein Präjudiz für die spätere Wahl desjenigen Endlagerstandorts, für welchen zu gegebener Zeit – nach der Auswertung der vorgesehenen umfassenden, in mehrere Phasen unterteilten Sondierarbeiten – ein Rahmenbewilligungsgesuch eingereicht wird. Die Beschreibung der Topographie, des Lagerzugangs, der Lagerzone usw. ist stets nur im Sinne von Modellannahmen zu verstehen.

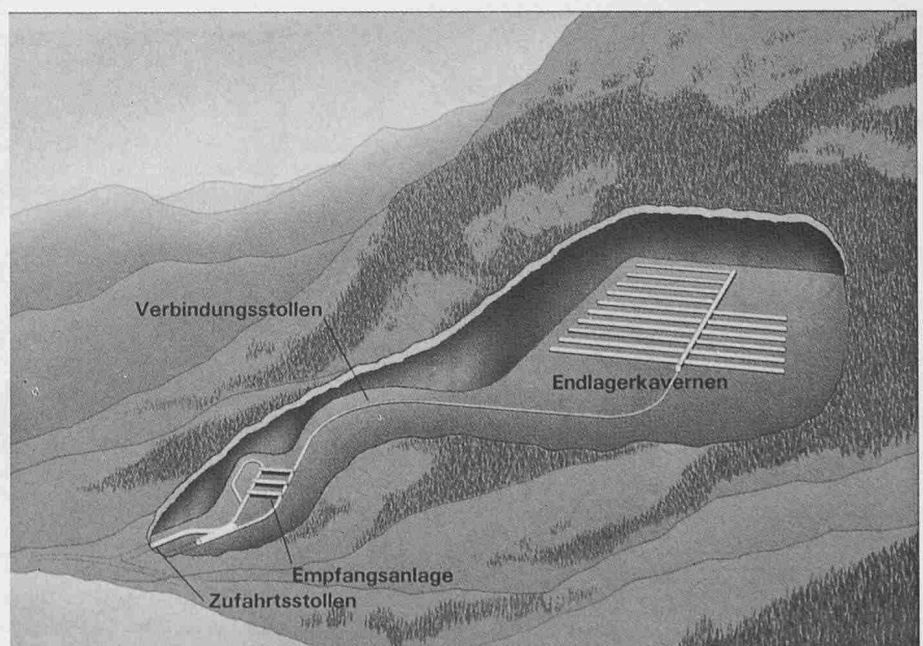
Die Lagerzone liegt gemäss Modell-Datensatz im Bereich des als Oberbauenstock bezeichneten etwa 2000 Meter hohen Bergmassivs westlich des Urnersees und südwestlich des Dorfes Bauen (Bild 3). Bild 1 zeigt eine perspektivische Übersicht der Anlagenteile des Endlagers.

Die Bauwerke befinden sich in zwei verschiedenen tektonischen Einheiten,

nämlich im Nordlappen der Axen-Decke und in der Drusberg-Decke. Bild 2 zeigt ein Längsprofil durch die geologischen Formationen auf Stollenniveau. Ausgehend vom Portal liegen der Zufahrtsstollen, die Empfangsanlage und der erste Teil des Verbindungsstollens in verschiedenen Formationen des Nordlappens der Axen-Decke. Die anschliessenden Anlagenteile, wie der Rest des Verbindungsstollens und die Lagerkavernen, befinden sich in den Valanginienmergeln der Drusberg-Decke.

Diese Formationen wurden während des Baus des Seelisbergtunnels und der

Bild 1. Perspektivübersicht der Anlagen des Endlagers



dazu gehörenden Lüftungskaverne Huttegg durchfahren. Ihre Lage und Mächtigkeit sind dadurch in der Nähe der vorgenannten Bauten gut bekannt.

Konzeptionelle Grundsätze

Das Endlager für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle ist im Projekt Gewähr 1985 durch folgende wesentliche Aspekte bezüglich seiner Anlage und des Betriebsablaufs charakterisiert:

□ Die Endlagerung erfolgt in unterirdischen Felskavernen mit Zugang durch horizontalen Stollen. Die Empfangsanlage ist ebenfalls unterirdisch angeordnet.

□ Das Lager ist so konzipiert, dass nach seinem Verschluss auf Wartung und Unterhalt verzichtet werden kann und trotzdem die Gewähr einer hohen Langzeitsicherheit geboten ist.

□ Die Überwachung und Kontrolle des Lagers während der Einlagerung und der sukzessiven Verfüllung der Lagerkavernen ist gewährleistet. Vor dem definitiven Verschluss des Endlagers erfolgt die sicherheitstechnische Auswertung von Langzeit-in-situ-Ver suchen.

□ Das System der Sicherheitsbarrieren umfasst:

- Verfestigungsmatrix der Abfälle (vor allem Zement, Bitumen und Kunststoffe),
- Umhüllung der Abfallfässer im Container durch Fließzement,
- Betoncontainer,
- Verfüllung der verbliebenen Lagerhöhlräume mit Sonderbeton,
- Betonauskleidung der Lagerkavernen,

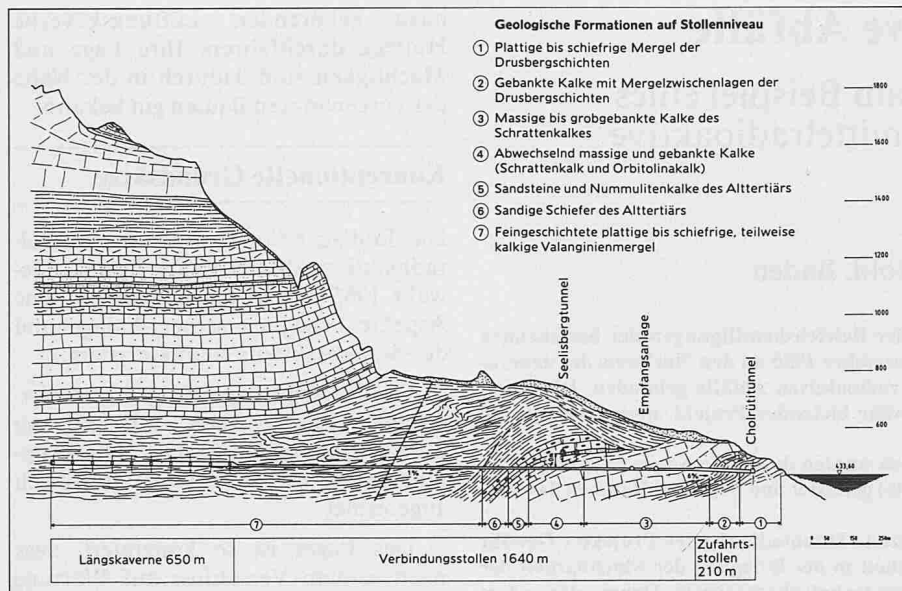


Bild 2. Längsprofil durch das Endlager

- Versiegelung der Zugangswege bei Lagerverschluss und
- geologische Schichten bzw. Formationen.

Die Abfälle werden im konditionierten Zustand (in der Verfestigungsmatrix eingeschlossen) angeliefert, alle übrigen technischen Barrieren werden beim Bau, Betrieb und Verschluss des Endlagers erstellt.

□ Die Einlagerung aller Abfälle erfolgt in normierten Endlagercontainern, in welche die kleineren Abfallgebinde in der Empfangsanlage umgeladen und mit Fließzement eingegossen werden (im Sinne einer «verlorenen Verpackung»), was den Transport zwischen der Empfangsanlage und den Lagerkavernen und die fernbediente

Stapelung der Abfälle in den Lagerkavernen bedeutend vereinfacht (= Monolith-Konzept).

□ Die verfestigten und bereits in Grosscontainern eingefüllten Abfälle aus der Stilllegung der Kernkraftwerke werden in der Empfangsanlage nicht umgeladen. Die Stilllegungscontainer werden – nach entsprechender Eingangskontrolle – direkt in die Lagerkavernen transportiert und dort eingelagert.

□ Es besteht die Möglichkeit der Unterteilung der Abfälle in mehrere Toxizitätsklassen zur optimalen Ausnutzung des Sicherheitspotentials des Endlagers durch die Einlagerung von Abfällen höherer Toxizität in Lagerbereichen mit längeren potentiellen Migrationswegen in die Biosphäre.

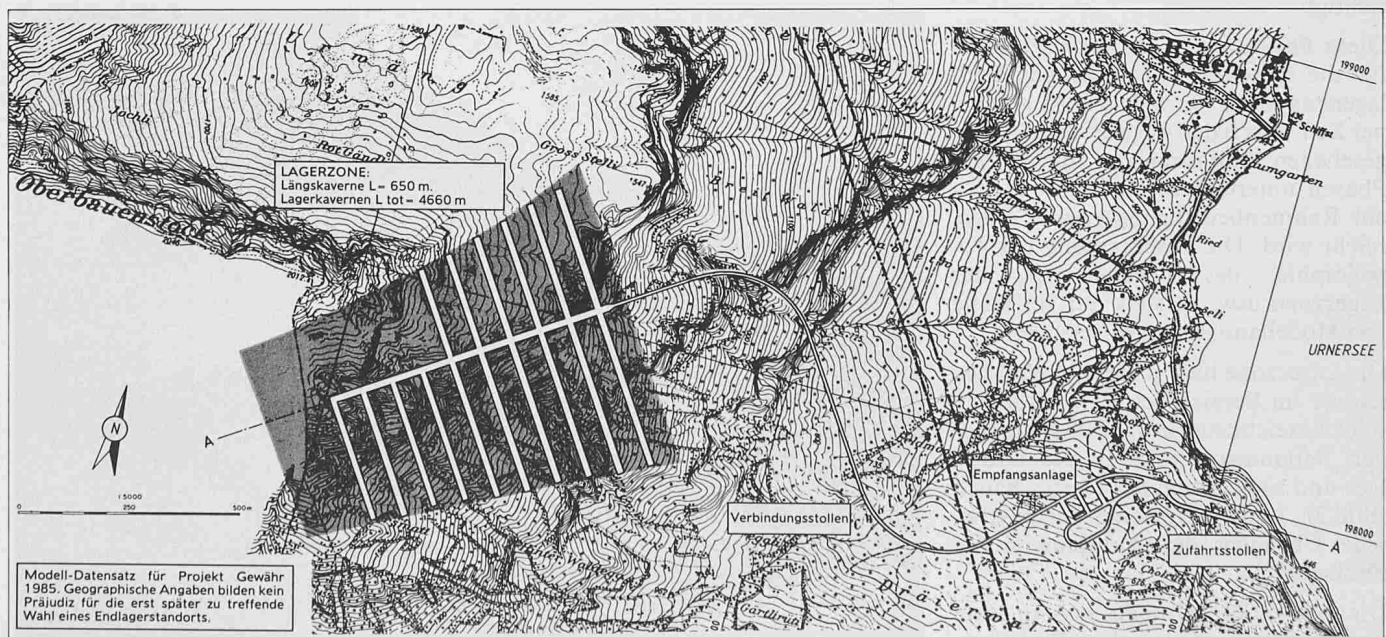
□ Die angelieferten Abfallgebinde werden in der Empfangsanlage bezüglich ihres Zustandes, Oberflächenkontamination usw. kontrolliert. Insbesondere sind Einrichtungen zur Kontrolle der Radioaktivität der Abfallgebinde vorgesehen. Abfälle mit Nuklidkonzentrationen über den zulässigen, für den Endlagerstandort spezifisch bestimmten Grenzkonzentrationen werden zurückgewiesen und ins Endlager für hochaktive Abfälle überführt.

□ Durch organisatorische Vorkehrungen ist sichergestellt, dass über die angelieferten und eingelagerten Abfälle Buch geführt wird. Aus der Buchführung geht hervor, welche Abfallgebinde in welchen Containern eingefüllt und schliesslich in welcher Position einer bestimmten Lagerkaverne eingelagert wurden. Die Buchführung gibt laufend Übersicht über die kumulierten Mengen der signifikanten Radionuklide im bereits eingelagerten Abfallgut.

□ Die Bau- und Einlagerungsphasen sind zeitlich getrennt: Die gesamte Endlageranlage wird vor dem Beginn der Abfalleinlagerung erstellt. Parallelbetrieb von Bau und Einlagerung ist nicht vorgesehen. Diese Feststellung trifft nur für das vorliegende Projekt Gewähr 1985 zu. Im Rahmen eines späteren, ausführungsfähigen Projekts kann ein etappenweiser Lagerausbau oder die gleichzeitige Ausführung von Bauarbeiten und der Einlagerung durchaus vorgesehen werden.

Die aus den behördlichen Anforderungen abgeleitete bautechnische Hauptaufgabe des Projekts Gewähr bestand darin, die Realisierbarkeit der Endlager durch Projekte mit dem notwendigen Detaillierungsgrad zu belegen. Im Rah-

Bild 3. Situationsplan des Endlagers für schwach- und mittelfradioaktive Abfälle. Profil A-A, siehe Bild 2



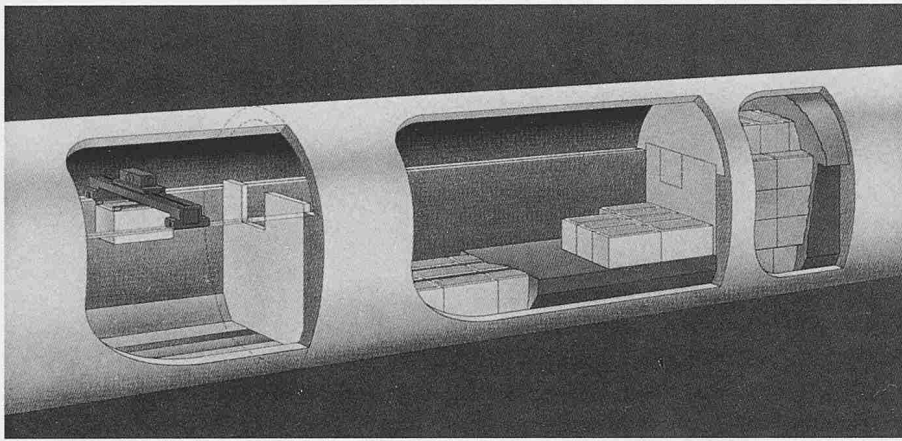


Bild 6. Die Abfallcontainer werden in den Lagerkavernen gestapelt und abschnittsweise mit Verfüllmaterial umgeben. Die einzelnen Einlagerungsabschnitte sind durch Trennwände abgegrenzt

lens, der einen Kreisquerschnitt mit 3,5 Meter Durchmesser hat. Die Ausweitung auf den Durchmesser von 6,0 Meter des Verbindungsstollens wird mit einer Tunnelbohrmaschine (Vollschnittmaschine) durchgeführt.

Unmittelbar hinter der Fräse werden die vorfabrizierten Tübbinge der definitiven Tunnelauskleidung eingebaut und nachinjiziert. Die Ausdehnung des um den Stollen herumliegenden Bereichs plastifizierten Felsens wird dadurch auf ein Minimum beschränkt, was für das Langzeitverhalten der Mergel hinsichtlich seiner Wasserdurchlässigkeit von sicherheitstechnischer Bedeutung ist.

Tabelle 1. Kenndaten des Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle

Geologie		Verbindungsstollen:	
Wirtgestein	Valanginienmergel	– Abmessungen	Innendurchmesser 5,20 m; Länge 1640 m
Endlagerüberdeckung	750–1300 m	– Funktion	Transportweg für die einzulagernden Abfälle zu den Lagerkavernen. Belüftung des Endlagers
Abfall		– Ausbruch	mit Tunnelbohrmaschine (Vollschnittmaschine)
Gesamtes Brutto-Volumen der angelieferten Abfälle	ca. 200 000 m ³ (ergibt ca. 16 400 Container)	Lagerkavernen:	
Abmessungen Endlagercontainer (Länge × Breite × Höhe)		– Aufbau	16 parallele Lagerkavernen im Abstand von 70 m, miteinander durch eine Längskaverne verbunden
Typ I	4,78 m × 2,18 m × 2,08 m	– Abmessungen	Ausbruchquerschnitt 162 m ² bis 183 m ² Länge zwischen 210 m und 360 m Gesamtlänge der Lagerkavernen: 4660 m Stärke der Betonauskleidung im First: 60 bis 90 cm Innenmasse der ausgekleideten Kaverne: B = 11,9 m × H = 12,8 m
Typ II	4,78 m × 2,18 m × 1,63 m	– Funktion:	Lagerkavernen
Anlageteile		Längskaverne	Zugang, Belüftung
Zufahrtsstollen:		– Ausbruch	mit Teilschnittmaschinen (gleichzeitiger Ausbruch von 3 Kavernen)
– Abmessungen Zufahrt	zweispurig: B = 8,70 m H = 6,45 m Länge 210 m	– Verfüllung	mit Sonderbeton
– Abmessungen Wendeschleife	einspurig: B = 6,20 m H = 6,00 m Länge 410 m	Ausbruchkubatur	
– Funktion	Zugang mit Strassentransportfahrzeugen zur Empfangsanlage	Total	ca. 1 000 000 m ³ fest
– Ausbruch	konventionell (durch Sprengen)	Betrieb	
Empfangsanlage:		Voraussichtliche Betriebsdauer	60 Jahre
– Aufbau	3 parallele Kavernen im Abstand von 30 m, miteinander durch Zufahrts- und Verbindungsstollen verbunden	Betriebsweise	Betrieb erst nach vollständigem Abschluss der Bauarbeiten
● Empfangskaverne:		Einlagerungskadenz	rund 7500 Gebinde pro Jahr, entsprechend rund 500 Endlager-Containern pro Jahr
– Abmessungen	B = 11,50 m × H = 15,40 m; Länge 52,80 m	Bauzeit, Kosten (Basis 1984)	
– Funktion	Empfang, kurze Puffer-Lagerung und Bereitstellung der Abfälle für die Endlagerung	Bauzeit Gesamtanlage	7 Jahre (ohne geologische Untersuchungen)
– Ausbruch	konventionell (durch Sprengen)	Erstellungskosten	rund 320 Mio. Fr.
● Kaverne der technischen Räume:		Betriebsmannschaft	rund 30 Personen
– Abmessungen	B = 12,0 m × H = 10,0 m; Länge 52,80 m		
– Funktion	Verwaltungs- und Umkleiräume, Werkstatt und technische Räume. Lüftungszentrale		
– Ausbruch	konventionell (durch Sprengen)		
● Kaverne für die Herstellung des Verfüllmaterials:			
– Abmessungen	B = 11,50 m × H = 15,40 m; Länge 52,80 m		
– Funktion	Herstellung des Verfüllmaterials; technische Installationen		
– Ausbruch	konventionell (durch Sprengen)		

Für den Fall einer eventuellen Blockierung des Verbindungsstollens durch die Stollenbahn ist ein abgeschrägter Fluchtweg in sein Profil eingebaut.

Kavernen für die Endlagerung

Die Lagerkavernen befinden sich in den Valanginienmergeln im Bereich der Endlagerzone. Diese Zone wurde nach geologischen und sicherheitstechnischen Kriterien festgelegt. Sie wird durch die Lagerkavernen mit einer Fläche von knapp 0,4 km² beansprucht und befindet sich auf einer Höhe von etwa 470 Meter ü.M. Die Überdeckung beträgt zwischen 750 und 1300 Meter.

Für die Unterbringung des Abfallvolumens von 200 000 Kubikmeter sind insgesamt 16 parallele Lagerkavernen mit einer Gesamtlänge von 4660 Meter und Abständen von je 70 Meter vorgesehen. Die Länge der Lagerkavernen variiert zwischen 210 und 360 Meter. Die 650 Meter lange Längskaverne ist im Rahmen des Projekts Gewähr 1985 nicht für die Einlagerung von Containern vorgesehen und dient lediglich als Zugang zu den Lagerkavernen. Alle Kavernen weisen ein Gefälle von 1% in Richtung der Längskaverne auf und verfügen über einen lichten Querschnitt von 125 Quadratmeter. Dies er-

laubt im Kavernenprofil die Anordnung von 17 bis 21 Containern. Die Auskleidung besteht aus Ortsbeton, dessen Stärke in Abhängigkeit von der Felsüberdeckung 60 bis 90 Zentimeter beträgt. Die Ausbruchquerschnitte variieren zwischen 162 und 183 Quadratmeter (Bild 5).

Die Kavernen werden gleichzeitig von verschiedenen Stellen her mit Teilschnittmaschinen aufgeföhren. Der Abtransport des Ausbruchmaterials erfolgt mit elektrischen Stollenzügen über den Verbindungsstollen zum Umschlagsplatz für Lastschiffe.

Die Container werden auf schienengebundenen Rollwagen von der Empfangsanlage zu den Lagerkavernen transportiert, wo sie abschnittsweise und fernbedient gestapelt werden. Bei der zur Einlagerung der entsprechenden Toxizitätsklasse vorgesehenen Lagerkaverne übernimmt ein Laufkran den Container und befördert ihn an seinen Lagerplatz (Bild 6). Für die Einlagerung wird die Kaverne mittels Trennwänden in einzelne Abschnitte unterteilt. Nachdem ein Abschnitt mit Containern aufgefüllt ist, werden die zwischen der Kavernenauskleidung und den Containern verbleibenden Hohlräume mit einem speziellen Verfüllmaterial (Sonderbeton) geschlossen.

Als letzter Schritt des Betriebs des Endlagers erfolgt nach seiner vollständigen Beladung die Verfüllung und Versiegelung der verbleibenden Hohlräume von Längskaverne, Verbindungsstollen, Empfangsanlage sowie des Zufahrtsstollens und somit der definitive Verschluss der Anlage.

Die wesentlichsten bautechnischen Kenndaten des Endlagers für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Schlussfolgerungen

Die im Projekt Gewähr 1985 dargestellte Projektstudie erlaubt die Schlussfolgerung, dass ein Endlager für schwach- und mittlerradioaktive Abfälle, unter Berücksichtigung der mengenmässigen und betrieblichen Randbedingungen sowie der bautechnisch relevanten geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten eines am konkreten Standort orientierten Modell-Datensatzes, mit den heute vorhandenen technischen Mitteln machbar ist.

Adressen der Verfasser: R. Gassner, dipl. Bauing. ETH, und A.L. Nold, dipl. Bauing. ETH, Nagra Parkstrasse 23, 5401 Baden.

Wettbewerbe

Sperrung eines «Wettbewerbes»:

«Ideenwettbewerb» Überbauung San Gian, Celerina GR

Nach Einsichtnahme in die wettbewerbsähnliche Ausschreibung obgenannter Konkurrenz verfügt die SIA-Wettbewerbskommission das Verbot der Teilnahme an dieser im Widerspruch zur Ordnung für Architekturwettbewerbe SIA 152 stehenden Ausschreibung gemäss Art. 59 für alle dem SIA, BSA, FSAI, BSG und STV angehörigen bzw. im REG eingetragenen Fachleute. Widerhandlungen werden entsprechend den einschlägigen Bestimmungen der Standerregeln geahndet.

SIA Wettbewerbskommission
Der Präsident: H. U. Gübelin

Ecole supérieure de commerce au Petit-Saconnex GE

Le Département des travaux publics, Direction des bâtiments, organisait un concours

sur invitation pour la construction de l'Ecole supérieure de commerce au Petit-Saconnex. 12 projets ont été jugés. Le jury a décidé d'écarter deux projets de la répartition des prix. Résultat:

1er prix (10 000 Fr.) (recommandé à l'exécution): Francis Goetschmann

2e prix (8000 Fr.): Gérald Bornand, Jean-Marie Duret; collaborateurs: Guillermo Rutgers, Christophe Patthey, Livio dell'Agnola

3e prix (7000 Fr.): François Bouvier

Achat (5000 Fr.): Eric Lauper, Pierre Philippe Ruedin; collaborateurs: Jean-François Magnin

4e rang: Billaud-Hirschi; ing. civil conseil: Luc Camen

5e rang: Michel Dupuis

La majorité des membres du jury recommande à l'organisateur de choisir le 1er prix à l'exécution. Le Jury: J.-P.-Ortis, Mme M.-J. Wiedmer-Dozio, Mme Tecklenbourg-Bornand, MM E. Bieler, F. Ginet, F. Reinhard, P.-A. Chu, J. J. Oberson.

Concours d'idées «Lancy-Sud» GE

La commune de Lancy-Sud GE a lancé un concours d'idées pour la construction d'une liaison architecturale entre le quartier du Bachet-de-Pesay et celui des Palettes.

Ont pu prendre part à ce concours: les architectes ayant actuellement leur domicile professionnel dans le canton de Genève et qui y sont établis depuis avant le 1er janvier 1984; les étudiants en architecture de l'EAUG ou des EPF, après 6 semestres d'études révolues et les architectes récemment diplômés de l'une de ces écoles, pour autant qu'ils soient originaires du canton de Genève ou qu'ils y soient domiciliés depuis le 1er janvier 1984.

104 inscriptions ont été enregistrées et cinquante-et-un projets sont rentrés. Le résultat du jugement rendu le 20 mars dernier est le suivant:

1er prix (35 000 Fr. avec mandat de poursuivre les études): Juillard et Bolliger

2e prix (30 000 Fr.): A. & M. Beaud-Bovy; Paul Marti, Pedrag Petrovic

3e prix (25 000 Fr.): Denis Jeanneret & Michel Périllat

4e prix (15 000 Fr.): Alain Fauconnet