

SRP REPRESENTATIVE TO THE FEDERAL REPUBLIC  
OF GERMANY (FRG)

Donald E. Clark

Monthly Report for July 1987

Summary

During this reporting period, close contact was maintained with the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) and the Deutsche Gesellschaft zum Bau and Betrieb von Endlagern fuer Abfallstoffe (DBE). These two organizations have key roles in the repository development program for disposal of radioactive waste in the Federal Republic of Germany (FRG). Due to the construction accident that occurred in Shaft #1 at the Gorleben candidate salt repository on May 12, 1987, excavation activities at Gorleben have been temporarily halted. The overall impact on the German schedule for the exploration and later licensing of this candidate repository site has not yet been determined. In the meantime, the investigation concerning the cause(s) of the accident is continuing. Also, an assessment is underway as to the technical implications of this accident, and a recovery plan is being developed. A consultative visit was made to the U.S.A. and discussions were held there concerning recent developments in both the SRP and FRG programs.

Introduction

Beginning in early 1987, the long-term assignment of a representative of the Salt Repository Project (SRP) to the nuclear waste disposal program in the Federal Republic of Germany (FRG) was established as part of the ongoing interactions between the two countries under the U.S./FRG Bilateral Agreement (Waste Management). Through day-to-day contacts and close association of a technically cognizant SRP representative with key aspects of the FRG program, the objective of having a systematic exchange of pertinent programmatic information and data on the nuclear waste disposal programs of both countries is being realized. During this reporting period, additional valuable contacts with key FRG personnel were established and continued, and direct communication with SRP management was maintained.

8712040460 871001  
PDR WASTE  
WM-16 PDR

PTB

Regular contact is being maintained with the Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig. The PTB is comparable to the U.S. National Bureau of Standards and has a central responsibility in the FRG waste program, namely, to ensure that federal installations are constructed and operated for the long-term storage and disposal of radioactive waste. In the way of information concerning the PTB activities for long-term storage and disposal of radioactive wastes, a copy of pertinent sections of their 1986 Annual Report is included as Attachment 1.

A recent summary by the PTB of the origin and amounts of radioactive wastes in the FRG is contained in Attachment 2. This information is updated annually by studies conducted by the PTB.

The responsibilities for disposal of radioactive wastes in the Federal Republic of Germany (FRG) are shown in Attachment 3. The PTB is accountable for different portions of its activities to the federal ministries BMFT, BMU, and BMWi. In turn, the PTB has contracted a third party, the Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern fuer Abfallstoffe (DBE), to design, construct and operate the federal facilities for long-term storage and disposal of radioactive wastes.

Two candidate sites for geological disposal in the FRG have been selected: Gorleben, a salt dome, as a high-level waste repository, and Konrad, an abandoned iron ore mine, as a repository for non-heat-producing wastes. The licensing procedure that must be followed for a radioactive waste repository is also outlined in Attachment 3. In the FRG, it is the state authorities who must grant the licenses for radioactive waste disposal. Both the Konrad and Gorleben sites are in the German State of Lower Saxony. Therefore, it is the Lower Saxony authorities with whom PTB must interact in the licensing processes for both repositories. For this purpose, the competent Lower Saxony authorities are the Ministry for Ground Research (mining authority) and the Ministry for the Environment.

A good description of the licensing process, particularly as it has been followed for the Konrad Mine, is contained in Attachment 4. The current status of Konrad is that the license application has been made, involving the submission of an extensive amount of back-up information and data to the State licensing authorities. Since the initial application, a licensing concern has been

raised with respect to the adequacy of the modeling of long-term releases from the Konrad Mine, and primary attention now is on obtaining agreement that the predicted releases will be within acceptable limits.

The PTB issues information sheets on a variety of subjects related to radioactive waste disposal. Attachment 5 is a copy of a PTB information sheet on scenarios for water to enter a salt repository of the design such as is planned for Gorleben.

#### Safety Criteria for Disposal of Radioactive Waste

The safety criteria that must be followed in the FRG for final disposal of radioactive waste in a geologic formation were developed by the Reactor Safety Commission in 1982. A copy of the notice that appeared in the FRG Federal Gazette on January 5, 1983, is included as Attachment 6. These are roughly equivalent in scope and intent to the NRC's 10 CFR 60 for high-level waste in the U.S.A., and serve to guide the FRG disposal program.

The German approach emphasizes the importance of site selection, the disposal system and the multibarrier concept, and the use of state-of-the-art technology. However, the criteria differ from NRC's rules in that specific numerical, design, retrieval, and marking criteria are not provided. Instead, the Reactor Safety Commission has chosen to provide relatively broad upper level guidance, leaving determinations to be made on an individual case basis. Certainly, the lack of a retrievability requirement is significantly different from the situation for geologic disposal in the U.S.A. Also, the allowed radioactive releases are determined with respect to maximum individual (not population) exposures.

#### Status of the Gorleben Project

Salt excavation activities remained halted at the Gorleben candidate salt repository site during this reporting period as a result of the construction accident of May 12, 1987. The media continued to carry stories concerning this accident which were highly critical of the FRG nuclear waste disposal program, even though nearly all of the technical community shares the opinion that the accident has no connection with the suitability of the Gorleben site for disposal of nuclear waste.

AN INVESTIGATION OF THIS ACCIDENT IS UNDERWAY. THIS is a standard procedure whenever there has been loss of life due to an industrial accident. It is, of course, not possible to predict just when this investigation will be concluded.

A technical analysis of the conditions contributing to the accident is also being made and a recovery plan is being developed for further work on this shaft. Close contact was maintained with PTB and DBE during this reporting period so that the most current information was available to the SRP.

#### Consultative Visit to U.S.A.

A consultative visit was made to the U.S.A. during this reporting period, and discussions were held there concerning recent developments in both the SRP and FRG programs. Meetings were held with cognizant DNWI and SRPD staff in Columbus, Ohio and Hereford, Texas, as well as with OCRWM and Weston staff at DOE-HQ in Washington, D.C. Because of the expressed interest in the situation at Gorleben, it was agreed that close contact should be maintained with the key FRG institutions. In summary, this consultative visit proved to be very useful in that meaningful and current information was exchanged with all concerned parties, and plans for continuing activities were made.

#### Activities Planned for August 1987

A major objective will be to stay in close touch with the situation at Gorleben. The usual activities will include planning for future U.S.-FRG information exchanges and visits, meeting with cognizant FRG parties, and obtaining important information and data for the SRP. Particular attention will be paid to preparing a summary of the current status of the Gorleben project and of the freeze shaft sinking technique.

#### Attachments

1. PTB Annual Report for 1986 on Division SE, Long-Term Storage and Disposal of Radioactive Waste
2. PTB Information Sheet -- Origin and Amounts of Radioactive Wastes
3. PTB Information Sheet -- Responsibility for the Disposal of Radioactive Wastes

4. Paper by H. Roesel, "Legal Prerequisites for the Disposal of Radioactive Waste -- Competencies and Responsibilities"
5. PTB Information Sheet -- Scenarios for Water to Enter a Salt Repository
6. Publication of the FRG Reactor Safety Commission Recommendations -- Safety Criteria for the Final Disposal of Radioactive Wastes in a Mine

dec

attachments (6)

ATTACHMENT 1

**Physikalisch  
Technische  
Bundesanstalt**  
Braunschweig und Berlin

**Abteilung SE  
Sicherstellung und Endlagerung  
radioaktiver Abfälle**

**Aufgaben  
Jahresbericht 1986**

**Division SE  
Long-Term Storage and  
Disposal of Radioactive Waste**

**Scope  
Annual Report 1986**

**|PTB|**

	Seite		Page
<b>Teil 1: Die Abteilung SE</b>		<b>Part 1: Division SE</b>	
Tätigkeitsbereiche	5	Activities	5
Allgemeines	7	General	7
Das Entsorgungskonzept des Bundes	7	The federal waste management concept	7
Schutzziele der Endlagerung radioaktiver Abfälle	8	Protection goals of radioactive waste disposal	8
Standorterkundungsprogramm Gorleben	8	Gorleben site exploration programme	8
Die Schachtanlage Konrad	9	The Konrad mine	9
Langzeitsicherheit	10	Long-term safety	10
Forschungs- und Entwicklungs-(F+E)-Arbeiten	12	Research and development (R+D) work	12
Abfallbehälter	12	Waste containers	12
Mengenaufkommen radioaktiver Abfälle	14	Amount of radioactive waste produced	13
Produktkontrolle radioaktiver Abfälle	15	Waste package quality control	15
Vorausleistungen der Abfallverursacher	15	Advance payments of waste producers	15
Transporte von radioaktiven Stoffen	17	Transport of radioactive substances	17
Aufbewahrung von Kernbrennstoffen	19	Storage of nuclear fuel	19
Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen	20	Government custody of nuclear fuel	20
Öffentlichkeitsarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle	20	Public relations work in the field of the disposal of radioactive waste	20
Aufgaben aufgrund von Gesetzen und Verordnungen	21	Tasks performed on the basis of laws and ordinances	21
<b>Teil 2: Jahresbericht 1986</b>		<b>Part 2: Annual Report 1986</b>	
Bericht der Abteilung	24	Report of the division	24
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit	28	Press and public relations work	28
Zulassungen und Genehmigungen:		Approvals and permits:	
Mitarbeit und Beratung	30	Cooperation and consultancy services	30
Wissenschaftliche Kurzberichte	31	Brief scientific reports	31
Publikationen der PTB	44	Publications of the PTB	44

Stand: 31. 12. 1986

## SE Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle

Dir. u. Prof. Dr. *Helmut Röthemeyer*

SE-S	Systemmanagement, SE-Projekte Gorleben Konrad Tritiumversenkung Planung	Ltd. Reg.-Dir. <i>Henning Rösel</i> ORR Dr. <i>Peter Borchert</i> Dipl.-Ing. <i>Dietmar Gentsch</i> komm. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtschafts-Ing. <i>Ingo Beckmerhagen</i> währgen. d. Ltd. Reg.-Dir. <i>Henning Rösel</i>
SE-B	Bergtechnische Leitung	Ltd. Reg.-Dir. Dipl.-Ing. <i>Gert Wosnik</i>
SE-P	Presse- und Öffentlichkeitsarbeit für die Abteilung SE	Reg.-Dir. Dr. <i>Eckart Viehl</i>
SE 1	Berg- und kerntechnische Sicherheit  F-E-Koordination, Systemanalyse Radioaktive Abfälle Strahlenschutz Bergtechnische Sicherheit	Dir. u. Prof. Dr. <i>Horst Schneider</i>  Reg.-Dir. Dr. <i>Heinrich Illi</i> Reg.-Dir. Dr. <i>Ernst Warnecke</i> Reg.-Dir. Dr. <i>Diemich Ehrlich</i> ORR Dr. <i>Gerhard Stier-Friedland</i>
SE 2	Recht, Finanzen  Finanzen, Administration Genehmigungsverfahren Verträge, Schadensersatz Kaufmännische Projektabwicklung	komm. Reg.-Dir. <i>Hanns Näser</i>  ROAR <i>Ottmar Eichhorn</i> währgen. d. Reg.-Dir. <i>Hanns Näser</i> komm. Frau RR <i>Barbara Ranzenberger</i> komm. ORR <i>Henrich Oberländer</i>
SE 3	Transport und Lagerung radioaktiver Stoffe	Dir. u. Prof. Dr. <i>Friedrich Wilhelm Collin</i>
SE 3.1	Genehmigungsverfahren, Recht	komm. Ass. <i>Hans-Jürgen Ziegler</i>
SE 3.2	Technische Sicherheit bei Betriebsförderung und Aufbewahrung	komm. Reg.-Dir. Dr. <i>Martin Cosack</i>
SE 3.3	Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen	komm. Frau Dr. <i>Irmela Warnecke</i>

## SE Long-Term Storage and Disposal of Radioactive Waste

SE-S	System management, SE projects Gorleben Konrad Sinking under pressure of tritium Planning
SE-B	Management of mine engineering
SE-P	Press and public relations for the Division SE
SE 1	Safety in mine and nuclear engineering  Coordination of R + D, system analysis Radioactive waste Radiation protection Safety in mine engineering
SE 2	Law, finance  Finance, administration Licence procedures Contracts, indemnification Commercial handling of projects
SE 3	Transport and storage of radioactive waste
SE 3.1	Licence procedures, law
SE 3.2	Technical safety during transport and storage
SE 3.3	Government custody of nuclear fuel

## Allgemeines

Bereits mit der Verabschiedung des Gesetzes über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren vom 23. Dezember 1959, kurz Atomgesetz (AtG) genannt, wurden der PTB u. a. die staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen, die Genehmigungen zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen und die Genehmigungen zur Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen übertragen. Mit der 4. Novelle zum AtG vom 30. August 1976 kam für die PTB als weitere bedeutende Aufgabe die Zuständigkeit für Errichtung und Betrieb von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle hinzu.

Bei Erfüllung dieser Aufgaben handelt die PTB nach den fachlichen Weisungen des für die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz zuständigen Bundesministers (Bundesminister des Innern, BMI; ab Juni 1986 Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, BMU). Soweit Forschung und Technologie auf dem Gebiet der Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle betroffen sind, handelt der BMI im Einvernehmen mit dem für die Kerntechnik zuständigen Bundesminister (Bundesminister für Forschung und Technologie, BMFT).

Im Jahre 1977 wurde wegen des Umfangs der neuen Aufgabe „Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle“ eine eigene Abteilung (SE) gegründet. Ihr wurden auch die Arbeitsgebiete Aufbewahrung und Beförderung von Kernbrennstoffen sowie Beförderung von sonstigen radioaktiven Stoffen (Großquellen) zugeordnet.

Das AtG ermöglicht der PTB, sich zur Errichtung und zum Betrieb von Bundesanlagen für die Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle Dritter zu bedienen. Diese Aufgaben wurden der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) übertragen bzw. in Aussicht gestellt, die 1979 als mittelbares Bundesunternehmen eigens zu diesem Zweck gegründet wurde.

## Das Entsorgungskonzept des Bundes

Mitte der 60er Jahre wurde in der Bundesrepublik ein umfangreiches Forschungs- und Entwicklungsprogramm zur Endlagerung radioaktiver Abfälle begonnen. Im Frühjahr 1965 erwarb die Bundesregierung das kurz zuvor stillgelegte Steinsalzbergwerk Asse und übertrug diese Anlage der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH (GSF) als Forschungsstätte. Seither wurden und werden in diesem Bergwerk Einlagerungstechniken erprobt und grundlegende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Endlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt.

Um den Kernbrennstoffkreislauf zu schließen und die dabei anfallenden radioaktiven Abfälle schadlos beseitigen zu können, wurde 1974 von der Bundesregierung erstmals das Konzept für ein integriertes Entsorgungszentrum vorgestellt. Alle erforderlichen Anlagen für die Brennelementlagerung, Wiederaufarbeitung, Uranverarbeitung, Plutoniumbrennelementherstellung, Abfallbehandlung und Endlagerung aller dabei anfallenden radioaktiven Abfälle sollten an einem Standort errichtet werden.

Im Februar 1977 benannte die Niedersächsische Landesregierung Gorleben als vorläufigen Standort für das Entsorgungszentrum. Am 31. März 1977 stellte die Deutsche Gesellschaft für Wiederauf-

## General

With the passing of the Act on the peaceful use of nuclear energy and protection against nuclear hazards, briefly referred to as the Atomic Energy Act of December 23, 1959, the PTB was entrusted, among other things, with the safe custody of nuclear fuel on behalf of the state, with the granting of licences for the storage of nuclear fuel and with the transport of nuclear fuel and large sources. With the Fourth Act of August 30, 1976, amending and supplementing the Atomic Energy Act, another important task was assigned to the PTB: it is responsible for the construction and operation of federal installations for the long-term storage and disposal of radioactive waste.

In the performance of these tasks the PTB acts in accordance with the technical instructions of the federal minister responsible for safety in nuclear and radiation protection (Federal Minister of the Interior, BMI; since June 1986 Federal Minister of the Environment, Nature Conservation and Reactor Safety, BMU). As far as aspects of research and technology in the field of long-term storage and disposal of radioactive waste are concerned, the BMU acts in agreement with the federal minister responsible for nuclear technology (Federal Minister for Research and Technology, BMFT).

In view of the scope of the new task "long-term storage and disposal of radioactive waste", a new division (SE) was established in 1977. It has also been entrusted with the fields of work covering the storage and transport of nuclear fuel and the transport of other radioactive material (large sources).

Under the Atomic Energy Act, the PTB may enlist the services of third parties in order to construct and operate federal installations for the long-term storage and disposal of radioactive waste. These tasks have been or will be assigned to the "Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH" (DBE, German Company for the Construction and Operation of Repositories for Waste Material) which was founded in 1979 for this specific purpose as a company directly supervised by federal authorities.

## The federal waste management concept

In the mid-sixties, a comprehensive research and development programme for the disposal of radioactive waste was initiated in the Federal Republic. In spring 1965, the Federal Government purchased the Asse rock-salt mine abandoned a short time before and transferred this plant to the "Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH" (GSF, Company for Radiation and Environmental Research) as a research centre. Since then, emplacement techniques have been tested and basic research and development work for the disposal of radioactive waste carried out in this mine.

To complete the fuel cycle and to allow the radioactive waste produced within its scope to be disposed of without harm to man and the environment, in 1974, the Federal Government produced for the first time the concept of an integrated waste management centre. All the installations required for the storage of fuel elements, reprocessing, uranium processing, production of plutonium fuel elements, final treatment of waste and disposal of all radioactive waste produced in these processes were to be constructed on one site.

arbeitung von Kernbrennstoffen mbH (DWK) beim Niedersächsischen Sozialminister einen Antrag auf Genehmigung der Errichtung und des Betriebes der von der Energiewirtschaft zu errichtenden Teilprojekte. Nachdem auch die Bundesregierung Anfang Juli die Vorauswahl des Standortes akzeptiert hatte, beantragte die PTB am 28. Juli 1977 die Einleitung eines Planfeststellungsverfahrens für das Endlager als noch fehlendem Bestandteil des Entsorgungszentrums.

Vom 28. März 1979 bis zum 3. April 1979 veranstaltete die Niedersächsische Landesregierung das sogenannte „Gorleben-Symposium“, in dem die Problematik des Entsorgungszentrums von mehr als 60 internationalen Wissenschaftlern intensiv erörtert wurde. Als Schlußfolgerung aus diesem Symposium sowie den Stellungnahmen der Reaktor-Sicherheitskommission und der Strahlenschutzkommission stellte die Niedersächsische Landesregierung zwar die grundsätzliche sicherheitstechnische Realisierbarkeit eines Entsorgungszentrums in ihrer Regierungserklärung vom 6. Mai 1979 fest, empfahl jedoch, die Planungsarbeiten des Entsorgungszentrums aus politischen Gründen nicht weiter zu verfolgen. Sie stimmte jedoch einer zügigen Erkundung des Salzstocks Gorleben auf seine Eignung für die Endlagerung radioaktiver Abfälle zu.

Zur Schließung des Kernbrennstoffkreislaufs wurde fortan ein „integriertes Entsorgungskonzept“ angestrebt. Im Gegensatz zum Entsorgungszentrum wird beim integrierten Entsorgungskonzept nicht vorausgesetzt, daß alle Anlagenteile am selben Standort errichtet werden. Beiträge der PTB im Rahmen des integrierten Entsorgungskonzepts sind die atomrechtlichen Genehmigungsverfahren für die Brennelementzwischenlager in Gorleben und Ahaus sowie die zügige Bereitstellung von Endlagern für radioaktive Abfälle.

### **Schutzziele der Endlagerung radioaktiver Abfälle**

Das Ziel der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen ist der langfristige Schutz von Mensch und Umwelt vor Schädigungen durch die ionisierende Strahlung der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide. Die radiologischen Auswirkungen eines Endlagers dürfen die gesetzlichen Grenzwerte nicht überschreiten.

Die grundsätzlichen Gesichtspunkte, die bei der Endlagerung radioaktiver Abfälle berücksichtigt werden müssen, hat der BMI im Jahre 1983 in den „Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk“ festgelegt. Danach muß für den Nachweis, daß das Schutzziel erreicht wird, eine standortspezifische Sicherheitsanalyse durchgeführt werden, die die jeweilige geologische Gesamtsituation, die technische Konzeption des Endlagerbergwerks und die Art der radioaktiven Abfälle berücksichtigt.

Die Durchführung von Sicherheitsanalysen für die geplanten Endlager ist ein Arbeitsschwerpunkt der Abteilung, die sich dabei der Zuarbeit Dritter bedient. So wurde beispielsweise die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mit der Erarbeitung sicherheitstechnischer Unterlagen für die Schachanlage Konrad beauftragt.

### **Standorterkundungsprogramm Gorleben**

Für die Untersuchung des Salzstocks Gorleben wurde zusammen mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

In February 1977, the government of Lower Saxony designated Gorleben as the provisional site of the waste management centre. On March 31, 1977, the „Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH“ (DWK, German Company for the Reprocessing of Nuclear Fuel) filed an application with the Minister for Social Affairs of Lower Saxony for permission to set up and operate the particular projects for which the energy-supply industry was responsible. At the beginning of July, the Federal Government, too, had agreed to the preliminary selection of the site, and on July 28, 1977, the PTB applied for the initiation of a plan-approval procedure for the repository as that part of the waste management centre which was still lacking.

From March 28 to April 3, 1979, the government of Lower Saxony organized the so-called „Gorleben Symposium“. On this occasion the problems of the waste management centre were discussed in detail by more than 60 international scientists. From this symposium and from the comments of the Reactor Safety Commission and the Radiation Protection Commission, in its statement of policy of May 6, 1979, the government of Lower Saxony concluded that from the aspect of technical safety, the implementation of a waste management centre is basically feasible; it recommended however, that for political reasons the planning work for the centre be discontinued. It nevertheless gave its assent to a speedy investigation into the Gorleben salt dome's suitability as a repository for the disposal of radioactive waste.

From then on, an „integrated waste management concept“ was aimed at in order to complete the fuel cycle. In contrast to the waste management centre, the integrated waste management concept does not assume that all the installations are built on the same site. The PTB's contributions within the framework of the integrated waste management concept concern the licencing procedures for the Gorleben and Ahaus interim stores for fuel elements and the speedy establishment of radioactive waste repositories.

### **Protection goals of radioactive waste disposal**

The aim of the disposal of radioactive waste in rock strata of the deep geological subsoil is the long-term protection of man and the environment from the harmful effects of the ionizing radiation of the radionuclides contained in the waste. The repository's radiological effects must not exceed legally defined limiting values.

In 1983, in the „Safety criteria for the disposal of radioactive waste in a repository“, the BMI defined the basic aspects to be allowed for in the disposal of radioactive waste. According to these criteria, a site-specific safety analysis must be carried out in order to prove that the protection goal has been attained. This analysis must take the respective overall geological situation, the technical concept of the repository mine and the kind of radioactive waste into account.

The carrying-out of safety analyses for the planned repositories is one of the focal points of the Division's work, and it enlists the cooperation of third parties for this purpose. The „Gesellschaft für Reaktorsicherheit“ (GRS, Company for Reactor Safety) for example, was entrusted to obtain safety engineering data on the Konrad mine.

### **Gorleben site exploration programme**

For the investigation of the Gorleben salt dome, a comprehensive site investigation programme has been elaborated in cooperation

(BGR) ein umfangreiches Standorterkundungsprogramm erarbeitet. Es setzt sich zusammen aus einem hydrogeologischen Untersuchungsprogramm für die Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse des Deck- und Nebengebirges, einem Tiefbohrprogramm für die Untersuchung des Salzstockinnern und einem untertägigen geologischen sowie geotechnischen Erkundungsprogramm.

Das hydrogeologische Untersuchungsprogramm Gorleben und die daran anschließenden Spezialuntersuchungen hatten das Ziel, das hydrogeologische System im Bereich des geplanten Endlagers in seinem natürlichen Zustand zu erkunden. Dadurch sollen die Beziehungen zwischen dem Endlagermedium Salz und dem Grundwasser erkannt und mögliche Gefährdungen des Grundwassers abgeschätzt sowie zusammenfassend bewertet werden. Weiterhin sollen standortspezifische Daten ermittelt und Unterlagen erarbeitet werden, die in einem Planfeststellungsverfahren verwendet werden und bei Errichtung eines Endlagers zur Beweissicherung des gegenwärtigen, vom Vorhaben unbeeinflussten Zustand des Grundwassers dienen können.

Die PTB hat in einem zusammenfassenden Zwischenbericht vom Mai 1983 die bis 1982 vorliegenden Ergebnisse der Standorterkundung bewertet und kommt zu dem Schluß, daß die Erkenntnisse die Eignungshöflichkeit des Salzstocks bestätigen. Insbesondere wegen noch fehlender Befunde, die nur durch eine untertägige Erkundung gewonnen werden können, reichen die Kenntnisse über den Standort für die weiteren Endlagerplanungen und die Beantwortung aller sicherheitstechnischen Fragen jedoch noch nicht aus. Die Bundesregierung hat daraufhin in ihrer Kabinettsitzung am 13. Juli 1983 einer zügigen Aufnahme der untertägigen Erkundung zugestimmt.

Hierfür werden z.Z. zwei Schächte abgeteuft. Anschließend werden Strecken aufgeföhren und von diesen Strecken aus Bohrungen in das umgebende Gebirge vorgetrieben. Das Abteufen der beiden Erkundungsschächte wird von der „Arbeitsgemeinschaft Schächte Gorleben“ (ASG) der Firmen Deilmann-Haniel GmbH und Thyssen Schachtbau GmbH durchgeführt. Sowohl die Arbeiten zur übertägigen als auch zur untertägigen Erkundung unterliegen genehmigungsrechtlich im wesentlichen dem BBergG und den Bergverordnungen, noch nicht aber dem Atomrecht, da die Erkenntnisse aus der Erkundung zur Durchführung des atomrechtlichen Planfeststellungsverfahrens notwendig sind.

Mit fortschreitenden untertägigen Erkundungsarbeiten werden die Erkenntnisse über das Salzstockinnere laufend verbessert. Die endgültige Eignungsaussage wird voraussichtlich 1992 möglich sein. Erst nach einem Planfeststellungsbeschluß kann mit der Errichtung des Endlagerbergwerks begonnen werden. Etwa fünf Jahre später, also Ende der 90er Jahre ist mit der Inbetriebnahme des Endlagers Gorleben zu rechnen.

## Die Schachanlage Konrad

Die Schachanlage Konrad ist die jüngste aller ehemaligen Eisenerzgruben im Raum Peine/Salzgitter. Der durch zwei Schächte aufgeschlossene Eisenerzhorizont wurde im Oberen Jura (Malm) vor ca. 150 Millionen Jahren abgelagert und erst Anfang der 30er Jahre bei Erdöhohrungen entdeckt. Die im Jahre 1965 begonnene Erzförderung wurde aus Wirtschaftlichkeitsgründen im Herbst 1976 eingestellt.

Wasser ist das entscheidende Medium zum Transport der Radionuklide in die Biosphäre. Da die Schachanlage Konrad für ein

with the "Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe" (BGR, Federal Institute of Geosciences and Natural Resources). It comprises a hydrogeological investigation programme for the exploration of the hydrogeological conditions in the overlying and surrounding rock, a deep-well drilling programme for the examination of the salt dome's interior, and an underground geological and geotechnical exploration programme.

The Gorleben hydrogeological investigation programme and the subsequent special investigations were aimed at exploring the hydrogeological system in the area of the planned repository in its natural condition. The findings from these investigations provide the basis for understanding the relation between the medium salt earmarked for reposition and the groundwater, and potential hazards for the groundwater to be estimated and evaluated as a whole. In addition, site-specific data will be determined and documents compiled which will be used in the plan-approval procedure and which may serve as evidence of the present unaffected state of the groundwater if a repository is constructed.

In a summarizing interim report dated May 1983, the PTB has evaluated the results of the site investigation obtained up to 1982 and has come to the conclusion that the findings confirm the salt dome's suitability. As certain data which can only be obtained by underground exploration are still lacking, the information on the site is not sufficient for the further planning of the repository or to answer all the questions arising in connection with technical safety precautions. As a result, at the cabinet meeting of July 13, 1983, the Federal Government approved a speedy commencement of the underground exploration.

For this purpose, two shafts are at present being sunk. Subsequently galleries will be driven and from these galleries boreholes will be driven into the surrounding rock. The two exploratory shafts are being sunk by the "Arbeitsgemeinschaft Schächte Gorleben" (ASG, Gorleben shafts pool) of the firms of Deilmann-Haniel GmbH and Thyssen Schachtbau GmbH. From the point of view of approval, the work both for the aboveground and the underground exploration is essentially subject to the Federal Mining Act (BBergG) and the Mining Ordinances, not yet, however, to atomic law, as the results of the exploration are required for carrying out the plan-approval procedure under atomic law.

With progressive underground exploration work, the findings on the salt dome's interior are continuously improving. It will probably be possible to make a final statement on the salt dome's suitability in 1992. Only after the plans have been approved can the construction of the repository mine be started. It is to be expected that the Gorleben repository can be put into operation about 5 years later, i.e. at the end of the nineties.

## The Konrad mine

The Konrad mine is the most recent of all former iron ore pits in the Peine-Salzgitter area. The iron ore horizon opened up by two shafts was deposited in the Upper Jurassic (Malm) about 150 million years ago and discovered only in the early thirties when oil wells were drilled. Ore mining started in 1965 was stopped in autumn 1976 for economic reasons.

Water is the most important medium for transporting radionuclides into the biosphere. As the Konrad mine is exceptionally

Eisenerzbergwerk außergewöhnlich trocken ist, lag es nahe, die Eignung der Schachanlage für die Beseitigung von Abfallstoffen zu untersuchen. Voruntersuchungen im Jahre 1975 haben gezeigt, daß sie für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Frage kommen könnte. Wesentliche Merkmale hierfür sind u.a. die Lage des Erzhorizontes in großer Tiefe (800 m bis 1300 m) und die gute Abdichtung gegen oberflächennahes Grundwasser durch ein überwiegend toniges Deckgebirge.

In der Zeit von 1976 bis 1982 hat die GSF insbesondere die bergtechnischen und geologischen Eigenschaften des Eisenerzbergwerks Konrad in Bezug auf eine mögliche Endlagerung radioaktiver Abfälle untersucht. Nach positivem Abschluß dieser Untersuchungen wurde von der PTB am 31. August 1982 ein Antrag auf Einleitung eines Planfeststellungsverfahrens gestellt. Gleichzeitig wurden untertägige und ergänzende übertägige Standorterkundungsarbeiten durchgeführt, auf deren Basis der Sicherheitsnachweis für die Schachanlage in einem atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren umfassend geführt worden ist. Zur Einlagerung sollen radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung kommen. Neben dem atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren läuft das bergrechtliche Betriebsplanverfahren für die rein bergmännischen Arbeiten.

Das derzeitige Grubengebäude südlich des Schachtes Konrad I läßt die Auffahrung von etwa einer Million Kubikmeter Endlagerungshohlraum zu. In Abhängigkeit von dem erwarteten jährlichen Abfallgebundevolumen ergibt sich eine Betriebsdauer von bis zu 40 Jahren (50% Nutzung des Hohlraumes). Bei höherem Nutzungsgrad verlängert sich die Betriebsdauer entsprechend. Damit können während der Betriebszeit der Schachanlage Konrad rund 95% aller in der Bundesrepublik Deutschland anfallenden radioaktiven Abfallmengen endgelagert werden.

Bei positivem Abschluß des Planfeststellungsverfahrens könnte etwa ab Ende 1991 mit der Einlagerung der radioaktiven Abfälle begonnen werden.

## Langzeitsicherheit

Die Endlagerung ist definiert als eine „wartungsfreie, zeitlich unbefristete und sichere Beseitigung von radioaktivem Abfall ohne beabsichtigte Rückholbarkeit“. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen in der Bundesrepublik Deutschland alle Arten radioaktiver Abfälle in unterirdischen Gesteinsschichten endgelagert werden. Für die Langzeitsicherheit solcher Schadstoffdeponien (dies gilt nicht nur für die Endlagerung radioaktiver Abfälle) ergeben sich dabei folgende Fragen:

1. Für welche Zeiträume können deponierte Schadstoffe von der Biosphäre ferngehalten werden?
2. Für welche Zeiträume können potentielle Belastungen des Menschen durch Deponien berechnet werden?
3. Kann die Langzeitsicherheit für die Untergrunddeponie gewährleistet werden?

Der heutige geologische und mineralogisch-geochemische Zustand der Erde ist das Ergebnis eines 4,6 Milliarden Jahre währenden Entwicklungsprozesses, der sich auch noch weit in die Zukunft fortsetzen wird. Charakteristisch für diesen komplexen Prozeß sind Stoffkreisläufe und Elementumverteilungen, die in und zwischen der Atmosphäre, der Hydrosphäre, der Pedosphäre sowie der Lithosphäre mit unterschiedlicher Intensität und Schnell-

dry for an iron ore mine, it seemed appropriate to investigate the mine for its suitability for the disposal of waste material. Preliminary investigations carried out in 1975 showed that this mine could be considered for the disposal of radioactive waste. Important criteria for this are, among other things, the position of the iron ore horizon at a great depth (800 m to 1300 m) and the fact that it is well sealed-off from superficial groundwaters as a result of the predominantly clayey overlying strata.

From 1976 to 1982 the GSF investigated in particular the mine engineering and geological properties of the Konrad iron ore mine with a view to a potential disposal of radioactive waste. As these investigations yielded a positive result, on August 31, 1982, the PTB filed an application for the initiation of a plan-approval procedure. At the same time, underground site investigation work and supplementary work above ground was carried out on the basis of which the suitability of the mine has been demonstrated in a plan-approval procedure under the Atomic Energy Act. It is intended to emplace there radioactive waste whose heat generation is negligible.

The present-day mine workings south of Konrad I shaft allow a reposition cavity of about 1 million cubic metres to be driven. Depending upon the expected annual waste package volume, a period of operation of up to 40 years results (utilization of the cavities by 50%). In the case of a higher rate of utilization the operational phase would be correspondingly longer. This would mean that during the period of the Konrad mine's operation, about 95% of all radioactive waste produced in the Federal Republic of Germany could be disposed of.

Providing there is a positive outcome of the plan-approval procedure, the emplacement of radioactive waste could be started by 1990. Besides the plan-approval procedure pursuant to atomic law, the approval procedure under mining law is being pursued for the pure mining work.

## Long-term safety

The disposal of radioactive waste is defined as a "maintenance-free and safe disposal of radioactive waste unlimited in time and without intended retrievability". In order to achieve this goal, it is intended in the Federal Republic of Germany to dispose of all types of radioactive waste in underground strata. For the long-term safety of such toxic element dumps (this applies not only to the disposal of radioactive waste), the following questions arise:

1. For what periods of time can dumped toxic elements be held off from the biosphere?
2. For what periods of time can the potential stressing of man by dumps be calculated?
3. Is it possible to ensure long-term safety for the underground dump?

The present-day geological and mineralogical-geochemical state of the earth is the result of a development process of 4.6 thousand million years which will also continue in future. Characteristic features of this complex process are cycles of matter and element redistributions which take place in and between the atmosphere, hydrosphere, pedosphere and lithosphere with varying intensity and rapidity. The causes of these phenomena are crustal movements, magma mobilization, weathering, water balance and climate.

igkeit stattfinden. Ursachen dieser Vorgänge sind Krustenbewegungen, Magmenmobilisation, Verwitterung, Wasserhaushalt und Klima.

Nur in den tieferen Gesteinsschichten der Lithosphäre laufen die natürlichen Transportvorgänge so langsam ab, daß eingebrachte Schadstoffe von der Biosphäre bis zu Millionen von Jahren wirksam ferngehalten werden können. Die durchschnittlichen Zeiträume für diese Kreisläufe betragen dagegen in und zwischen Pedosphäre und Hydrosphäre etwa 100 Jahre, in der Atmosphäre nur größenordnungsmäßig ein Jahr. Das heißt, daß sich in oberflächennahe Deponien eingebrachte Schadstoffe dort um ein Vielfaches schneller ausbreiten als in der Lithosphäre.

Für den Nachweis der Langzeitsicherheit müssen Sicherheitsanalysen durchgeführt werden, die nicht nur die geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten im Untergrund, sondern auch Veränderungen in der Umgebung des Menschen berücksichtigen müssen. Wir leben in einer Warmzeit, die vor etwa 10000 Jahren bis 14000 Jahren begann und deren Wärmeoptimum vor rund 6000 Jahren bis 4500 Jahren überschritten wurde. Aus geologischer Sicht könnte in einigen 1000 bis 10000 Jahren eine neue Kaltzeit beginnen. Vor diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung der menschlichen Einflüsse auf das Klima (z.B. CO<sub>2</sub>-Problem) sind daher innerhalb etwa der nächsten 10000 Jahre wesentliche klimabedingte Veränderungen der Umgebung des Menschen und damit der hydrogeologischen Verhältnisse nicht auszuschließen.

Das Schutzziel für die Zeit nach der Stilllegung eines Endlagers ist in den „Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in einem Bergwerk“ festgelegt. Die Forderung lautet: „Auch nach der Stilllegung dürfen Radionuklide, die als Folge von nicht vollständig ausschließbaren Transportvorgängen aus einem verschlossenen Endlager in die Biosphäre gelangen könnten, nicht zu Individualdosen führen, die die Werte des § 45 der Strahlenschutzverordnung überschreiten.“ Das bedeutet, daß die Dosis innerhalb der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenexposition bleiben muß, entsprechend einem Wert von 0,3 mSv/a (30 mrem/a).

Die hier geforderte Berechnung von Individualdosen ist daher für einen Zeitraum von etwa 10000 Jahren sinnvoll, in dem Veränderungen in der Umgebung des Menschen noch ausreichend genau vorausgesagt werden können. Diese zeitliche Begrenzung von Sicherheitsanalysen mit Individualdosenberechnung ist auch ausreichend. Betrachtet man z.B. die Endlagerung von Wiederaufarbeitungsabfällen und ggf. gewisse Mischkonzepte aus Wiederaufarbeitungsabfällen und direkter Endlagerung, kann festgestellt werden, daß bei Wirksamkeit der geologischen Systeme über größenordnungsmäßig 10000 Jahre das mit der Endlagerung verbundene potentielle Strahlenrisiko auf das natürliche, insgesamt vor Nutzung des Urans vorhandene, abgeklungen ist und daß die danach noch vorhandenen potentiellen Risiken kleiner sind als die Risiken, die aus den festen Abfallstoffen der wichtigsten anderen Energiequelle, der Kohleverbrennung, resultieren.

Für Zeiträume von größenordnungsmäßig 10000 Jahren bis zu einer Million Jahren haben die berechneten Individualdosen unter anderem den Sinn, das vorhersehbare Isolationsvermögen geologischer Systeme nuklidspezifisch zu bewerten. Hierdurch können z.B. die mit der Endlagerung verbundenen Sicherheitsreserven aufgezeigt und Entscheidungen über Endlageroptionen und Endlagertechniken auf eine feste Basis gestellt werden.

Only in the deeper strata of the lithosphere do the natural transport processes take place so slowly that toxic elements dumped can be held off from the biosphere for up to millions of years. In contrast to this, the average periods of time for such cycles in and between pedosphere and hydrosphere are of the order of about 100 years and in the atmosphere one year. This means that toxic elements disposed of in dumps near to the surface disperse much more rapidly than in the lithosphere.

In order to prove long-term safety, safety analyses must be carried out which must allow not only for the geological and hydrogeological conditions below ground but also for changes in man's environment. We are living in an interglacial interval which began about 10000 to 14000 years ago and whose thermal optimum was exceeded about 6000 to 4500 years ago. From the geological point of view, a new glacial period could begin in some thousand to ten thousand years. Before this background and with regard to the influence man exerts on the climate (e.g. the CO<sub>2</sub> problem), substantial changes in man's environment due to the climate and, thus, in the hydrogeological conditions cannot therefore be excluded in the next 10000 years.

The protection goal for the time after the shutdown of a repository is defined in the "Safety criteria for the disposal of radioactive waste in a mine". The requirement has the wording: "Even after the shutdown radionuclides which could get into the biosphere from a sealed repository as a result of transport processes which cannot be completely excluded must not lead to individual doses exceeding the values of article 45 of the Radiation Protection Ordinance." This means that the dose must be kept within the range of variation of the natural radiation exposition, i.e. 0.3 mSv/a (30 mrem/a).

The computation of individual doses required here is therefore reasonably carried out for a period of about 10000 years for which changes in man's environment can still be predicted with sufficient accuracy. This limitation in time of safety analyses with individual dose calculation is sufficient. When, for example, the disposal of waste from reprocessing and definite concepts of mixing radioactive waste from reprocessing with other wastes to be disposed of are considered, it can be stated that if the geological systems are efficient for a period of 10000 years, the potential risk connected with the disposal will have been reduced to the natural radiation risk which existed in total before uranium was used, and that the potential risks remaining after this period will be smaller than the risks resulting from the solid waste of the most important alternative energy source, i.e. from the combustion of coal.

For periods of 10000 to 1 million years, the calculated individual doses are intended, among other things, to nuclide-specifically evaluate the foreseeable insulating capacity of geological systems. This allows, for example, the safety reserves connected with the disposal to be made evident and decisions on options for repositories and disposal techniques to be given a safe basis.

It is not reasonable to evaluate the barriers for periods exceeding some million years which are typical of cycles of matter in the lithosphere. Dumps in lower strata of the lithosphere basically can hold off the dumped toxic elements from the biosphere for these long periods of time - at least predominantly -, but certainly not for periods beyond those of the natural cycles of matter.

The long-term safety analyses which were carried out for the Konrad repository show that during the period of about 10000

Eine Bewertung der Barrieren für Zeiträume jenseits der für Stoffkreisläufe in der Lithosphäre typischen einigen Millionen Jahre ist nicht sinnvoll: Deponien in den tieferen Gesteinsschichten der Lithosphäre können die deponierten Schadstoffe zwar grundsätzlich über diese sehr langen Zeitabschnitte – zumindest überwiegend – von der Biosphäre fernhalten, aber sicherlich nicht wesentlich über die für die natürlichen Stoffkreisläufe geltenden Zeiträume hinaus.

Die abgeschlossenen Langzeitsicherheitsanalysen für das geplante Endlager Konrad zeigen, daß in dem zu betrachtenden Zeitraum von ca. 10000 Jahren keine Kontamination der Biosphäre durch endgelagerte radioaktive Abfälle und somit keine zur natürlichen Strahlendosis zusätzliche Strahlenexposition auftritt.

### Forschungs- und Entwicklungs-(F+E)-Arbeiten

Die Abteilung SE führt keine eigenen Forschungsarbeiten im Grundlagenbereich durch. Sie verfolgt diese vom BMFT geförderten Arbeiten, berücksichtigt deren Ergebnisse bei Planung, Errichtung und Betrieb dieser Anlagen und regt ggf. derartige Arbeiten an. Zur Lösung der bei den Planungsarbeiten auftretenden Probleme werden in der Regel anlagenbezogene Untersuchungen durch Dritte bearbeitet. Diese Auftragsarbeiten werden von der PTB initiiert, koordiniert und geprüft. Lediglich zur Optimierung der Auslegung und sicherheitstechnischen Beurteilung der Sicherstellungs- und Endlager sowie für den Transport von Kernbrennstoffen führt die Abteilung selbst Untersuchungen aus.

In Abstimmung mit den zuständigen Bundesressorts wurden die Aufgaben zwischen PTB und BMFT und damit zwischen Grundlagen-F+E- und anlagenbezogenen F+E-Arbeiten abgegrenzt:

- Der BMFT ist zuständig für die Entwicklung und prototypische Erprobung von neuen Methoden, Geräten, Verfahren und Modellen, die zum Nachweis der grundsätzlichen sicherheitstechnischen Realisierbarkeit von Sicherstellungs- und Endlagerkonzepten notwendig sind, sowie für wesentliche Änderungen an diesen Methoden, Geräten, Verfahren und Modellen, wenn deren Genehmigungsfähigkeit von einer erneuten prototypischen Erprobung abhängt.
- Die PTB ist zuständig für die Erarbeitung von standort- und anlagenbezogenen Unterlagen für die Genehmigungsverfahren, standort- und anlagenbezogene Anwendung bekannter Methoden, Geräte, Verfahren und Modelle sowie deren Anpassung an die Anforderungen im großindustriellen Maßstab betriebener Sicherstellungs- und Endlager.

Die PTB ist an den Vorhaben des BMFT, insbesondere bei der Vorgabe von Terminen und endlagerrelevanten Rahmenbedingungen, beteiligt. Außerdem erarbeitet sie Alternativvorschläge, falls erwartete Ergebnisse nicht erreicht werden.

### Abfallbehälter

Voraussetzung für einen reibungslosen Einlagerungsablauf und eine einfache Handhabung ist ein auf die sicherheitstechnischen und betrieblichen Belange abgestimmtes System standardisierter Abfallbehälter. Damit wird auch dem Wunsch der Abfallverursacher nach allgemein verbindlichen Anforderungen an Abfallbehälter Rechnung getragen. Derzeit konzentrieren sich die Arbeit-

years considered, there will be no contamination of the biosphere by radioactive waste disposed of and, thus, no exposition to radiation in addition to the natural radiation dose.

### Research and development (R + D) work

The SE Division does not carry out basic research work of its own. It follows up this work sponsored by the BMFT and takes the results into account in the planning, construction and operation of these plants and also suggests such work. To solve the problems arising during the planning work, plant-related investigations are generally carried out by third parties. This commissioned work is initiated, coordinated and examined by the PTB. The Division carries out its own investigations only with a view to optimizing the design and assessing the stores for long-term storage and disposal as regards aspects of technical safety, and in connection with the transport of nuclear fuel.

In coordination with the competent federal departments, the tasks of the PTB and the BMFT and thus of basic and plant-related R + D work have been defined as follows:

- The BMFT is responsible for the development and prototype testing of new methods, instruments, procedures and models which are necessary to prove that the concepts of long-term storage and disposal are basically feasible from the safety engineering aspect: it is furthermore responsible for substantial changes of these methods, instruments, procedures and models if these can only be approved after a new prototype test has been carried out.
- The PTB is responsible for obtaining data on the respective site and plant for the approval procedures, the application of known methods, instruments, procedures and models on these sites and in these plants and their adaptation to the requirements of stores for the long-term storage and the disposal of radioactive waste operated on a large industrial scale.

The PTB cooperates in the BMFT projects, in particular in time scheduling and the stipulation of basic repository-related conditions. It furthermore elaborates alternative proposals when the expected results are not obtained.

### Waste containers

The prerequisite for a smooth emplacement process and simple handling is a system of standardized waste containers adapted to the necessities of safety engineering and operation. This also takes into account the request of the waste producers for generally binding requirements for waste containers. At present, work is concentrated on the standardization of containers earmarked for disposal in the Konrad mine.

The standardization of the containers has been achieved step by step in a harmonization process between the PTB, DBE and the waste producers. Among other things, marginal conditions of the planning work for the Konrad mine which has meanwhile made progress, the requirements of the licensing authorities and suggestions of third parties have been included in the considerations.

Today's standardization covers a total of 12 types of containers/packagings. Their shapes and dimensions allow for the marginal conditions for the handling and emplacement in the Konrad mine.

ten auf die Behälterstandardisierung für die geplante Endlagerung in der Schachanlage Konrad.

Die Standardisierung der Behälter ist schrittweise unter Mitwirkung der PTB, der DBE und den Abfallverursachern abgestimmt worden. Dabei wurden u.a. Randbedingungen aus dem inzwischen weiter fortgeschrittenen Planungsstand für die Schachanlage Konrad, Forderungen der Genehmigungsbehörden sowie Anregungen Dritter in die Überlegungen einbezogen.

Die jetzige Standardisierung umfaßt insgesamt 12 Behältertypen/Verpackungen. Sie berücksichtigen in Form und Abmessungen die Randbedingungen für die Handhabung und Einlagerung in der Schachanlage Konrad.

Nr.	Bezeichnung	Außenabmessungen			Bruttovolumen (m <sup>3</sup> )	Gebinde- masse (Mg)
		Länge/ Ø (mm)	Breite (mm)	Höhe (mm)		
<b>Betonbehälter</b>						
1	Typ I <sup>1)</sup>	Ø1060	-	1370 <sup>1)</sup>	1.2	ca. 3...4
2	Typ II <sup>2)</sup>	Ø1060	-	1510 <sup>2)</sup>	1.4	ca. 3...4
3	Typ III <sup>3)</sup>	Ø1400	-	2000	3.1	ca. 10...13
<b>Gußbehälter</b>						
4	Typ I <sup>4)</sup>	Ø 900	-	1150	0.7	ca. 3...6
5	Typ II <sup>4)</sup>	Ø1060	-	1500 <sup>3)</sup>	1.3 (1.2)	ca. 7...12
6	Typ III <sup>4)</sup>	Ø1000	-	1240	1.0	ca. 3...6
<b>Container</b>						
7	Typ I <sup>5)</sup>	1600	1700	1450 <sup>6)</sup>	3.8	MA 20.0
8	Typ II <sup>5)</sup>	1600	1700	1700	4.6	MA 20.0
9	Typ III <sup>5)</sup>	3000	1700	1700	8.7	MA 20.0
10	Typ IV <sup>5)</sup>	3000	1700	1450 <sup>6)</sup>	7.4	MA 20.0
11	Typ V <sup>5)</sup>	3200	2000	1700	10.9	MA 20.0
12	Typ VI <sup>5)</sup>	1600	2000	1700	5.4	MA 20.0

<sup>1)</sup> Höhe 1370 mm + Lasche von 90 mm = 1460 mm

<sup>2)</sup> Höhe 1510 mm + Lasche von 90 mm = 1600 mm

<sup>3)</sup> und Höhe von 1370 mm Typ KfK

<sup>4)</sup> Anlieferung auf Palette

<sup>5)</sup> Containerwerkstoffe sind z.B. Stahlblech, Guß, Stahlbeton

<sup>6)</sup> Stapelhöhe 1400 mm

Table 1:  
Standardisierte Behälter für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen in der Schachanlage Konrad.

Die Spezifikationen und Abmessungen der Standardbehälter sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Dabei wird zwischen drei Grundtypen unterschieden:

- zylindrische Betonbehälter,
- zylindrische Gußbehälter und
- Container.

Die Behälterstandardisierung bezieht sich ausschließlich auf allgemein verbindliche Anforderungen. Den Abfallverursachern und Abfalllieferern ist damit die Möglichkeit gegeben, durch Wahl geeigneter Materialien, Wandstärken usw. Behälter bzw. Verpackungen entsprechend ihres jeweiligen Bedarfs zu entwickeln bzw. deren Optimierung vorzunehmen, sofern sie den angegebenen Außenabmessungen und Massen entsprechen, die sicherheitstechnischen Anforderungen der Endlagerung erfüllen und die sonstigen Anforderungen (z.B. aus den Typ-A- oder Typ-B-Prüfungen gemäß Transportvorschriften) eingehalten werden.

No.	Designation	External dimensions			Gross volume (m <sup>3</sup> )	Mass of waste package (Mg)
		length/ dia. (mm)	width (mm)	height (mm)		
<b>Concrete containers</b>						
1	Type I <sup>1)</sup>	Ø1060	-	1370 <sup>1)</sup>	1.2	ca. 3...4
2	Type II <sup>2)</sup>	Ø1060	-	1510 <sup>2)</sup>	1.4	ca. 3...4
3	Type III <sup>3)</sup>	Ø1400	-	2000	3.1	ca. 10...13
<b>Cast-material containers</b>						
4	Type I <sup>4)</sup>	Ø 900	-	1150	0.7	ca. 3...6
5	Type II <sup>4)</sup>	Ø1060	-	1500 <sup>3)</sup>	1.3 (1.2)	ca. 7...12
6	Type III <sup>4)</sup>	Ø1000	-	1240	1.0	ca. 3...6
<b>Boxes</b>						
7	Type I <sup>5)</sup>	1600	1700	1450 <sup>6)</sup>	3.8	MA 20.0
8	Type II <sup>5)</sup>	1600	1700	1700	4.6	MA 20.0
9	Type III <sup>5)</sup>	3000	1700	1700	8.7	MA 20.0
10	Type IV <sup>5)</sup>	3000	1700	1450 <sup>6)</sup>	7.4	MA 20.0
11	Type V <sup>5)</sup>	3200	2000	1700	10.9	MA 20.0
12	Type VI <sup>5)</sup>	1600	2000	1700	5.4	MA 20.0

<sup>1)</sup> height 1370 mm + lug 90 mm = 1460 mm

<sup>2)</sup> height 1510 mm + lug 90 mm = 1600 mm

<sup>3)</sup> and height of 1370 mm. KfK type (KfK = Karlsruhe Nuclear Research Centre)

<sup>4)</sup> supplied on pallet

<sup>5)</sup> materials are e.g. steel plate, cast iron, reinforced concrete

<sup>6)</sup> stacking height 1400 mm

Table 1:  
Standardized containers for the disposal of radioactive waste in the Konrad mine.

The specifications and dimensions of standard containers have been compiled in Table 1. A distinction is made between three basic types:

- cylindrical concrete containers,
- cylindrical cast-material containers, and
- boxes.

The standardization of containers is based exclusively on generally binding requirements. The waste producers and waste suppliers are thus given the opportunity of designing containers and/or packagings according to their respective needs by choosing suitable materials, wall thicknesses etc., or optimizing them provided that they are in compliance with the external dimensions and masses stated, that they meet the disposal safety requirements and that the other requirements (e.g. of the type A and type B tests according to the transport regulations) are observed.

## Amount of radioactive waste produced

On behalf of the BMU, the PTB registers the amounts of radioactive waste annually produced in the Federal Republic of Germany. In 1985, the stock of unconditioned and conditioned radioactive waste was determined for the first time for the year 1984 on a producer-specific basis (Table 2).

### Mengenaufkommen radioaktiver Abfälle

Im Auftrag des BMU erfaßt die PTB jährlich die in der Bundesrepublik Deutschland angefallenen radioaktiven Abfallmengen. Der Bestand an unkonditionierten und konditionierten radioaktiven Abfällen wurde 1985 erstmals verursacherspezifisch für das Jahr 1984 ermittelt (Tabelle 2).

Verursachergruppen-spezifische Herkunft	Rohabfall [m <sup>3</sup> ]	Konditionierter Abfall [m <sup>3</sup> ]		
	Bestand am 31.12.1985	Bestand am 31.12.1985	Anfall 1.1.1985 - 31.12.1985	geschätzter Anfall in 1986
Wiederaufarbeitung	136 <sup>1)</sup>	5786 <sup>2)</sup>	651 <sup>3)</sup>	650 <sup>3)</sup>
Kernkraftwerke	3078	9910	2583	3170
Landessammelstellen	942	1770	65	350
Forschung	1186 <sup>4)</sup>	11167	1121	2126
kerntechn. Industrie	873	859	188	115
sonstige Verursacher	25	68	14	14
Σ	6240	2960	4622	6425

- <sup>1)</sup> einschließlich von 52,4 m<sup>3</sup> Spaltproduktkonzentraten
- <sup>2)</sup> einschließlich 213 m<sup>3</sup> signifikant wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle
- <sup>3)</sup> einschließlich 28,9 m<sup>3</sup> signifikant wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle
- <sup>4)</sup> zzgl. von KfK-eigenen Reststoffen, die einen noch nicht quantifizierbaren Anteil an radioaktiven Abfällen enthalten

Tabelle 2: Vorhandene und anfallende Mengen an unkonditionierten und konditionierten radioaktiven Abfällen.

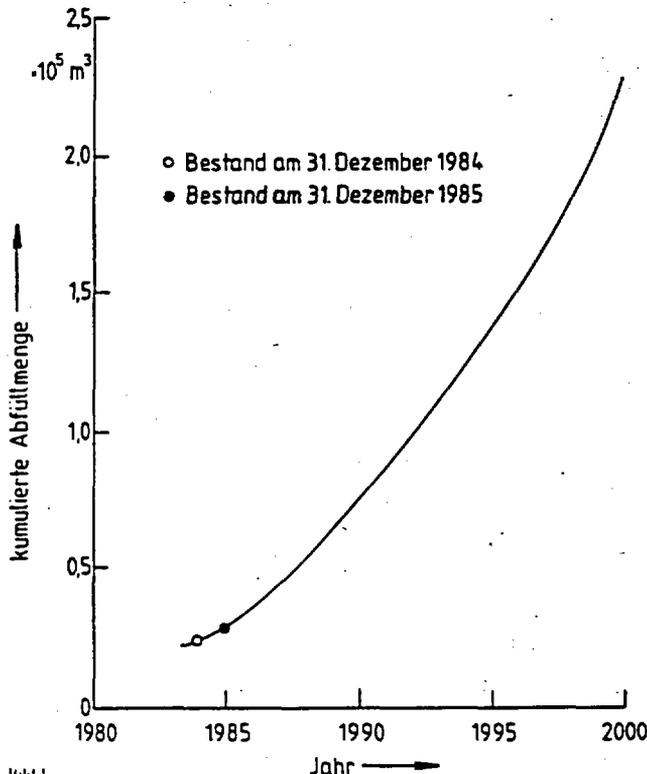


Bild 1: Prognose über zukünftig anfallende Mengen konditionierter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigter Wärmeentwicklung.

Up to the year 2000, a cumulated amount of waste of about 242000 m<sup>3</sup> is to be reckoned with 3% of which will belong to the waste generating heat. The expected amounts of conditioned waste with negligible heat generation can be seen in Fig. 1.

Producer-specific origin	Primary waste [m <sup>3</sup> ]	Conditioned waste [m <sup>3</sup> ]		
	Stock on 31.12.1985	Stock on 31.12.1985	Production 1.1.1985 to 31.12.1985	Estimated production in 1986
Reprocessing	136 <sup>1)</sup>	5786 <sup>2)</sup>	651 <sup>3)</sup>	650 <sup>3)</sup>
Nuclear power plants	3078	9910	2583	3170
Collecting depots of the Laender	942	1770	65	350
Research	1186 <sup>4)</sup>	11167	1121	2126
Nuclear industry	873	859	188	115
Other waste producers	25	68	14	14
Σ	6240	2960	4622	6425

- <sup>1)</sup> incl. 52.4 m<sup>3</sup> of fission product concentrates
- <sup>2)</sup> incl. 213 m<sup>3</sup> of radioactive waste of significant heat generation
- <sup>3)</sup> incl. 28.9 m<sup>3</sup> of radioactive waste of significant heat generation
- <sup>4)</sup> plus residues from Karlsruhe Nuclear Research Centre (KfK) containing a non-quantifiable portion of radioactive waste

Table 2: Amounts of unconditioned and conditioned radioactive waste already in stock and expected to be produced.

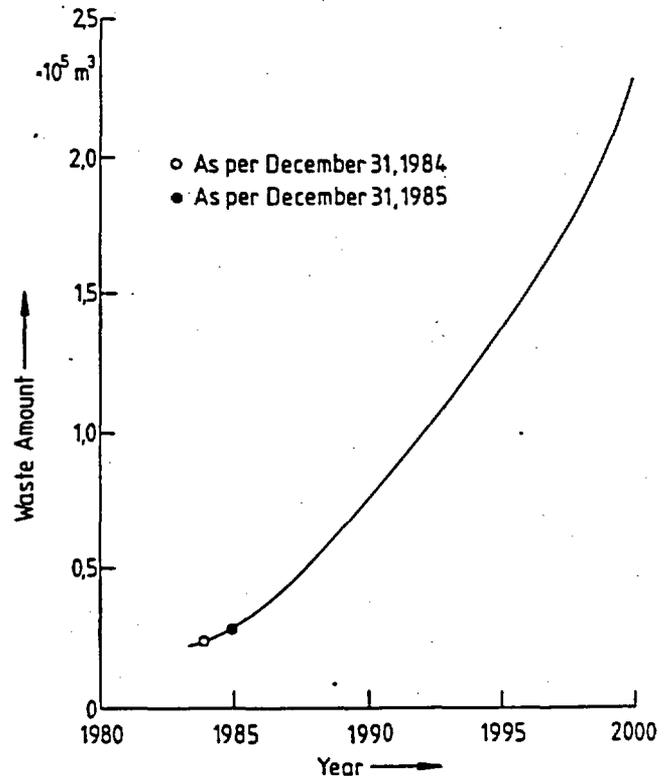


Fig. 1: Expected amounts of conditioned radioactive waste with negligible heat generation in the Federal Republic of Germany.

Bis zum Jahr 2000 ist mit einer kumulierten Abfallmenge von etwa 242(000) m<sup>3</sup> zu rechnen, von denen etwa 3% zu den wärmeentwickelnden Abfällen zu rechnen sind. Die Prognose über künftig anfallende Mengen konditionierter Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung ergibt sich aus Bild 1.

### Produktkontrolle radioaktiver Abfälle

Die zur Endlagerung gelangenden radioaktiven Abfälle müssen von der PTB vorgegebenen Endlagerungsbedingungen genügen. Die Produktkontrolle dient dazu, die Einhaltung dieser Anforderungen zu prüfen. Dabei wird angestrebt, die Produktqualität vorrangig bei der Verarbeitung des radioaktiven Abfalls sicherzustellen und in qualifizierten Verfahren durch

- Voruntersuchungen z.B. an Rohabfall und Fixierungsmittel.
- Anforderungen an die apparative Ausrüstung der Verfahrenslinien.
- Prozeßinstrumentierung und
- Prozeßführung und -überwachung

zu gewährleisten.

Produktkontrolle und Verantwortungsbereiche der Beteiligten werden wie folgt organisiert:

- Die Abfallablieferer gewährleisten die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch in Eigenverantwortung durchgeführte Maßnahmen und weisen die Wirksamkeit dieser Maßnahmen nach.
- Die Produktkontrollstelle beurteilt die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch Prüfung der Dokumentation der Abfallablieferer. Stichprobenprüfungen an Abfallgebinden und Qualifikation und Inspektion von Konditionierungsverfahren.
- Die Endlagerbetriebsgesellschaft (DBE) führt die mit Abruf und Einlagerung verbundenen Arbeiten durch, beispielsweise Kontrolle der Begleitpapiere von Abfallgebinden und Dokumentation der Abfalldaten. Prüfungen von Abfallgebinden am Endlager (Eingangskontrolle) werden insbesondere aus Strahlenschutzgründen durchgeführt.
- Der Endlagerbetreiber (PTB) überwacht die ordnungsgemäße Durchführung der Produktkontrolle und entscheidet bei der Feststellung von Abweichungen und Mängeln über die weitere Behandlung dieser Abfallgebinde.

Die Aufsicht der Länder über die Konditionierungsanlagen wird von diesen Regelungen nicht berührt.

### Vorausleistungen der Abfallverursacher

Die Einrichtung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle nach § 9a Abs. 3 AtG ist mit erheblichen Kosten verbunden. Diese sind nach § 21b AtG von den Verursachern zu tragen. Hierzu wurde am 28. April 1982 die „Verordnung über Vorausleistungen für die Einrichtung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle (Endlagervorausleistungsverordnung-Endlager VIV)“ erlassen. Danach erhebt die PTB Vorausleistungen auf die zu entrichtenden Beiträge zur Deckung des notwendigen Aufwandes für die Einrichtung dieser Anlagen.

### Waste package quality control

The radioactive waste supplied for disposal must meet the waste acceptance requirements specified by the PTB. It is the purpose of quality control to check whether these requirements are met. The intention is to ensure product quality primarily during radioactive waste processing and to guarantee it by qualified procedures by means of

- preliminary checks, e.g. of the primary waste and the immobilization materials.
- requirements for the equipment of the process lines with apparatuses.
- process instrumentation, and
- process control and monitoring.

The waste package quality control and the spheres of responsibility of all those concerned are organized as follows:

- The waste suppliers guarantee compliance with the disposal conditions by measures taken on their own responsibility and furnish proof of the effectiveness of these measures.
- The quality control group judges whether disposal conditions have been complied with by examining the documentation submitted by the waste suppliers, by sampling tests of waste packages and by the qualification and inspection of conditioning processes.
- The DBE carries out the work connected with the recall and emplacement, for example, checking of the shipping documents accompanying the waste packages and of the waste data documentation. Upon arrival at the repository, the waste packages are subjected to tests (intake control), particularly with respect to radiation protection.
- The operator of the repository (PTB) supervises the orderly execution of the waste package quality control and takes the necessary decisions concerning the future fate of this waste if deviations or faults are detected.

The supervision of the conditioning plants by the Länder remains unaffected by these regulations.

### Advance payments of waste producers

The construction of federal installations for the long-term storage and disposal of radioactive waste under section 9a para. 3 Atomic Energy Act involves considerable costs. Pursuant to section 21b Atomic Energy Act these costs must be borne by the waste producers. To this end, on April 28, 1982, the "Verordnung über Vorausleistungen für die Einrichtung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle (Endlagervorausleistungsverordnung-Endlager VIV)" (Ordinance on advance payments for the construction of federal installations for the long-term storage and disposal of radioactive waste) was issued. On the basis of this ordinance the PTB requires advance payments for the amounts to be paid to cover the outlay necessary for the construction of these installations.

Die Verordnung sieht ferner vor, daß die Vorausleistungen in Höhe des jährlichen Investitionsaufwandes für Endlagerarbeiten erhoben werden. Dies trifft für alle Großanwender radioaktiver Stoffe zu: Wiederaufarbeitungsanlagen, Kernkraftwerke, Brennelementfabriken, Großforschungszentren. Von Landessammelstellen werden keine Vorausleistungen erhoben.

Die Vorausleistungen können erhoben werden, wenn notwendiger Aufwand entstanden ist für

- anlagenbezogene Forschung und Entwicklung.
- Erwerb von Grundstücken und Rechten.
- Planung.
- Errichtung, Erweiterung und Erneuerung.

Der notwendige Aufwand wird nach den tatsächlich entstandenen Kosten ermittelt. Vor Beginn eines jeden Kalenderjahres werden die vorgesehenen Arbeiten offengelegt und ein Kostenvoranschlag erstellt. Nach Ablauf des Kalenderjahres wird der gesamte notwendige Aufwand ermittelt und von den Verursachern durch Bescheid erhoben.

Der notwendige Aufwand wird aufgeteilt

- zu 75,5% auf Vorausleistungspflichtige, denen eine Genehmigung nach § 7 AtG für eine Anlage zur Aufarbeitung verbrauchter Brennelemente mit einer Leistung von mehr als 50 Jahrestonnen erteilt worden ist oder die einen solchen Antrag gestellt haben.

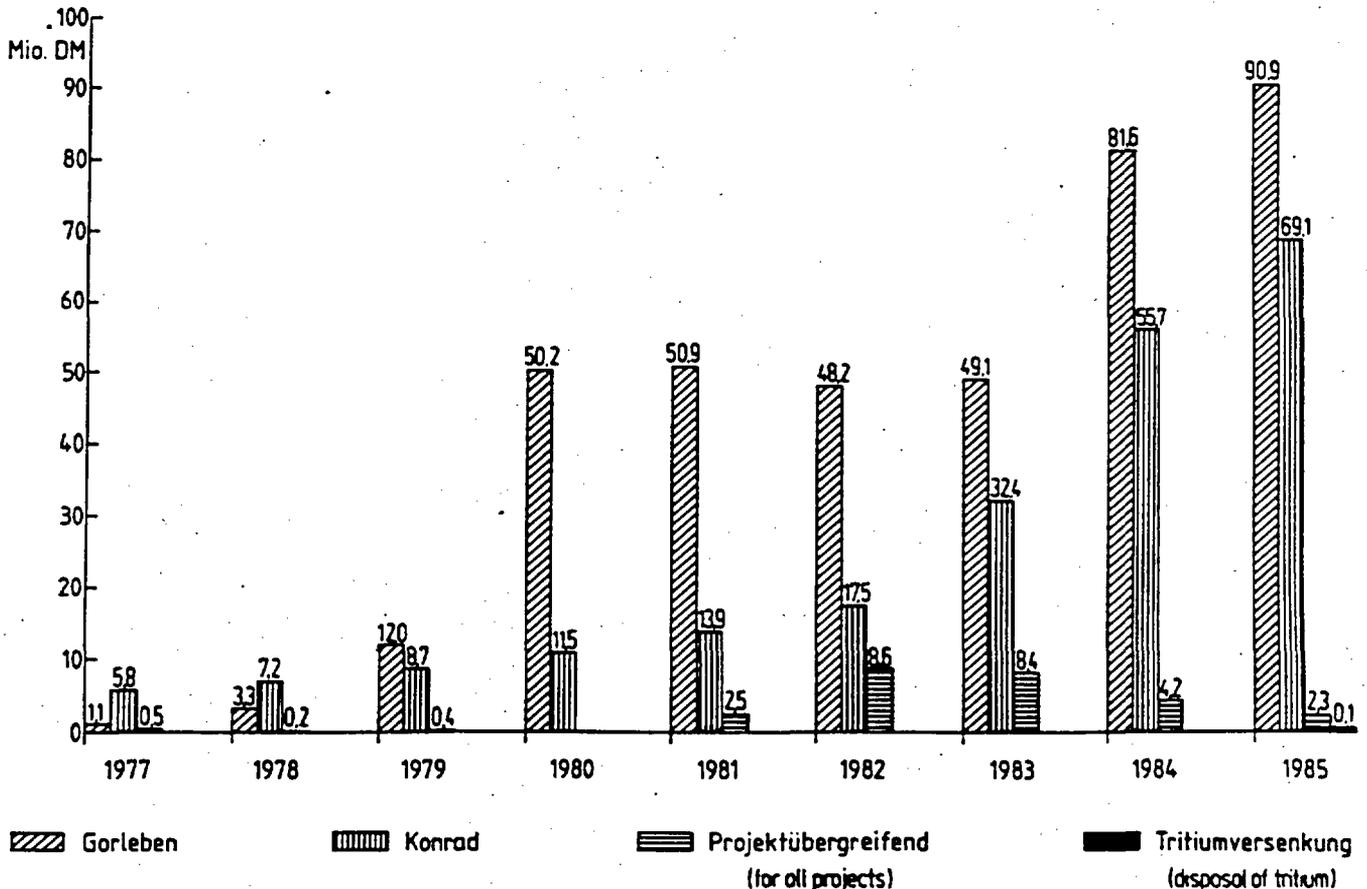


Bild 2  
Jährliche Kosten für die Endlagerprojekte auf der Basis des notwendigen Aufwands gemäß Endlagerausweisungsverordnung

The ordinance provides that advance payments are charged to the amount of the annual investment expenditure for work carried out in connection with the repositories. This applies to all large-scale users of radioactive substances: reprocessing plants, nuclear power plants, fuel element works, large-scale research centres. No advance payments must be made by the collecting depots of the Länder.

Advance payments may be required for requisite expenses incurred for

- research and development in connection with the plants.
- purchase of real estate and rights.
- planning.
- construction, extension and renovation.

The requisite outlay is determined according to the costs actually incurred. Before the beginning of every calendar year the planned work is disclosed and an estimate of costs made. At the end of the calendar year the overall requisite expenditure is determined and invoiced to the waste producers.

The requisite outlay is apportioned as follows:

- 75,5% to parties liable to advance payments, who, under section 7 Atomic Energy Act, have been granted a licence for a reprocessing plant for spent fuel elements with a capacity of more than 50 tons/year, or who have filed an application to this effect.

Fig. 2  
Annual costs for the repository projects on the basis of the requisite expenses pursuant to the Disposal Advance Payment Ordinance

- zu 4% auf Vorausleistungspflichtige, denen eine Genehmigung nach § 7 AtG für eine Anlage zur Aufarbeitung verbrauchter Brennelemente mit einer Leistung bis zu 50 Jahrestonnen erteilt worden ist.
- zu 17,5% auf Vorausleistungspflichtige, denen eine Genehmigung nach § 7 AtG für eine Anlage zur Spaltung von Kernbrennstoffen mit einer elektrischen Leistung von mehr als 200 Megawatt erteilt worden ist.
- zu 3% auf Vorausleistungspflichtige, denen eine Genehmigung nach § 7 AtG oder eine Genehmigung nach den §§ 6 oder 9 AtG oder nach § 3 StrlSchV erteilt worden ist.

Vor der Verteilung werden die in dem betreffenden Jahr von den Landessammelstellen für die Endlagerung erhobenen und an die PTB abgeführten Kosten und Entgelte vom notwendigen Aufwand abgezogen.

Seit 1982 werden die notwendigen Aufwendungen, die dem Bund durch anlagenbezogene Arbeiten entstanden sind, von der PTB jährlich per Bescheid von den Abfallverursachern zurückgefordert. Insgesamt sind in den Jahren 1977 bis 1985 Kosten in Höhe von 636,2 Mio. DM entstanden. Dabei entfallen auf das Projekt Gorleben 387,3 Mio. DM, auf das Projekt Konrad 221,7 Mio. DM, auf das Projekt Tritium 0,07 Mio. DM und projektübergreifend 27,1 Mio. DM. Das Diagramm zeigt die Verteilung auf die Jahre 1977 bis 1985 und auf die Projekte.

## Transporte von radioaktiven Stoffen

Folgende radioaktive Materialien sind zwischen den wichtigsten Stationen des Kernbrennstoffkreislaufs sowie bei der Ver- und Entsorgung medizinischer, technischer und wissenschaftlicher Einrichtungen zu befördern:

- Natururan zu den Anreicherungsanlagen.
- angereichertes Uran und Plutonium zu den Brennelementefabriken.
- Brennelemente mit Uran und Plutonium zu den Kernkraftwerken.
- abgebrannte Brennelemente zu Zwischenlagern oder zu den Wiederaufarbeitungsanlagen.
- Abfälle zu Landessammelstellen, Zwischenlagern oder Endlagern und
- sonstige radioaktive Stoffe, wie Kobalt-60, Cäsium-137, Molybdän-99.

Die Beförderung dieser radioaktiven Stoffe – unterschieden in Kernbrennstoffe und sonstige radioaktive Stoffe – ist in der Bundesrepublik Deutschland und grenzüberschreitend lückenlos geregelt. Die nationalen Regelungen entsprechen im Hinblick auf die verkehrsrechtlichen Vorschriften den IAEA-Empfehlungen (International Atomic Energy Agency, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials), die auch den internationalen Verkehrsvorschriften und den nationalen Verkehrsvorschriften aller IAEA-Mitgliedsstaaten zugrunde liegen.

Im Geltungsbereich des deutschen Rechts gelten außerdem die Regelungen des AtG und der Strahlenschutzverordnung, StrlSchV, die u.a. die Einhaltung der verkehrsrechtlichen Vorschriften voraussetzen.

- 4% to parties liable to advance payments, who, under section 7 Atomic Energy Act, have been granted a licence for a reprocessing plant for spent fuel elements with a capacity of up to 50 tons/year.
- 17.5% to parties liable to advance payments, who, under section 7 Atomic Energy Act, have been granted a licence for a plant for the fission of nuclear fuel with a capacity of more than 200 megawatts.
- 3% to parties liable to advance payments, who, under section 7 Atomic Energy Act, section 6 or 9 Atomic Energy Act or section 9 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV, Radiation Protection Ordinance), have been granted a licence.

Prior to the apportionment, the costs and charges levied by the collecting depots of the Laender for the respective year and paid to the PTB are deducted from the requisite outlay.

Since 1982, on the basis of an invoice, the PTB has required from the waste producers an annual reimbursement of the requisite costs which the Federal Government has incurred for work pertaining to the plant. From 1977 to 1985, overall costs to the amount of 636.2 million Deutsche Mark accrued. Of this amount, 387.3 million Deutsche Mark was spent on the Gorleben project, 221.7 million on the Konrad project, 0.07 million Deutsche Mark on the tritium project and 27.1 million Deutsche Mark as general expenses for all projects. The diagram shows the distribution of the costs in the years 1977 to 1985 and between the projects.

## Transport of radioactive substances

The following radioactive substances must be transported to and from various facilities during the most important stages of the nuclear fuel cycle, for the supply of medical, technical and scientific centres and within the scope of the management of the nuclear waste produced by such centres:

- natural uranium to the enrichment plants,
- enriched uranium and plutonium to the fuel element works,
- fuel elements containing uranium and plutonium to the nuclear power plants,
- spent fuel elements to interim stores or to the reprocessing plants,
- waste to the collecting depots of the Laender, interim stores or repositories, and
- other radioactive substances, such as cobalt-60, cesium-137, molybdenum-99.

Tight regulations have been established for the transport of these radioactive substances – a distinction being made between nuclear fuel and other radioactive substances – inside the Federal Republic and for transport across borders. As far as the traffic law regulations are concerned, the national regulations correspond to the recommendations of the International Atomic Energy Agency (IAEA, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Materials) which also form the basis of international traffic regulations and of the national traffic regulations of all IAEA member states.

Durch die verkehrsrechtlichen Vorschriften wird im wesentlichen die Sicherheit der Personen geregelt, die von der Beförderung betroffen sein können. Das sind insbesondere die Bürger, die an den Beförderungswegen wohnen, und die Personen, die die Versandstücke oder Sendungen handhaben und befördern. Dabei wird die Sicherheit sowohl beim unfallfreien Transport als auch bei unterstellten Unfallszenarien betrachtet.

Entsprechend der zugrunde liegenden Sicherheitsphilosophie und im Hinblick auf das Ziel, die Vorschriften für alle Verkehrsträger gleich zu gestalten, wurde die Sicherheit in das Versandstück (Versandstück = Verpackung und radioaktiver Inhalt) selbst gelegt. Dafür wurden drei verschiedene Wege gewählt:

1. Begrenzung des radioaktiven Inhalts in nicht unfallsicheren Verpackungen (Typ-A-Versandstücke).
2. Vorschriften für Stoffe mit geringen spezifischen Aktivitäten, für die es z.Z. keine Begrenzung der Gesamtaktivität gibt. Hierbei handelt es sich ebenfalls um nicht unfallsichere Verpackungen: die Sicherheit wird durch die begrenzte spezifische Aktivität gewährleistet.
3. Keine allgemeine Begrenzung des zulässigen Inhalts in „unfallsicheren“ Verpackungen (Typ-B(U)- oder Typ-B(M)-Versandstücke, wobei „U“ für unilateral und „M“ für multilateral steht).

Die nationalen und internationalen Verkehrsvorschriften schreiben eine Zulassungspflicht für die unfallsicheren Verpackungen und für die Verpackungen für Kernbrennstoffe vor, wobei unterschieden wird zwischen

- unilaterale Zulassungen durch die zuständige Behörde des Ursprungslandes des Versandstückes und
- multilaterale Zulassungen die von den zuständigen Behörden jedes Landes, das von der Sendung berührt wird, anerkannt sein müssen.

Zulassungen für Versandstücke für Kernbrennstoffe bedürfen im allgemeinen – auch gemäß den Empfehlungen der IAEA – der Anerkennung oder Zulassung durch jeden Staat, der von der entsprechenden Sendung berührt wird.

Die in der Bundesrepublik Deutschland zuständige Behörde für die Zulassung von Versandstücken ist die PTB, die in enger Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Materialprüfung – entsprechend einer Richtlinie des Bundesministers für Verkehr – im Zulassungsverfahren insbesondere den Nachweis für folgende Anforderungen prüft und begutachtet:

- mechanische Stabilität,
- thermische Widerstandsfähigkeit,
- ausreichende Abschirmwirkung,
- sichere Einhaltung der Unterkritikalität bei Kernbrennstoffen und
- qualitätssichernde Maßnahmen bei der Herstellung und während des Betriebs.

Das Sicherheitskonzept der IAEA und damit das der verkehrsrechtlichen Vorschriften ist vollständig auf der Gewährleistung der Sicherheit durch das Versandstück aufgebaut. Aus diesem Grunde sind Beförderungsgenehmigungen nur in Einzelfällen gefordert, z.B. bei

Within the scope of application of German law, the provisions of the Atomic Energy Act and the Radiation Protection Ordinance are also applicable, these presupposing, among other things, that the regulations of the traffic law are complied with.

The traffic law regulations essentially regulate the safety of persons who may be affected by the transport. These are in particular inhabitants living along the transport routes and persons who handle and transport the packages or consignments. Reference is made here both to safety during accident-free transport and to safety in the case of assumed incident scenarios.

In compliance with the underlying safety philosophy and in view of the aim of establishing uniform regulations for all carriers, the safety was made intrinsic to the package itself (package = packaging with radioactive content).

Three different means of achieving this were chosen:

1. Limitation of the radioactive content of non accident-proof packagings (type A packages).
2. Prescriptions for substances of low specific activity, the total activity of which has not so far been limited. Here, too, non accident-proof packagings are concerned, safety being guaranteed by the limited specific activity.
3. No general limitation of the permissible content in "accident-proof" packagings (type B(U) or type B(M) packages, "U" standing for unilateral and "M" for multilateral).

National and international traffic regulations prescribe obligatory approval of the accident-proof packagings and of packagings for nuclear fuel, a distinction being made between:

- unilateral approvals issued by the competent authority of the country of origin of the package, and
- multilateral approvals recognized by the competent authorities of all countries through which the consignment passes.

In general, approvals of packages for nuclear fuel must be recognized by all countries through which the respective consignment passes; this is also in compliance with IAEA recommendations.

In the Federal Republic of Germany, the PTB is the authority responsible for the approval of packages. In accordance with a directive of the Federal Minister of Transport and in close cooperation with the Federal Institute for Materials Testing, within the scope of the approval procedure, the PTB tests and assesses in particular, compliance with the following requirements:

- mechanical stability,
- thermal resistance,
- adequate shielding effect,
- safe observance of subcriticality in the case of nuclear fuel, and
- quality assurance measures during manufacture and operation.

The IAEA safety concept and consequently that of the traffic law regulations are entirely based on the fact that safety is guaranteed by the package. For this reason transport licences are required only in particular cases, e.g. for

- Versandstücken des Typ B(M).
- Versandstücken der nuklearen Sicherheitsklasse III und
- der Beförderung aufgrund besonderer Vorkehrungen.

Zuständig für die Erteilung der Beförderungsgenehmigungen ist die PTB.

Im AtG und in den damit in Zusammenhang stehenden Verordnungen, wie z.B. StriSchV und atomrechtliche Deckungsvorsorge-Verordnung (AtDeckV) sind Regelungen getroffen, die sich einerseits auf die verkehrsrechtlichen Vorschriften beziehen und andererseits weitere, insbesondere administrative Vorschriften und Voraussetzungen festlegen:

- Nachweis der Zuverlässigkeit von Antragsteller, Beförderer und ausführenden Personen.
- Nachweis der vorhandenen Fachkenntnisse.
- Nachweis der Gewährleistung der Einhaltung der verkehrsrechtlichen Vorschriften (dies ist die verbindende Vorschrift zwischen Verkehrsrecht und Atomrecht).
- Nachweis der Vorsorge für die Erfüllung gesetzlicher Schadensersatzverpflichtungen/Deckungsvorsorge.
- Nachweis des erforderlichen Schutzes gegen Einwirkungen Dritter/Sicherung und
- Nachweis, daß der Wahl der Art, der Zeit und des Weges der Beförderung keine öffentlichen Interessen entgegenstehen.

Eine Gegenüberstellung bzw. eine Gesamtschau der verkehrsrechtlichen und der atomrechtlichen Vorschriften zeigt, daß die beiden Rechtssysteme sich widerspruchlos ergänzen. Geregelt werden durch die Gesamtheit der Vorschriften die Komplexe

- Sicherheit bei der Beförderung.
- Haftung bei Unfällen und
- Sicherung der radioaktiven Stoffe.

### Aufbewahrung von Kernbrennstoffen

Die Aufbewahrung von Kernbrennstoffen außerhalb der staatlichen Verwahrung bedarf nach §§ 6 und 23 Abs. 1 Nr. 4 AtG der Genehmigung der PTB. Die Genehmigung ist zu erteilen, wenn die in § 6 Abs. 2 AtG genannten Voraussetzungen erfüllt sind. Zur Entscheidungsfindung werden in den Genehmigungsverfahren u.a. Sachverständigen-Gutachten, Stellungnahmen von Fachbehörden, Beteiligten und Stellungnahmen im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung (ggf. Anhörungstermine in Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung abgebrannter Brennelemente) sowie Ergebnisse der eigenen Prüfungen der PTB verwendet.

Die PTB hat in der Vergangenheit die Aufbewahrung sowohl unbestrahlter als auch bestrahlter Kernbrennstoffe genehmigt.

Zu den unbestrahlten Kernbrennstoffen gehört Uranhexafluorid mit angereichertem Uran oder in natürlicher Isotopenzusammensetzung, dessen Aufbewahrung von der PTB an mehreren Standorten in der Bundesrepublik Deutschland genehmigt worden ist. Diese Lager dienen der Vorratshaltung zur Sicherstellung der nationalen Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland und der Erfüllung internationaler Verpflichtungen.

Nach den Grundsätzen zur Entsorgungsvorsorge für Kernkraftwerke in der Fassung vom 29. Februar 1980 haben die Betreiber von Kernkraftwerken nachzuweisen, daß ab Inbetriebnahme des

- type B(M) packages.
- packages of the nuclear safety class III, and
- transports for which special precautions are taken.

The PTB is responsible for the granting of the transport licences.

The Atomic Energy Act and the related ordinances, e.g. Radiation Protection Ordinance and Atomrechtliche Deckungsvorsorge-Verordnung (AtDeckV, Ordinance Concerning Financial Security Pursuant to the Atomic Energy Act), comprise regulations which refer on the one hand to traffic law regulations and which on the other hand define additional prescriptions and prerequisites, in particular of the administrative type:

Proof must be furnished that

- the applicant, carrier and persons engaged in the transport are reliable.
- the persons involved have the required technical knowledge.
- observance of the traffic law regulations is guaranteed (this regulation links traffic law and atomic energy law).
- financial security is provided covering any legal liability to pay damages.
- the necessary protection against interference from third parties is ensured, and
- that the type, time and route of transport chosen does not conflict with public interests.

A survey and comparison of the regulations issued under traffic law and atomic energy law show that the two series of laws supplement each other without being contradictory. The regulations as a whole regulate the following aspects:

- safety during transport.
- liability in the case of accidents, and
- safeguard of radioactive substances.

### Storage of nuclear fuel

Pursuant to sections 6 and 23 paragraph 1 No.4 Atomic Energy Act, the storage of nuclear fuel outside government custody requires approval by the PTB. The approval must be granted when the prerequisites provided in section 6 paragraph 2 Atomic Energy Act are complied with. In order to reach a decision, use is made in the approval procedures of, for example, expert opinions, comments of technical authorities and opinions expressed within the framework of public discussions (if necessary: public hearings in approval procedures for the storage of spent fuel elements) and of the results of the PTB's own tests. In the past the PTB approved the storage of both unirradiated and spent nuclear fuel.

Uranium hexafluoride enriched with uranium or in natural isotopic composition comes under the category of unirradiated nuclear fuel. Its storage at several sites in the Federal Republic of Germany has been approved by the PTB. These stores serve as stockpiles to ensure the power supply of the Federal Republic of Germany and to meet international obligations.

Kernkraftwerks für einen Betriebszeitraum von jeweils sechs Jahren im voraus der sichere Verbleib der abgebrannten Brennelemente gewährleistet ist. Dabei sind Zwischenlager zur Aufbewahrung abgebrannter Brennelemente ein wesentlicher Bestandteil des Entsorgungskonzepts der Bundesregierung.

Für ein Zwischenlager in Gorleben hat die PTB im September 1983 die Aufbewahrung von maximal 1500 t Uran in Form abgebrannter Leichtwasserreaktor-Brennelemente in vier Behältertypen genehmigt. Von dieser Genehmigung kann z.Z. kein Gebrauch gemacht werden, weil gegen die Aufbewahrungsgenehmigung der PTB Klagen erhoben wurden, über die noch nicht abschließend entschieden ist. Weitere Ergänzungsanträge (andere Brennelementtypen und Lagerbehälter) für das Zwischenlager Gorleben liegen der PTB vor.

Für den Standort Ahaus laufen derzeit atomrechtliche Genehmigungsverfahren zur Aufbewahrung von Leichtwasserreaktor-Brennelementen und ausgedienten Kugelbrennelementen aus dem Thorium-Hochtemperatur-Reaktor. Die von der Stadt Ahaus für das Brennelement-Zwischenlager erteilte Baugenehmigung wurde angefochten. Im Mai 1985 verfügte das Oberverwaltungsgericht Münster in einem gerichtlichen Eilverfahren einen Baustopp für das Zwischenlager.

### Staatliche Verwahrung von Kernbrennstoffen

Seit dem 4. Mai 1981 betreibt die PTB als Exekutivbehörde unter der Fachaufsicht des BMU ein staatliches Verwahrungslager in Hanau. Hier wird insbesondere Plutonium aus der französischen Wiederaufarbeitungsanlage La Hague verwahrt, für das privatrechtliche und staatliche Rücknahmeverpflichtungen seitens der Betreiber der deutschen Kernkraftwerke und der Bundesrepublik Deutschland bestehen. Außerdem lagert in Hanau Plutonium aus der deutschen Wiederaufarbeitungsanlage in Karlsruhe.

Neben Plutonium in Form von Plutoniumoxid und -nitrat werden Kernbrennstoffe in Form von Brennstäben und Brennelementen verwahrt, die z.Z. nicht im Kernbrennstoffkreislauf benötigt werden, so z.B. ein Teil des Erstkernes des SNR-300 (Schneller Natriumgekühlter Brutreaktor in Kalkar).

### Öffentlichkeitsarbeit auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle

An der Öffentlichkeitsarbeit für die Endlagerung radioaktiver Abfälle sind in der Bundesrepublik Deutschland zahlreiche Institutionen beteiligt. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiet wurden bereits Anfang der 60er Jahre insbesondere von der GSF durchgeführt und vom BMFT koordiniert. Die Öffentlichkeitsarbeit lag somit zunächst in Händen des BMFT und der GSF.

Mit Aufnahme des Standorterkundungsprogramms in Gorleben begann die PTB mit der eigenen Öffentlichkeitsarbeit über die Endlagerung radioaktiver Abfälle, die durch standortbezogene Öffentlichkeitsarbeit der DBE in enger Abstimmung mit der PTB ergänzt wird.

Auch der Bund betreibt standortbezogene Öffentlichkeitsarbeit. Hierfür wurde in Gartow ein „Informationshaus Endlagerung“ eingerichtet. Für den Standort Gorleben treten Bund und Land

In compliance with the principles of the provisions to be made for the management of waste from nuclear power plants dated February 29, 1980, the operators of nuclear power plants must prove that a safe place of storage for spent fuel elements is guaranteed for a period of operation of six years from the commissioning of the power plant. Here interim stores for the storage of spent fuel elements form an important part of the Federal Government's waste management concept.

In September 1983 the PTB approved the storage of a maximum of 1500 t of uranium in the form of spent fuel elements originating from light-water reactors in four types of packages in an interim store in Gorleben. At present this approval cannot be made use of as actions have been instituted against the PTB's approvals on which no final decision has yet been taken. Supplementary applications (concerning other types of fuel elements and storage containers) for the Gorleben interim store have been submitted to the PTB.

For the Ahaus site, approval procedures under the Atomic Energy Act are at present in progress for the storage of light-water reactor fuel elements and spent spherical fuel elements from the thorium high-temperature reactor. The building permit granted by the town of Ahaus for the fuel element interim store has been contested. In May 1985, in a summary proceeding, the Münster higher administrative court ordered that construction work for the interim store be stopped.

### Government custody of nuclear fuel

Since May 4, 1981, as the executive authority under the technical supervision of the BMU, the PTB has operated a Government storage facility in Hanau. In particular, plutonium from the La Hague reprocessing plant in France is stored here; under private and public law the operators of German nuclear power plants and the Federal Republic of Germany are under the obligation to take this material back. Plutonium from the Karlsruhe reprocessing plant is also stored in Hanau.

In addition to plutonium kept here in the form of plutonium oxide and plutonium nitrate, nuclear fuel is stored here, i.e. fuel rods and fuel elements which are at present not required in the nuclear fuel cycle: a part of the primary core of the SNR-300 (Kalkar sodium-cooled nuclear breeder), for example, is stored here.

### Public relations work in the field of the disposal of radioactive waste

A large number of institutes in the Federal Republic are concerned with public relations work in the field of the disposal of radioactive waste. Research and development work in this field was carried out as early as the beginning of the sixties, in particular by the GSF whose activities were coordinated by the BMFT. This is why public relations work was initially in the hands of the BMFT and the GSF.

When the Gorleben site investigation programme was initiated, the PTB started its own public relations work in the field of the disposal of radioactive waste which is supplemented by the DBE's

Niedersachsen in der „Gemeinsamen Informationsstelle Bund-Land zur Nuklearen Entsorgung“ in Lüchow auf; am Standort Konrad ist der Bund durch eine Informationsstelle in Salzgitter vertreten. Die beiden Informationsstellen decken thematisch das gesamte Feld der Zuständigkeit des Bundes und des Landes ab, koordinieren Besuchswünsche, entlasten die beteiligten Fachinstitutionen und sind Mittler im Kontakt zu den Kommunalpolitikern. Spezielle Fragen werden direkt von Fachleuten der betroffenen Fachinstitutionen beantwortet.

Die Vielzahl der beteiligten Institutionen setzt eine einheitliche Sprachregelung voraus; ein enger Informationsaustausch zwischen den beteiligten Institutionen ist daher unerlässlich. Hierfür ist allein die PTB zuständig, soweit Fragen der Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle betroffen sind.

Sämtliche Ergebnisse der Standortuntersuchungen werden veröffentlicht. Die Informationsstellen halten die Unterlagen bereit und erläutern sie bei Bedarf. Darüber hinaus werden sämtliche Zwischenergebnisse der Standorterkundung durch Faltpublikationen in anspruchsvoller Form publiziert. Bis 1986 sind 12 Ausgaben der Faltpublikation „PTB aktuell“ erschienen. Mit einer Auflage von über 60000 Exemplaren pro Ausgabe dienen sie sowohl der regionalen als auch der überregionalen Information.

### **Aufgaben aufgrund von Gesetzen und Verordnungen**

Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), zuletzt geändert durch Art. 9 des 1. Gesetzes zur Bereinigung des Verwaltungsverfahrenrechts vom 18. Februar 1986 (BGBl. I S. 265).

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I S. 2905), zuletzt geändert durch die Erste Änderungsverordnung vom 22. Mai 1981 (BGBl. I S. 445).

Verordnung über die Deckungsvorsorge nach dem Atomgesetz (AtDeckV) vom 25. Januar 1977 (BGBl. I S. 220).

Verordnung über Vorausleistungen für die Einrichtung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle (Endlagerungsvorausleistungsverordnung – EndlagerVIV) vom 28. April 1982.

Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. Oktober 1980 (BGBl. I S. 1310).

Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf Straßen (Gefahrgutverordnung Straße – GGVS) vom 22. Juli 1985 (BGBl. I S. 1550 mit Anlageband I Nr. 40 vom 30. Juli 1985).

Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR-Übereinkommen) vom 30. September 1957 in der Fassung vom 22. Juli 1985 (BGBl. I S. 1550 mit Anlageband I Nr. 40 vom 30. Juli 1985).

Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter mit Eisenbahnen (Gefahrgutver-

ordnung) vom 22. Juli 1985 (BGBl. I S. 1550 mit Anlageband I Nr. 40 vom 30. Juli 1985).

public relations work centred on the Gorleben site, closely coordinated with that of the PTB.

The Federal Government is also engaged in site-related public relations work. For this purpose a “disposal” information centre has been established in Gartow. For Gorleben, the Federal Government and the Land of Lower Saxony are represented in the “Joint information centre on nuclear waste management” in Lüchow; at the Konrad site the Federal Government has opened an information centre in Salzgitter. Both centres deal with information covering the areas of responsibility of the Federal Government and the Land; they coordinate requests for visits, relieve the technical institutes of work and act as intermediaries in the contact with local politicians. Special questions are directly answered by experts from the technical institutes concerned.

The large number of institutes involved makes it imperative that all concerned speak with one voice; a close exchange of information between the respective institutes is therefore indispensable, and for this, the PTB is solely responsible as far as questions of long-term storage and disposal of radioactive waste are concerned.

All results of the site investigations are published. The respective documents are made available by the information centres which also give any explanations necessary. In addition, all intermediate results of the site investigation are published in attractive leaflets. Up to 1986, 12 issues of the “PTB aktuell” leaflet had been published. With more than 60000 copies per issue, they serve both as a regional and supra-regional information source.

### **Tasks performed on the basis of laws and ordinances**

Act on the peaceful use of nuclear energy and protection against nuclear hazards (Atomic Energy Act) as amended by the publication of 15. 07. 1985 (Federal Law Gazette I, p. 1565), last amended by article 9 of the First Law Validating the Administrative Practice Law of 18. 02. 1986 (Federal Law Gazette I, p. 265).

Ordinance of 13. 10. 1976 on the protection against hazards from ionizing radiation (Radiation Protection Ordinance) (Federal Law Gazette I, p. 2905), last amended by the First Ordinance of 22. 05. 1981 (Federal Law Gazette I, p. 445).

Ordinance of 25. 01. 1977 on financial security pursuant to the Atomic Energy Act (Federal Law Gazette I, p. 220).

Ordinance of 28. 04. 1982 on advance payments for the construction of federal installations for the long-term storage and disposal of radioactive waste.

Federal Mining Act (BBergG) of 13. 10. 1980 (Federal Law Gazette I, p. 1310).

Ordinance on the national and international transport of dangerous goods by road (GGVS) of 22. 07. 1985 (Federal Law Gazette I, p. 1550 with appendix I, No. 40 of 30. 07. 1985).

ordnung Eisenbahn – GGVE) vom 22. Juli 1985 (BGBl. I S. 1560 mit Anlageband II Nr. 40 vom 30. Juli 1985), zuletzt geändert durch die 1. Eisenbahn-Gefahrgut-Änderungsverordnung vom 21. August 1986 (BGBl. I S. 1347).

Ordnung für internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID-Regeln) – Anlage I zu Anhang B des Übereinkommens über den internationalen Eisenbahnverkehr (COTIF-Übereinkommen) vom 9. Mai 1980 (BGBl. II 1985 S. 130) in der Fassung der Verordnung vom 22. Juli 1985 (BGBl. I S. 1560 mit Anlageband II Nr. 40 vom 30. Juli 1985).

Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen vom 5. Juli 1978, Anlage zur 1. See-Gefahrgut-Änderungsverordnung vom 27. Juli 1982.

International Maritime Dangerous Goods Code.

Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf dem Rhein (ADNR) vom 23. November 1971 (BGBl. I S. 1851); zuletzt geändert durch die 6. ADNR-Änderungsverordnung vom 24. März 1983 (BGBl. I S. 367).

Bekanntmachung über die Erlaubnis zum Mitführen gefährlicher Güter in Luftfahrzeugen vom 31. Mai 1968. L5-582-38P/67 (Nachrichten für Luftfahrer, Teil I vom 13. Juni 1968, 16. Jahrgang, Nr. 84) in Verbindung mit den Dangerous Goods Regulations der International Air Transport Association (IATA).

European Agreement concerning the international carriage of dangerous goods by road (ADR) of 30. 09. 1957, as amended on 22. 07. 1985 (Federal Law Gazette I, p. 1550 with appendix I, No. 40 of 30. 07. 1985).

Ordinance on the national and international transport of dangerous goods by rail (GGVE) of 22. 07. 1985 (Federal Law Gazette I, p. 1560 with appendix II, No. 40 of 30. 07. 1985).

Convention concerning international carriage by rail (COTIF), appendix B, annex I – Uniform Rules concerning the carriage of goods of 9. 05. 1980, as amended on 22. 07. 1985 (Federal Law Gazette I, p. 1560 with appendix II, No. 40 of 30. 07. 1985).

Ordinance on the transport of dangerous goods by sea of 5. 07. 1978, as amended on 27. 07. 1982.

International Maritime Dangerous Goods Code.

Ordinance on the transport of dangerous goods by inland water crafts on the river Rhine (ADNR) of 23. 11. 1971, as amended on 24. 03. 1983 (Federal Law Gazette I, p. 367, with appendix A).

Decree on the permission for the transport of dangerous goods with aeroplanes of 31. 05. 1968 – L5-582-38P/67 (News for aviation, part I, of 13. 06. 1968, No. 84) in connection with the International Air Transport Association – Restricted Articles Regulations (IATA-RAR).

---

# **Jahresbericht 1986**

# Bericht der Abteilung

24

## 1.4.10 Abteilung SE (Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle)

Mit dem vollständigen Plan für die Schachanlage Konrad wurde weltweit erstmals die Sicherheit eines Endlagers für alle Arten radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung unter Betriebs-, Störfall- und Langzeitbedingungen nachgewiesen.

Der Pilotcharakter dieses Projektes gilt auch für das Verfahren selbst und führte zu einer Verschiebung des voraussichtlichen Planfeststellungsbeschlusses vom Juli 1987 auf Oktober 1988. Darüber hinaus mußte der Zeitraum der Umrüstung der Schachanlage als Endlager nach Gesprächen mit den zuständigen niedersächsischen Behörden von 24 auf 34 Monate verlängert werden, um Erfordernissen der bergtechnischen Sicherheit und des Genehmigungsrechtes zu genügen. Mit dem Einlagerungsbeginn kann daher erst Ende 1991 gerechnet werden.

Die PTB hat dem Niedersächsischen Umweltminister (NMU) Ende März 1986 eine erweiterte Fassung des Planes Konrad vom März 1985 vorgelegt. Dieser und die Kurzfassung wurden den zu beteiligenden Behörden im Oktober 1986 zugesandt. Damit ist das Beteiligungsverfahren im Einklang mit dem revidierten Terminplan angelaufen.

Die für die Infrastruktur des Erkundungsbergwerkes Gorleben notwendigen Gebäude und Außenanlagen sind fertiggestellt.

Am Schacht 1 wurde am 18. September 1986 in Anwesenheit des Bundesministers für Forschung und Technologie und des Niedersächsischen Umweltministers der „Erste Kübel“ gefördert. Der Schacht erreichte im Oktober 1986 eine Teufe von über 110 m. Der Salzspiegel bei etwa 250 m dürfte im Frühjahr 1987, die vorgesehene Endteufe von 940 m bis Anfang 1989 erreicht werden.

Für Schacht Gorleben 2 laufen die Gefrierarbeiten im Deckgebirge seit April 1986, die Arbeiten zum Vorschacht begannen im November 1986. Ab März 1987 wird mit den eigentlichen Teufarbeiten begonnen, die im August 1989 beendet sein dürften.

Mit den bergmännischen und betriebsgeologischen Arbeiten zur untertägigen Erkundung hat die PTB die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) beauftragt. Die geowissenschaftlichen und geotechnischen Arbeiten werden von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) betreut.

Nach Abteufen der beiden Schächte sieht das Konzept für die untertägige Erkundung das Auffahren von rund 25 km Strecken vor; sie teilen den Salzstock in 9 Erkundungsbereiche von jeweils rund 1 km Länge und im Mittel 0,7 km Breite. Darüber hinaus sollen rund 120 km Vor- und Erkundungskernbohrungen zu den Flanken und zum Salzstockinnern einschließlich einiger tiefer Kernbohrungen abgebohrt werden.

Die Projektierung, die Errichtung, die Betriebs- und die Nachbetriebsphase des vorgesehenen Endlagerbergwerkes erfordern eine geowissenschaftlich und geotechnisch geplante und gesteuerte untertägige Erkundung, die durch eine messtechnische Überwachung des Salzgebirges begleitet sein muß. Eine solche detail-

lierte Erkundung ist in Salzstöcken nur durch ein (Erkundungs-) Bergwerk möglich.

Die BGR hat 1986 ein Konzept zur geowissenschaftlichen untertägigen Erkundung des Salzstockes Gorleben erarbeitet. Es umfaßt die geologische, geophysikalische und geomechanische Bearbeitung der Schächte, der Erkundungsstrecken und der von diesen zu stoßenden Bohrungen. Schwerpunkte der geologischen Bearbeitung sind die Festlegung von Strecken und Erkundungsbohrungen, die Kartierung der Stöße in den Schächten und Strecken, die Aufnahme der Bohrkerne, die Ermittlung der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung der Salzgesteine sowie der Vorkommen und des Stoffbestandes von Lösungen und Gasen.

Die geophysikalischen Untersuchungen umfassen vor allem elektromagnetische Hochfrequenz-Reflexionsmessungen in den Schächten, Strecken und Bohrungen sowie geothermische Messungen.

Einen großen Umfang wird die Erkundung und Überwachung des Salzstockes und der in ihm zu erstellenden Hohlräume unter geomechanischen Gesichtspunkten einnehmen. Labor- und in-situ-Versuche werden u.a. die Homogenbereiche des Salzgebirges, den Spannungszustand, das Verformungs- und Konvergenzverhalten, die Permeabilität und die feldynamischen Kenndaten betreffen. Zur Zeit werden die wissenschaftlichen Arbeiten und die bergtechnischen Erkundungsmaßnahmen aufeinander abgestimmt.

Um ein Endlager für Abfälle mit nicht vernachlässigbarer Wärmeentwicklung abschließend planen zu können, müssen neben den Erkenntnissen und Daten aus der untertägigen Erkundung auch die Ergebnisse von F+E-Arbeiten und Untersuchungen über die Auswirkungen der Abfallgebinde (z.B. Wärme, Strahlung) auf das Endlager vorliegen. Die Daten zur standortspezifischen Lösung dieser Problemfelder müssen ebenfalls durch die untertägige Erkundung erbracht werden.

Die zügige Weiterverfolgung des Projektes Gorleben macht eine Fortschreibung des zusammenfassenden Zwischenberichtes vom Mai 1983 notwendig; hierzu wird die standortunabhängige Planung auf die Daten und Erkenntnisse aus dem übertägigen Erkundungsprogramm und die aus heutiger Sicht zu erwartenden Abfallarten und -mengen ausgerichtet.

Verbrauchte Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken werden auch in Frankreich wiederaufgearbeitet. Die dort entstandenen Abfälle können nach Deutschland zurückgegeben werden.

Die PTB hat von der DWK die COGEMA-HAW-Spezifikationen erhalten; am 28. August 1986 begann vertragsgemäß der zweijährige Prüfungszeitraum, in dem von deutscher Seite eine Erklärung über die Rücknehmbarkeit des verglasten Spaltproduktkonzentrats abgegeben werden muß.

Die Verhandlungen zum Erwerb der für die untertägige Erkundung und – im Eignungsfall – für die Errichtung und den Betrieb notwendigen Salzrechte sind eingeleitet worden.

Nach der Endlagervorausleistungsverordnung (EndlagerAV) vom 28. April 1982 (Bundesgesetzblatt 1982, Teil I, S. 562) wurde im Berichtsjahr der 1985 entstandene notwendige Aufwand für die Einrichtung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle ermittelt. Dieser Aufwand

in Höhe von ca. 163 Mio. DM ist den Vorausleistungspflichtigen nach der Endlager-VIV in Rechnung gestellt worden.

Insgesamt sind in den Jahren 1977 bis 1985 für die anlagenbezogene Forschung und Entwicklung sowie für die Planung von Endlagern für radioaktive Abfälle Kosten in Höhe von rund 636 Mio. DM entstanden. Davon entfallen auf die Projekte Gorleben 387 Mio. DM, Konrad 222 Mio. DM, Tritiumversenkung 73 TDM sowie auf projektübergreifende Maßnahmen 27 Mio. DM.

Im Zusammenhang mit der Durchführung der staatlichen Verwahrung von Kernbrennstoffen nach § 5 des Atomgesetzes wurde eine eigenständige Buchführung aufgebaut, bei der der Gesamtbestand des Lagers in einen eigenen Personalcomputer eingegeben wurde. Außerdem wurde im Rahmen einer laufenden Begutachtung der sicherheitstechnische Istzustand neu bewertet. Dabei wurde auch ein neues Verpackungssystem für einen Teil der verwahrten Kernbrennstoffe eingesetzt.

Im März 1986 hat die PTB gegenüber der Baugenehmigungsbehörde für das Brennelement-Zwischenlager Ahaus, der Stadt Ahaus, eine positive Stellungnahme aus atomrechtlicher Sicht zur Eignung der baulichen Anlagen für die vorgesehene Aufbewahrung von THTR-Brennelementen abgegeben.

Unter Berücksichtigung dieser Stellungnahme erteilte die Stadt Ahaus die Baugenehmigung für das THTR-Lager am 14. Mai 1986. Im November 1986 genehmigte die PTB der Brennelement-Zwischenlager Ahaus GmbH die Aufbewahrung von bestrahlten Brennelementen aus Leichtwasserreaktoren in Behältern der Typen CASTOR Ia, Ic und IIa. Der Weiterbau des Brennelement-Zwischenlagers Ahaus wurde jedoch aufgrund neuer Beschlüsse des Oberverwaltungsgerichts Münster wieder eingestellt.

Im Genehmigungsverfahren für das Transportbehälterlager Gorleben liegen der PTB seit Oktober 1986 Nachtragsgutachten der Bundesanstalt für Materialprüfung und des Technischen Überwachungs-Vereins Hannover e.V. vor.

Am 23. April 1986 wurde für den Standort Leese die Aufbewahrung von Uranhexafluorid genehmigt.

## Veröffentlichungen

1. *Berr, H.P.*: Vorgehensweise bei der Überprüfung der Anforderungen an Abfallgebäude aus den Sicherheitsanalysen. In: Anforderungen an radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad und Produktkontrolle. Vorträge des 62. PTB-Semin., 29. Oktober 1985. PTB-Bericht PTB-SE-8. Braunschweig, April 1986. S. 165-184.
2. —: *Brennecke, P.*: Radioaktive Abfälle und Sicherheitsanalysen. Atom - Strom 32. 1986, Nr. 4, S. 131-137.
3. —: *Brennecke, P.*: Anforderungen an radioaktive Abfälle und Produktkontrolle. Atom - Strom 32. 1986, Nr. 4, S. 137-142.
4. —: *Langke, F.*; *Müller, W.*; *Thomauke, B.*; *Wurtinger, W.*: Safety analysis as a basis for the design and construction of the Konrad repository. In: Proc. Int. Sympos. on the Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes. Hannover, 3.-7. März 1986. IAEA, Wien, 1986. S. 653-667.
5. —: *Ehrlich, D.*; *Illl, H.*; *Thomauke, B.*: Derivation of repository-specific requirements on radioactive waste by means of safety analyses. In: Transactions of the ENC '86 Conf. on Nuclear Energy of Today and Tomorrow. Genf, 2.-9. Juni 1986. Vol. 4. ENS, Bern, 1986. S. 845-850.
6. —: *Langke, F.*: Vereinfachte Überprüfung der Einhaltung von Aktivitätsbegrenzungen für in das Endlager Konrad einlagerbare Abfallgebäude. PTB-Ber. PTB-SE-13. Braunschweig, Oktober 1986.
7. *Brennecke, P.*; *Schumacher, J.*: Anteil radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland. Abfallerhebung für das Jahr 1984. PTB-Ber. PTB-SE-4. Braunschweig, März 1986.
8. —: *Warnecke, E.*: Erfassung und Charakterisierung von endzulagernden radioaktiven Abfällen. In: Anforderungen an radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad und Produktkontrolle. Vorträge des 62. PTB-Semin., 29. Oktober 1985. PTB-Ber. PTB-SE-8. Braunschweig, April 1986. S. 81-101.
9. —: *Schumacher, J.*: Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland. Abfallerhebung für das Jahr 1985. PTB-Ber. PTB-SE-12. Braunschweig, September 1986.
- siehe Nr. 2, 3.
10. *Ehrlich, D.*: Disposal of Radioactive Waste in the Konrad Iron Ore Mine. In: Post, R.G. (Hrsg.): Waste Management, Waste Isolation in the U.S. Technical Programs and Public Education. Vol. 3. Tucson (Arizona, USA), 1986. S. 185-192.
11. —: Ableitung von Anforderungen an Abfallgebäude aus der Sicherheitsanalyse des bestimmungsgemäßen Betriebs des Endlagers Konrad. Aktivitätsbegrenzungen. In: Anforderungen an radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad und Produktkontrolle. Vorträge des 62. PTB-Semin., 29. Oktober 1985. PTB-Ber. PTB-SE-8. Braunschweig, April 1986. S. 102-116.
12. —: *Röthemeyer, H.*; *Sier-Friedland, G.*; *Thomauke, B.*: Langzeitsicherheit von Endlagern. Zeitrahmen für Sicherheitsbetrachtungen. Bewertung der Subrosion des Salzstockes Gorleben. In: atomwirtschaft - atomtechnik, Band XXXI, 1986, Nr. 5, S. 231-236.
- siehe Nr. 5.
- *Hollmann, A.* siehe Nr. 25, 26.
13. *Illl, H.*: Sicherheitsaspekte bei der Endlagerung. In: Neue Entwicklungen zur Sicherheit von Kernkraftwerken und Anlagen des Kernbrennstoffkreislaufs. Düsseldorf, 24.-25. September 1985. Kerntechnische Gesellschaft, Düsseldorf, 1986. S. 308-344.
14. —: Ableitung von Anforderungen an Abfallgebäude aus den Störfallanalysen. In: Anforderungen an radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad und Produktkontrolle. Vorträge des 62. PTB-Semin., 29. Oktober 1986. PTB-Ber. PTB-SE-8. Braunschweig, April 1986. S. 117-137.
- siehe Nr. 5.
15. *Mariens, B.-R.*; *Warnecke, E.*; *Odol, R.*: Produktkontrolle radioaktiver Abfälle. In: Anforderungen an radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad und Produktkontrolle. Vorträge des 62. PTB-Semin., 29. Oktober 1985. PTB-Ber. PTB-SE-8. Braunschweig, April 1986. S. 150-164.
16. *Piefke, F.*: Ableitung von Anforderungen an Abfallgebäude aus der thermischen Belastung des Wirtsgesteins. In: Anforderungen an radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad und Produktkontrolle. Vorträge des 62. PTB-Semin., 29. Oktober 1985. PTB-Ber. PTB-SE-8. Braunschweig, April 1986. S. 138-140.
17. —: Beschreibung des Programms Ankona zur Durchführung der Überprüfungen. In: Anforderungen an radioaktive Abfälle für das Endlager Konrad und Produktkontrolle. Vorträge des 62. PTB-Semin., 29. Oktober 1985. PTB-Ber. PTB-SE-8. Braunschweig, April 1986. S. 185-193.
18. —: Berechnungen zur thermischen Einwirkung von schwachwärmeeentwickelnden radioaktiven Abfällen auf das Wirtsgestein in der Schachanlage Konrad. PTB-Ber. PTB-SE-10. Braunschweig, Februar 1986.
19. —: Analytische Abschätzungen zur Auffüllung der Schachanlage Konrad mit Wasser und zum Druckaufbau unter Berücksichtigung von Konvergenz anhand eines einfachen eindimensionalen Modells. PTB-Ber. PTB-SE-11. Braunschweig, August 1986.
20. —: Anforderungen an Abfallgebäude aufgrund der thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins der Schachanlage Konrad. Stand I. September 1986. PTB-Ber. PTB-SE-15. Braunschweig, September 1986.
- siehe Nr. 6.
21. *Röthemeyer, H.*: Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Arbeiten. Ergebnisse. Kontroversen. Jahrbuch der Atomwirtschaft 1986. Düsseldorf/Frankfurt: Verlagsgesellschaft Handelsblatt, 1986. S. A 77-A 88.
22. —: Endlagerstätten in der Bundesrepublik Deutschland. In: atomwirtschaft - atomtechnik, Bd. XXXI/10, 1986, Nr. 10, S. 510-513.
- siehe Nr. 12.
23. *Schneider, H.*; *Ollig, R.*; *Kühl, K.*: Status of the Nuclear Waste Disposal Program in the Federal Republic of Germany. In: Proc. of the Int. Topical Meeting on High-Level Nuclear Waste Disposal. Pasco (USA), 24.-26. September 1985, 1986. S. 33-41.
- *Schumacher, J.* siehe Nr. 7, 9.
24. *Sier-Friedland, G.*; *Stork, G.*: Die Untersuchungsbohrung Konrad 101. Nachr. dtsh. geol. Ges., Heft 34, 1986, S. 57-59.
- siehe Nr. 12, 26.
- *Thomauke, B.* siehe Nr. 4, 5, 12.
25. *Tittel, G.*; *Hollmann, A.*: Ableitung von Sorptionsdaten für standortspezifische Sicherheitsanalysen. In: Kim, J.I.; *Warnecke, E.* (Hrsg.): Chemie und Migrationsverhalten der Aktinoiden und Spaltprodukte in natürlichen aquatischen Systemen. Vorträge 60. PTB-Semin., PTB-Ber. PTB-SE-14. Braunschweig, Oktober 1986. S. 315-325.
- siehe Nr. 26.

26. *Warnecke, E.; Tittel, G.; Brennecke, P.; Sier-Friedland, G.; Hollmann, A.:* Experimental Investigations of Possible Radionuclide Releases from the Planned Repositories in the Gorleben Salt Dome and Konrad Iron Ore Mine as Part of the Long Term Safety Assessment. In: Int. Atomic Energy Agency (Hrsg.): Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes. Proc. of an Int. Sympos., Hannover, 3.-7. März 1986, Wien, 1986, S. 401-416.
27. —; *Kim, J.I.; Warnecke, E.* (Hrsg.): Chemie und Migrationsverhalten der Aktinide und Spaltprodukte in natürlichen aquatischen Systemen. Vorträge 66. PTB-Semin., PTB-Ber. PTB-SE-14, Braunschweig, Oktober 1986.
28. —: Standortspezifische Arbeiten zur Rückhaltung von Radionukliden in der Geosphäre. In: Kim, J.I.; Warnecke, E. (Hrsg.): Chemie und Migrationsverhalten der Aktinide und Spaltprodukte in natürlichen aquatischen Systemen. Vorträge 66. PTB-Semin., PTB-Ber. PTB-SE-14, Braunschweig, Oktober 1986, S. 1-13.
- siehe Nr. 8, 15.
- Vorträge**
29. *Berg, H.P.:* Endlagerungsbedingungen für die Schachtanlage Konrad einlagerbare radioaktive Abfälle. Sitzung des Umweltausschusses Salzgitter, Salzgitter-Lebenstedt, 12. Februar 1986.
30. —: Sicherheitsanalysen für Kernkraftwerke und Endlager. Kolloq. der Abteilungen 6, 7, SE, Braunschweig, 25. Februar 1986.
31. —: Anforderungskonzept für radioaktive Abfälle aus den Ergebnissen der Sicherheitsanalysen und Vorgehensweise bei der Bilanzierung von Radionukliden im Endlager Konrad, 35. Sitzung des VDEW-Arbeitskreises „Radioaktive Betriebsabfälle aus Kernkraftwerken“, Hanau-Erlensee, 23.-24. April 1986.
32. —; *Thomauke, B. (Ehrlich, D.; Illi, H.):* Derivation of repository-specific requirements on radioactive waste by means of safety analyses. ENC 4, 4th Int. ENS/ANS Conf., Genf, 2.-6. Juni 1986.
33. —: Störfallanalysen für das geplante Endlager Konrad. Sitzung des Umweltausschusses Salzgitter, Salzgitter-Lebenstedt, 11. Juni 1986.
34. —: Endlager Konrad - Ergebnisse der Sicherheitsanalysen und Ableitung von Anforderungen an radioaktive Abfälle. KTG-Tagung über Projekte zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, Braunschweig, 24.-25. September 1986.
35. — (*Würtinger, W.:*) Ermittlung von Kenngrößen für Abfallprodukte und Berücksichtigung der Verarbeitung des radioaktiven Abfalls beim Prüfumfang auf der Basis der Sicherheitsanalysen zur Betriebsphase, 37. Sitzung des VDEW-Arbeitskreises „Radioaktive Betriebsabfälle aus Kernkraftwerken“, Würzburg, 5.-6. November 1986.
36. *Brennecke, P.:* Die Grube KONRAD. Annahmebedingungen. Winterseminarreihe 85/86 der Fa. NUKEM GmbH, 2. Semin. Die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Grube Konrad, Hanau, 18. Februar 1986.
37. —: Das geplante Endlager Konrad, allgemeine Anforderungen an Abfallgebinde und Produktkontrolle, 35. Sitzung des VDEW-Arbeitskreises „Radioaktive Betriebsabfälle aus Kernkraftwerken“, Hanau-Erlensee, 23.-24. April 1986.
38. —: Vorläufige Bedingungen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schachtanlage Konrad, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe, Karlsruhe, 1. Juli 1986.
39. —: A Survey of the Radioactive Wastes in the Federal Republic of Germany. Third Finnish-German Seminar on Nuclear Waste Management, Otaniemi/Espoo (Finland), 23.-25. September 1986.
40. —: Übersicht über die endlagerbaren Abfallgebinde, 10. Tagung „Radioaktiver Abfall - Annahmebedingungen für die Endlagerung in Konrad“, Haus der Technik, Essen, 4. November 1986.
41. *Collin, F.W.:* Questions of liability in transport of samples. IAEA Int. Sympos. on the Packaging and Transport of Radioactive Materials/PATRAM 86, Davos, 16.-20. Juni 1986.
42. *Ehrlich, D.:* Disposal of Radioactive Waste in the Konrad Iron Ore Mine. Sympos. on Waste Management, Tucson/Arizona (USA), 2.-6. März 1986.
43. —: Abgabe radioaktiver Stoffe, Strahlung und Strahlenexposition in der Umgebung des Endlagers Konrad, Strahlungsüberwachung, Sitzung des Umweltausschusses Salzgitter, Salzgitter-Lebenstedt, 9. April 1986.
44. —: Langzeitsicherheit von Endlagern für radioaktive Abfälle - Prinzipielles Vorgehen der PTB, prinzipielle Aussagen zur Sicherheit, Sitzung des Umweltausschusses Salzgitter, Salzgitter-Lebenstedt, 14. Mai 1986.
45. —: Overview of the Situation of Disposal of Radioactive Waste in the FRG. Bilateraler Austausch wissenschaftlicher Methoden, Erkenntnisse und Ergebnisse zwischen Schweden und der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Sicherheitsanalysen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, Fachgespräch zwischen BMU, GRS, PTB und SKB, SK 1 (Schweden), 20.-24. Oktober 1986.
46. —: Site Specific Safety Analysis for the Konrad Repository. Bilateraler Austausch wissenschaftlicher Methoden, Erkenntnisse und Ergebnisse zwischen Schweden und der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Sicherheitsanalysen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, Fachgespräch zwischen BMU, GRS, PTB und SKB, SK 1 (Schweden), Stockholm, 20.-24. Oktober 1986.
47. —: Radiologische Überwachung und Beweissicherung. BMFT-Seminar „Schacht Konrad - Schwerpunktthemen im Zusammenhang mit der Errichtung der Schachtanlage als Endlager“, Lubeln-Luchow, 11.-12. Dezember 1986.
48. *Giller, H.:* Zur Geschichte der Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt in Braunschweig. Kolloq. des 50. Jahrestages der Gründung der Deutschen Forschungsanstalt für Luftfahrt e.V. in Braunschweig, Braunschweig, 12. Dezember 1986.
49. *Hosseini, M.M.Q. (Bleischmidt, M.; Anspach, W.; Pollmann, E.; Rudolf, W.):* A non-destructive test method for determining the boron content of a basket inserted in shipping casks in order to ensure subcriticality. IAEA Int. Sympos. on the Packaging and Transport of Radioactive Materials/PATRAM 86, Davos, 16.-20. Juni 1986.
50. *Illi, H.:* Ergebnisse der Analysen zur Langzeitsicherheit für das geplante Endlager Konrad. Sitzung des Umweltausschusses Salzgitter, Salzgitter-Lebenstedt, 14. Mai 1986.
51. —: Sicherheitsanalysen zur Betriebs- und Nachbetriebsphase des geplanten Endlagers Konrad, Schweizerisch-deutsche Klausurtagung über die Entsorgung radioaktiver Abfälle, Grimsel, 26.-27. Juni 1986.
52. —: Safety Analysis for the Planned Repository Konrad, 4. Treffen der EG-Kommission, Garrow, 21. Mai 1986.
53. —: Sicherheitsanalysen für das geplante Endlager Konrad, 10. Tagung Radioaktiver Abfall - Annahmebedingungen für die Endlagerung in Konrad, Essen, 4. November 1986.
54. *Rösel, H.:* Gesetzliche Voraussetzung der Endlagerung - Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten, 10. Tagung „Radioaktiver Abfall“, Haus der Technik, Essen, 4. November 1986.
55. *Röhemeyer, H.:* Endlagerstätten in der Bundesrepublik Deutschland. Jahrestagung Kerntechnik '86, Aachen, 8.-10. April 1986.
56. *Schneider, H.:* Disposal of Radioactive Waste in the Federal Republic of Germany. Int. Semin. on Nuclear Waste Management and Public Opinion, Avila (Spanien), 14.-17. Mai 1986.
57. —: Stand der Endlagerprojekte in der Bundesrepublik Deutschland. Seminar der KTG-Fachgruppe Chemie und Entsorgung und des Inst. für Tief Lagerung der GSF über Projekte zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, Braunschweig, 24.-25. September 1986.
58. *Schweer, H.H.:* Verpackungsvorschriften für radioaktive Stoffe. Sonderkursus Strahlenschutz bei der Beförderung von radioaktiven Stoffen, Univ. Hannover, Hannover, 25. September 1986.
59. —: Transport von Kernbrennstoffen. Sonderkursus Strahlenschutz bei der Beförderung von radioaktiven Stoffen, Univ. Hannover, Hannover, 25. September 1986.
60. *Thomauke, B. (Berg, H.P.; Lange, F.; Müller, W.; Würtinger, W.):* Safety analysis as a basis for the design and construction of the Konrad repository. Sympos. on the Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes, Hannover, 3.-7. März 1986.
- siehe Nr. 4.
61. *Tittel, G. (Hollmann, A.):* Ableitung von Sorptionsdaten für standortspezifische Sicherheitsanalysen. Workshop „Chemie und Migrationsverhalten der Aktinide und Spaltprodukte in natürlichen aquatischen Systemen“, München, 24.-25. April 1986.
62. *Warnecke, E.:* Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle. Seminarreihe des Inst. für Heiße Chemie, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe, 19. Februar 1986.
63. —: Endlagerung von HTR-Brennelementen. Statussemin. Realisierung der HTR-Entsorgung über direkte Endlagerung der Brennelemente des BMFT, 20. Februar 1986.
64. — (*Brennecke, P.; Hollmann, A.; Sier-Friedland, G.; Tittel, G.:*) Experimental Investigations of Possibly Occurring Radionuclide Releases from the Planned Repositories in the Gorleben Salt Dome and the Konrad Iron Ore Mine as Part of the Long-Term Safety Assessment. Int. Sympos. on the Siting, Design and Construction of Underground Repositories for Radioactive Wastes der IAEA, Hannover, 3.-7. März 1986.
65. —: Standortspezifische Arbeiten zur Rückhaltung von Radionukliden in der Geosphäre. Workshop „Chemie und Migrationsverhalten der Aktinide und Spaltprodukte in natürlichen aquatischen Systemen“, München, 24.-25. April 1986.
66. —: Radioactive Wastes and Waste Acceptance Requirements for the Planned Konrad Repository. Eur. Community Plan of Action in the Field of Radioactive Waste, Point 2 - Fourth Meeting of Nat. Organiz., Garrow, 21.-23. Mai 1986.
67. —: Herkunft und Aufkommen kernbrennstoffhaltiger Abfälle, Fachgespräch „Neutronenmessung“, Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe, 22. Mai 1986.
68. —: The German Approach for the Disposal of Radioactive Wastes. Third Finnish-German Seminar of Nuclear Waste Management, Otaniemi/Espoo, Finland, 23.-25. September 1986.
69. —: German Regulatory Requirements for the Long-Term Safety of Repositories in Deep Geological Formations. Second Int. Workshop on „Leaching of Low- and Medium-Level Waste Packages under Disposal Conditions“, Brookhaven Nat. Laboratory, Upton/New York, 13.-16. Oktober 1986.

70. — The Long-Term Safety Assessments for the Planned Repositories in Gorleben and Konrad. Status, Results and Conclusions. Second Int. Workshop on „Leaching of Low- and Medium-Level Waste Packages under Disposal Conditions“. Brookhaven Nat. Laboratory, Upton/New York (USA), 13.–16. Oktober 1986.
71. — Data and Mechanisms for Leaching/Corrosion of Waste Packages under Disposal Conditions. Second Int. Workshop on „Leaching of Low- and Medium-Level Waste Packages under Disposal Conditions“. Brookhaven Nat. Laboratory, Upton/New York, 13.–16. Oktober 1986.
72. — Concept and Status of the Quality Control for Waste Packages in the F.R. Germany. Second Int. Workshop on „Leaching of Low- and Medium-Level Waste Packages under Disposal Conditions“. Brookhaven Nat. Laboratory, Upton New York, 13.–16. Oktober 1986.
73. — Directions for the Research to Provide Data and Identify Mechanisms for Leaching/Corrosion of Waste Packages. Second Int. Workshop on „Leaching of Low- and Medium-Level Waste Packages under Disposal Conditions“. Brookhaven Nat. Laboratory, Upton/New York, 13.–16. Oktober 1986.
74. — Experimentelle Untersuchungen zur Sorption von Radionukliden an Konradgesteinen. Deutsch-schweizerischer Erfahrungsaustausch für Modellrechnungen zur Grundwasser- und Radionuklidenausbreitung in der Geosphäre. Braunschweig, 31. Oktober 1986.
75. — Vorläufige Endlagerungsbedingungen für das geplante Endlager Konrad. 10. Tagung Radioaktiver Abfall – Annahmebedingungen für die Endlagerung in Konrad. Haus der Technik, Essen, 4. November 1986.
76. — Zusammenfassung der experimentellen Untersuchungen zur Sorption von Radionukliden an Konradgesteinen. Deutsch-schweizerische Diskussion der Migrationsversuche im Felslabor Grimsel, Grimsel (Schweiz), 20.–21. November 1986.
77. — Endlagerungsbedingungen (Radionuklidinventar und Aktivitätsbegrenzungen). BMFT-Semin. für Mitglieder des Umweltausschusses der „Projektgruppe Schacht Konrad“ und neu gewählter Ratsmitglieder Salzgiters, Lüchow/Lübeln, 11.–12. Dezember 1986.

+++++++ physikalisch-technische bundesanstalt ++ 3300 braunschweig ++ bundesallee-100 ++++++++  
+++++++ abteilung se ++ presse- und oeffentlichkeitsarbeit ++ tel.: (0531) 592-7610 ++++++++

## Origin and amounts of radioactive wastes

*in the Federal Republic of Germany in 1985*

On behalf of the Federal Minister of the Environment, Nature Conservation and Reactor Safety (BMU), the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), which is responsible for the long-term storage and disposal of radioactive wastes, carries out an annual inquiry into the amounts of radioactive wastes arising in the Federal Republic of Germany. Within the scope of this inquiry, the amounts of unconditioned and conditioned wastes are registered on a producer- and plant-specific basis.

In the Federal Republic of Germany, radioactive wastes originate from

- the pilot reprocessing plant in Karlsruhe, the planned reprocessing plant in Wackersdorf and from reprocessing of spent fuel elements from German nuclear power plants in other European countries (BNFL, COGEMA);
- the operation of light water reactors (pressurized and boiling water reactors) and reactors of advanced design (e.g. pebble bed reactors);
- basic and applied investigations in the nuclear research establishments in Karlsruhe and Jülich;
- other research centres, universities, industrial companies, hospitals and doctor's practices (note: This waste is generally handed over to the collecting depots of the federal states);
- uranium enrichment and the production of fuel elements and from industrial research and development work;
- the decommissioning and dismantling of nuclear facilities and other waste producers.

They can be roughly subdivided into heat-generating wastes such as

- fission product solutions;
- hulls and ends;
- fines;

and into non heat-generating wastes comprising the following waste types (primary waste):

- liquids, concentrates and sludges;
- ion exchange resins;
- compressible and/or combustible materials;
- dimensionally stable solids;
- filters and multiple tube filters;
- ashes, powders and granules;
- scrap, insulating materials, rubble and contaminated soil;
- other waste types.

The radioactive wastes are processed and packaged in compliance with their properties. For the purpose of immobilization, at present, cement or concrete are used in most cases. For the packaging of radioactive waste forms various types of cylindrical packagings and box-shaped containers are mainly used.

With the goal of waste volume minimization in mind, new conditioning techniques without immobilization have been developed using cylindrical thick-walled cast iron containers as packaging, e.g. for dewatered ion-exchange resins or dried liquid concentrates, and by using high-pressure compaction. During recent years these new conditioning techniques have been increasingly used. It is anticipated that, in future, radioactive wastes will be conditioned by methods like these to a far greater extent.

On December 31, 1985, a total of about 61 400 waste packages were stored in interim storage facilities in the Federal Republic of Germany. 200 l drums and cylindrical concrete containers are mainly used for packaging. A comparison of the waste packages produced in 1985 with those estimated for 1986 shows a decrease of those radioactive wastes packed into 200 l and 400 l drums. Cylindrical concrete and cast iron as well as box-shaped containers will be used to an increasing extent instead. Among other things, the previously mentioned attempts of the waste producers to minimize the volume of conditioned radioactive wastes are already expressed in this tendency.

Origin	Primary waste [m <sup>3</sup> ]	Conditioned waste [m <sup>3</sup> ]	
	Stored amount up to 31.12.1985	Stored amount up to 31.12.1985	Estimated amount in 1986
Reprocessing	136	5786	650
Nuclear power plants	3078	9910	3170
Collecting depots of the Federal states	962	1770	330
Nuclear research establishments	1186	11167	2126
Nuclear fuel cycle industry	873	859	115
Other waste producers	25	68	14
$\Sigma$	6240	29360	6425

In the table data on the origin and amounts of unconditioned and conditioned wastes on December 31, 1985, are compiled.

Based on data presented to the PTB by the waste producers, a prognosis has been made of the prospective amount of conditioned radioactive wastes with negligible heat generation up to the year 2000. According to this forecast, the amount of waste will be approximately in the order of 227 600 m<sup>3</sup> up to the year 2000.

A subdivision according to the origin of the radioactive waste shows the following ratio of distribution:

- 35,4 % reprocessing of spent fuel elements;
- 38,5 % operation of nuclear power plants;
- 1,9 % collecting depots of the federal states;
- 19,5 % nuclear research establishments;
- 2,1 % nuclear fuel cycle industry;
- 2,2 % decommissioning and dismantling of nuclear facilities;
- 0,4 % other origin.

When spent fuel elements are reprocessed, tritium-containing waste waters are produced which are to be injected in deep geological formations by preference. According to the present state of knowledge, about 1 000 m<sup>3</sup> must be annually expected for injection. If the conditioned heat generating radioactive wastes from reprocessing are also included in the prognosis of the expected waste amount, on the basis of present planning an additional waste quantity of about 7 000 m<sup>3</sup> must be considered up to the year 2000.

It is planned to dispose of radioactive wastes with negligible heat generation in the former Konrad iron ore mine in Salzgitter-Bleckenstedt. At present, the plan-approval procedure according to § 9 b of the Atomic Energy Act is being carried out. It is planned to dispose of all kinds of radioactive waste, i.e. also heat generating waste, in the Gorleben salt dome. The above-ground exploration work of this site has already been concluded. At present, two shafts are being sunk for the underground exploration work.

Reference: Brennecke, P.; Schumacher, J.: Anfall radioaktiver Abfälle in der Bundesrepublik Deutschland - Abfallerhebung für das Jahr 1985. (Radioactive wastes arising in the Federal Republic of Germany - Inquiry into radioactive wastes for the year 1985) PTB-Report SE-12, Braunschweig, September 1986.

+++++++ physikalisch-technische bundesanstalt ++ 3300 braunschweig ++ bundesallee 100 ++++++  
 ++++++ abteilung se ++ presse- und oeffentlichkeitsarbeit ++ tel.: (0531) 592-7610 ++++++

# Responsibility for the disposal of radioactive wastes; Course of the plan-approval procedure and the procedure according to the Mining Law

## Responsibility for the disposal of radioactive wastes

### BMU

The Federal Minister for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

The BMU is the Minister responsible for nuclear safety and radiation protection according to the Atomic Energy Act. The BMU supervises the PTB.

### BMWi

The Federal Minister of Economics

The BMWi finances the construction and operation of disposal facilities and is responsible for the personnel of the PTB and the BGR, which are authorities within his portfolio.

### BMFT

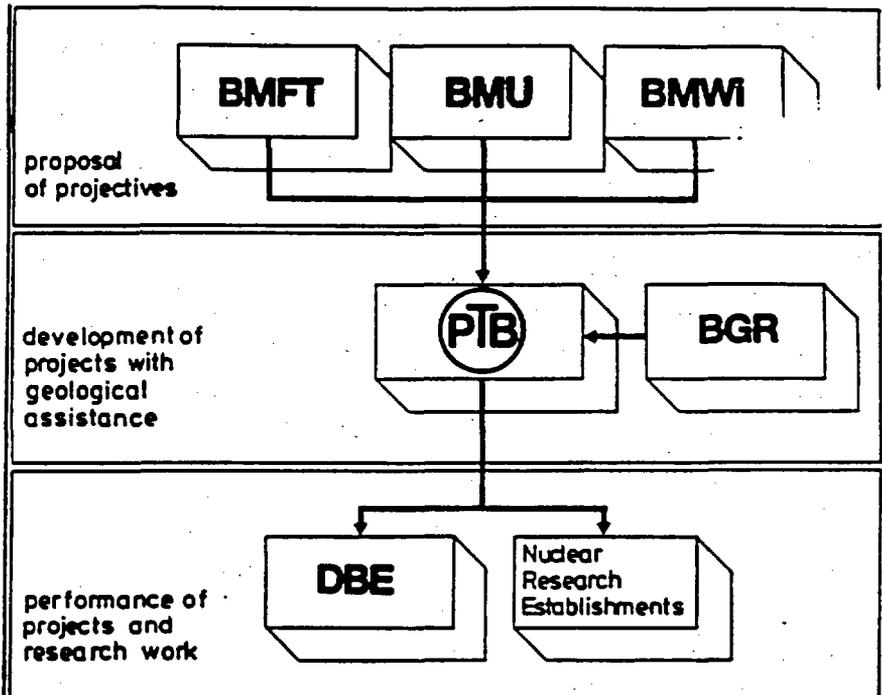
The Federal Minister for Research and Technology

The BMFT coordinates and finances research and development work relevant to the "Entsorgung" (waste management and disposal). He is involved by the BMU in the technical supervision of the PTB as far as aspects of research and technology in the field of waste disposal are concerned.

### PTB

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

The PTB is responsible for the construction and operation of federal facilities for the long-term storage and disposal of radioactive wastes. The PTB initiates and coordinates research and development work related to these facilities. The PTB can make use of "third parties" for the performance of its duties (§ 9 a, section 3, Atomic Energy Act). It executes the reimbursement of the project - related costs which have arisen, from the waste producers.



### BGR

Federal Institute of Geosciences and Natural Resources

The BGR is entrusted to perform the geoscientific and geotechnical topics related to planning, construction, operation and closure of repositories for the PTB.

### DBE

Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe

On behalf of the PTB, the DBE performs tasks related to the planning, construction and operation of federal facilities for the long-term storage and disposal of radioactive wastes. The

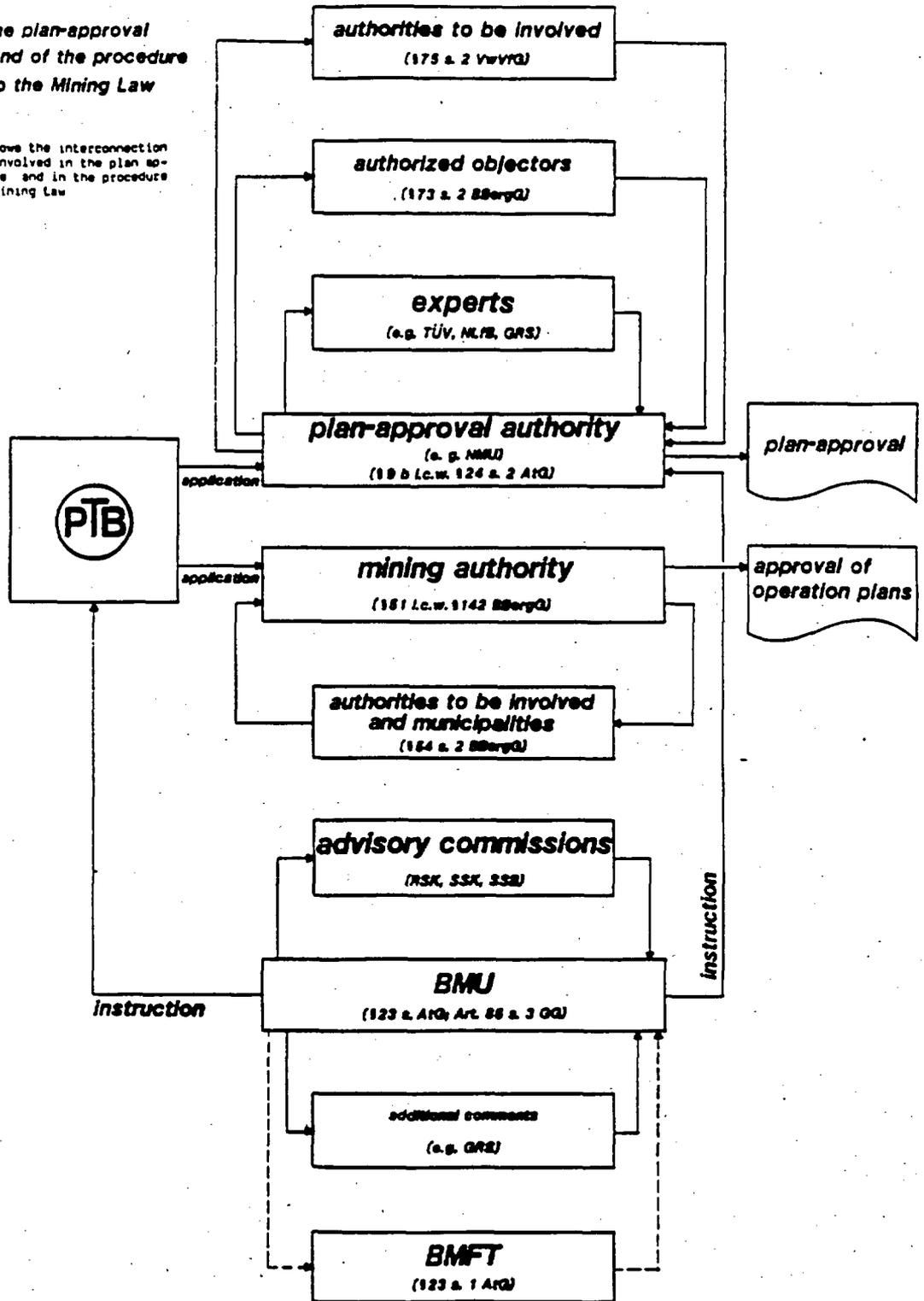
DBE is the "third party" according to the § 9 a, section 3 of the Atomic Energy Act.

### Research Centres

The research centres conduct basic research on behalf of the BMFT and research and development work related to the facilities on behalf of the PTB. Contractors of the PTB are, among others, the Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF = Company for Radiation and Environmental Research), the Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK = Nuclear Research Centre Karlsruhe) and the Kernforschungsanlage Jülich (KFA = Nuclear Research Establishment Jülich).

**Course of the plan-approval procedure and of the procedure according to the Mining Law**

This diagram shows the interconnection of the parties involved in the plan approval procedure and in the procedure related by the Mining Law



BMFT Federal Minister for Research and Technology

BMU Federal Minister for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

GRS Company for Reactor Safety

MLFB Lower Saxonian Minister for Ground Research

NMU Lower Saxonian Minister for the Environment (plan-approval authority)

PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig and Berlin

RSK Reactor Safety Commission

SSB Experts Commission for Issues of Securing the Fuel Cycle

SSK Radiation Protection Commission

TÜV Association for Technical Inspection

AtG Atomic Energy Act

BBergG Federal Mining Law

GG Basic Constitutional Law

VwVfG Law of Administrative Procedures

10th Meeting

Radioactive Waste

Acceptance Requirements for the Disposal of Radioactive Waste in the  
Konrad Mine

Haus der Technik e.V.

Legal prerequisites for the disposal of radioactive waste - competencies and responsibilities

by

Henning Rösel

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

I. Legal and organizational boundary conditions

On September 5, 1976, the Fourth Law Amending the Atomic Energy Act (AtG) of August 30, 1976 (Federal Law Gazette I, p.2573) entered into force which provided the legal bases for the disposal of radioactive waste (article 9a AtG). Pursuant to article 9a para. 3 AtG, "the federal government has to establish installations for the long-term storage and disposal of radioactive waste", i.e. the disposal of radioactive waste has been assigned to the federal government as a sovereign task. According to article 23 para. 1 No. 2 AtG, the competency has been assigned to the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB). Accordingly, the PTB is responsible for "the establishment and operation of federal installations for the long-term storage and disposal of radioactive waste."

Acting in accordance with this competency, in agreement with the federal minister responsible for nuclear safety and radiation protection (article 23 para. 1 sentence 2 AtG) - at present the Federal Minister for Environment, Nature Preservation and Reactor Safety (BMU) -, the PTB filed the

...

application for the initiation of the plan approval procedure pursuant to article 9b AtG for the establishment of the Konrad Mine as a repository for radioactive waste. According to article 24 para. 2 AtG, the Highest Authority of the Land - in Lower Saxony since July 15, 1986, the Minister for Environment (NMU) - is the plan approval authority.

With regard to the First Law Validating the Administrative Practice Law of February 18, 1986 (Federal Law Gazette I, p.265), the articles 72 to 78 of the Administrative Practice Act (VwVfG) of May 25, 1976 (Federal Law Gazette I, p.1253) as amended by article 7 No. 4 of the Adoption Act of July 2, 1976 (Federal Law Gazette I, p.1249) apply to the plan approval procedure pursuant to article 9b AtG.

According to article 73 para. 1 sentence 1 VwVfG, the body responsible for the project - in the case of the Konrad Mine, the PTB - has to submit the plan to the hearing authority in order that the hearing procedure might be carried out. As the Atomic Energy Act does not prescribe a separate hearing authority in addition to the Highest Authority of the Land responsible for the plan approval, the NMU is also the hearing authority in this case.

Article 73, para. 1 sentence 2 VwVfG prescribes that "the plan... consists of the drawings and explanations which reveal the project, its grounds and the premises and installations concerned by the project".

This prerequisite was not yet met by the plan documents submitted by the PTB together with the application for initiation of the plan approval procedure on August 31, 1982. The documents submitted were essentially based on results of the investigations carried out by the Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Munich (GSF = Company for Radiation and Environmental Research) and the Karlsruhe Nuclear Research Centre (KfK) from 1975 to 1982 with a view to proving the fundamental geological suitability of the Konrad Mine for the disposal of radioactive waste /1/.

Until the beginning of 1985, the PTB had the necessary planning work for the aboveground installations of the planned Konrad repository carried out. An essential component of the work commissioned by the PTB was the execution of the underground exploration required by para. 6.2 of the BMI Safety Criteria of January 5, 1983 /2/. The work carried out by the PTB itself and the work commissioned by it served to prove that the prerequisites of article 7 para. 2 No. 1 to 3, 5 and 6 AtG which apply also within the framework of the plan approval procedure are met.

It is the object of the plan approval procedure "to examine the sufficiency of a project which is important for the region concerned, weighing and compensating the interests of the body responsible for the project and the public and private interests affected by the planning in one procedure and to come to one decision which is legally binding in relation to third parties" /3/. The procedure ends with the plan approval decision which unfolds the so-called integration effect, i.e. it replaces all other approvals /4/. Hence it follows that the authorities competent under the individual laws no longer have jurisdiction which is transferred to the plan approval authority as the only competent authority. Furthermore, only one decision is provided which in the case of article 9b AtG covers the establishment and operation of a repository for radioactive waste. The question of the sufficiency of a partial plan approval is in issue /5/. In my opinion, a partial plan approval is not permissible as it is not provided by law and in contrast to the object of the procedure (cf. above /3/) /6/. This procedural prescription has, however, the disadvantage that - other than for installations pursuant to article 7 AtG - the institute of the partial establishment approval cannot be taken as a basis.

With respect to the integration effect of the plan approval, article 9b has defined a specific commitment with respect to mining law.

Pursuant to article 9b para. 5 No. 3 AtG, the integration effect does not apply to the sufficiency of the Konrad repository according to mining law.

i.e. an integration of the approval procedure under mining law into the plan approval procedure under atomic law is excluded. As pursuant to article 126 para. 3 of the Federal Mining Act (BBergG) of August 13, 1980 (Federal Law Gazette I, p.1310), articles 39, 40, 48, 50 to 74 and 77 to 104 and 106 BBergG apply by analogy to the establishment and operation of federal repositories, the Konrad Mine can be operated only on the basis of approvals under federal mining law. The Goslar board of mines is the competent mining authority.

The regulation of the competencies for the procedure under atomic law on the one hand and the procedure under mining law on the other hand raises the fundamental question what measures applied for by the PTB require a plan approval under atomic law and what measures an approval under mining law. In this connection, it is to be taken into consideration that the plan approval procedure ends with the decision and its execution, whereas the procedure under mining law is a dynamic procedure which permanently accompanies the operation of the mine and ends only with the shutdown of the mine and the recultivation of the terrain.

The PTB has submitted a proposal to the NMU which in the PTB's opinion allows activities and measures subject to plan approval and approvals under mining law to be clearly and competently distinguished.

In the PTB's opinion, the plan approval procedure should comprise

- the preservation of evidence,
- the precautionary measures,
- the verification of the suitability of the site, e.g. of the barrier systems,
- the verification of the nuclear safety of the essential installations, systems and components (taking delivery of the radioactive waste, handling above ground, transport below ground, buffer hall, emplacement, backfilling, sealing of emplacement rooms and sealing of the shafts and their ventilation).

- the definition of the requirements to be met by guidance and communication engineering, radiation protection measures and fire protection.
- the approved values for the discharge of radioactive waste with exhaust air and waste water (related to the discharge in one year),  
and
- the approved values for the total quantity of waste to be emplaced (selected radionuclides, overall activity for beta/gamma and alpha emitters).

This allows the necessary flexibility to be maintained during the long period of operation and thus assigns the necessary complementary function to the regulation of article 9 para. 5 No. 4 AtG, i.e. the approval procedure under mining law covers those parts of the installation, systems, components and projects which must continuously be developed as they are of a dynamic nature and subjected to the progress of operation.

The NMU has not yet decided on the PTB's proposal. A delimitation of competencies might at present be ensured by the fact that the mining authorities are involved in the NMU's procedure within the scope of the prescribed participation of authorities and within the scope of plan appraisal. Furthermore, the PTB is at present arranging for a proposal being prepared which is intended to show what approvals under mining law must have been given at the beginning of the conversion in addition to the plan approval decision.

The interaction between plan approval procedure and approvals under mining law can be seen in the annexed diagram.

Pursuant to article 9a para. 3 AtG, the federal government can enlist the services of third parties to fulfil its obligation i.e. also the services of natural and juristic persons governed by private law.

The PTB has made use of this possibility and has enlisted the services of the Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE = German Company for the Construction and Operation of Repositories for Waste Material) as a third party within the meaning of article 9a para. 3 AtG. The DBE's tasks are in particular to plan the establishment of the Konrad Mine as a repository, to carry out the conversion and to operate the repository.

Both the PTB and the DBE start from the assumption that the DBE will join the plan approval procedure as a party concerned pursuant to article 13 VwVfG, i.e. the PTB is the only applicant in the plan approval procedure and the only addressee of the plan approval decision.

Furthermore, the PTB and the DBE jointly assume that by analogous application of articles 29 and foll. StrlSchV, the PTB's president is the person responsible for radiation protection. The person responsible for radiation protection will appoint a radiation protection commissioner at the PTB who in turn will appoint a commissioner by delegation at the DBE. The commissioner by delegation will appoint radiation protection agents at the DBE. In my opinion, this form of organization is in agreement with articles 29 and foll. StrlSchV and allows in a balanced way for the particular relationship between PTB and DBE without eroding the overall responsibility of the PTB.

The PTB is also entrepreneur within the meaning of the BBergG, i.e. it is the addressee of the approvals under mining law. Notwithstanding this fact, the PTB has assigned to the DBE all obligations and powers of an entrepreneur which can be assigned pursuant to article 62 sentence 1 BBergG.

During the operation of the Konrad Mine as a repository, the PTB will supervise the DBE's work. Pursuant to article 19 in connection with

article 24 AtG, a supervision of the Land over federal installations pursuant to article 9a para. 3 AtG is not provided. The supervision under mining law is exercised by the Goslar board of mines.

For geoscientific and geotechnical questions, the PTB can have recourse to the Federal Institute for Geosciences and Raw Materials (BGR) in Hanover and to the GSF.

## II. State of the plan approval procedure

At the end of March 1986, the PTB submitted to the NMU the Konrad plan with the exception of the chapter "Long-term safety". By June 1986, the PTB had completed this plan which is based on the following conception:

- The handling devices of Shaft Konrad 1 whose capacity is sufficient for the handling of debris will be modernized. The handling device of Shaft Konrad 2 must be renewed and designed for waste package masses of up to 20 t.
- The transport of waste packages and the handling of debris will take place in separate galleries and shafts.
- Old chambers will not be used for disposal.  
The new emplacement cabins to be constructed will be adapted to the geological conditions, the technical requirements and the safety requirements to be met by operation. They can be driven in the formation proposed for emplacement by a rock-saving method and will be stable over prolonged periods of operation if the pillars are sufficiently dimensioned and if they are provided with an anchor support system.

- Part of the debris produced when the openings are driven can be used for the residual backfilling and the closing-off structures. The rest will be commercially utilized (e.g. smelting, road construction) or stored at the former open pit Haverlahwiese.
- The driving concept for the emplacement fields and cabins allows the driving operations to be separated from the emplacement operations so that the safety of the underground waste package transport and emplacement will not be affected. Moreover, the return air currents from the emplacement areas will not strike working points in which personnel will be permanently present.
- The present mine workings south of Shaft Konrad 1 allow about 1 million m<sup>3</sup> of disposal openings to be driven. In dependence upon the waste packages to be emplaced per year, a period of operation of up to 40 years will result for a 50% utilization of the openings. In case a higher degree of utilization is achieved, the period of operation will be accordingly longer.
- After completion of the disposal of radioactive waste and the residual backfilling of the repository, the shaft will be backfilled and sealed according to the present state of science and technology so that it is water-tight.

The repository concept prepared for the Konrad Mine illustrates that radioactive waste can be safely disposed of on a long-term basis without the biosphere being endangered. Large transport units serve to utilize the mine's handling devices to an optimum extent and to reduce the handling steps.

Particular importance for a positive plan approval decision is to be attributed to the proof that radioactive waste with negligible heat generation - as will be disposed of in the Konrad Mine - can safely be disposed of on a long-term basis. The basis for the proof of the long-term safety has been provided by the PTB and its partners.

The NMU and its experts subjected the plan to a first control in order to verify that it is complete and meets the preconditions of examination. After this control, the PTB reworked the plan and at the same time, prepared an abridged version.

After the NMU had approved the plan and the abridged version, this document was forwarded on October 17 and 21, 1986, to the authorities to be involved (article 73 para. 2 VwVfG) and other institutions. With that, another essential procedural step was taken according to schedule. The further progress of the procedure can be seen in the annexed skeleton schedule.

With the preparation of this plan, the PTB has been the first institute all over the world to prove the safety of a repository for radioactive waste with negligible heat generation under operational, incident and long-term conditions.

It will now be the PTB's task, in agreement with the competent authorities, to take care of the further handling of the procedure both with respect to the time schedule and costs and with the putting into operation of the Konrad repository according to schedule, to provide a decisive contribution to proving that a repository is available for the disposal of radioactive waste.

Literature

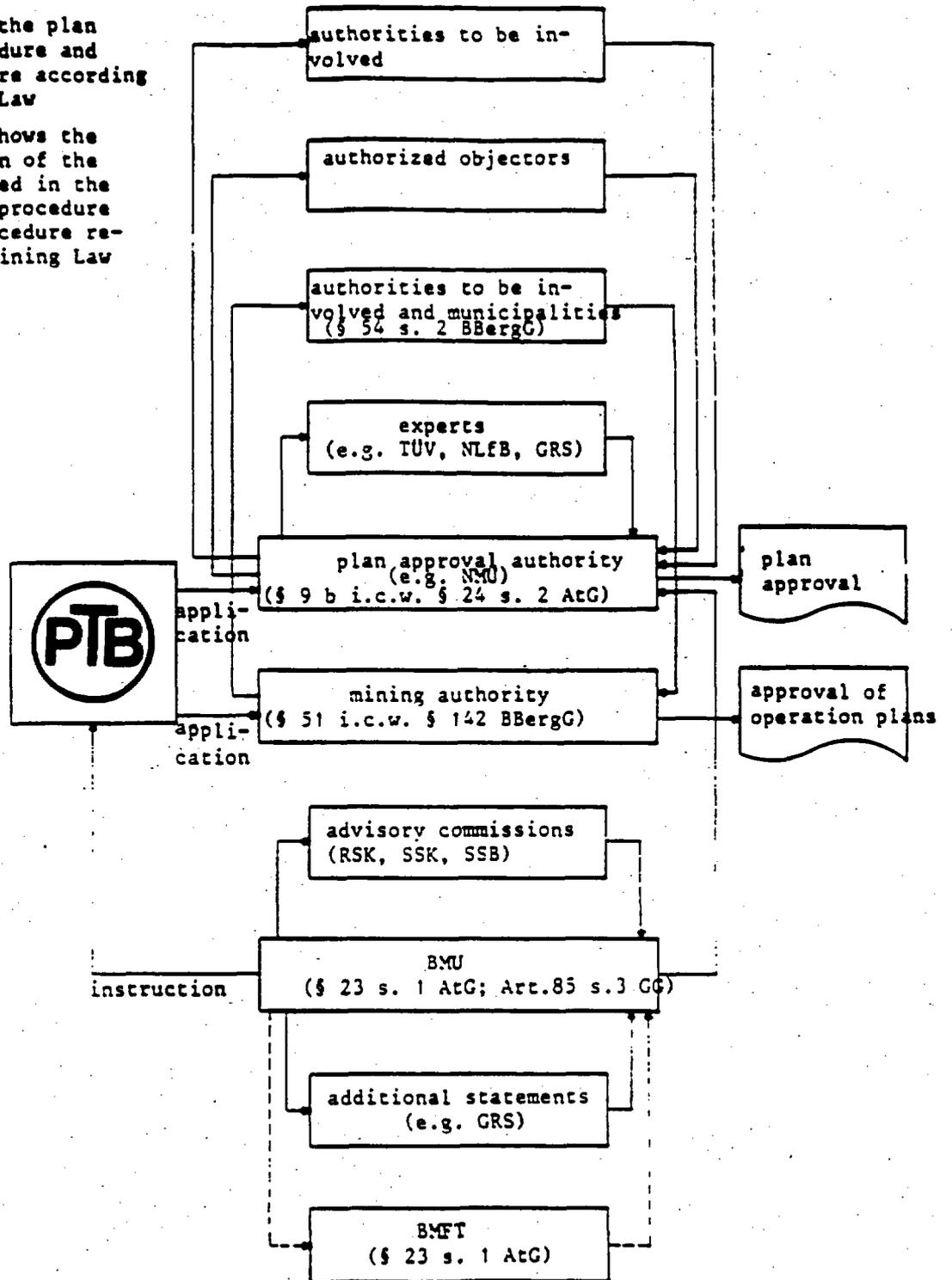
- /1/ GSF Final Report, Examination of the suitability of the Konrad Mine for the disposal of radioactive waste, edited by Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Munich. GSF-T 136, 1982
- /2/ Publication of recommendations of the Reaktor-Sicherheitskommission of December 17, 1982, - Safety criteria for the disposal of radioactive waste in a mine -, BMI-RSI4-517 016/02, Federal Gazette No. 2,p.45, of January 5, 1983
- /3/ Kügel J. Willfried, Der Planfeststellungsbeschuß und seine Anfechtbarkeit, p. 29
- /4/ Kügel, J. Willfried, loc.cit., p.45 and foll.
- /5/ Rengeling, Hans-Werner, Planfeststellung für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, in: Recht-Technik-Wissenschaft, vol.33, Carl Heymanns Verlag Köln, Berlin, Bonn, München 1984
- /6/ cf. also Rengeling, loc.cit., part. p.123 and foll. IV
- /7/ Ehrlich, D., Röthemeyer, H., Stier-Friedland, G., Thomauske, B., Langzeitsicherheit von Endlagern, in: Atomwirtschaft 1986, No. 31, p.231 and foll.

Skeleton schedule for Konrad (as of August 1986)

March	1986	filing of the last plan chapters (without chapter "Long-term safety")
June	1986	filing of the last plan chapter
September	1986	completion of the reworking of the plan; submission of the abridged version to the NMU
October	1986	forwarding of the abridged version and of the plan to the authorities to be involved
December	1986	submission of the comments of the authorities to be involved, particularly on the completeness of the plan and its fitness for being examined
March	1987	completion of the incorporation of the comments of the authorities to be involved; filing of the reworked plan with the NMU
June	1987	presentation of the printed plan to the NMU
August	1987	publication of the project and start of the design work
October	1987	completion of the design work
February	1988	discussions

Conduction of the plan approval procedure and of the procedure according to the Mining Law

This diagram shows the interconnection of the parties involved in the plan approval procedure and in the procedure related to the Mining Law



October	1988	plan approval decision
November	1988	start of the conversion of the Konrad Mine into a repository
end	1991	completion of the conversion; start of the emplacement work

----- physikalisch-technische bundesanstalt ++ 3300 braunschweig ++ bundesallee 100 -----  
----- abteilung se ++ presse- und oeffentlichkeitsarbeit ++ tel.: (0531) 592-7610 -----

## Störfälle

*als Folge des Zuflusses von Wässern oder Salzlösungen in ein Salinar-Bergwerk in steiler Lagerung für die Endlagerung radioaktiver Abfälle.*

### Einleitung

In den folgenden Ausführungen werden Szenarien dargestellt, bei denen Wasser oder Salzlösungen in das Endlagerbergwerk zufließen könnten. Mit den Szenarien sollen Störfallbetrachtungen begründet und in ihren Randbedingungen festgelegt werden. Dadurch werden in konservativer Weise wenig wahrscheinliche, aber nicht vollständig auszuschließende radiologische Belastungen über den Wasserpfad erfaßt.

Unter dem Begriff 'Wasser' werden Zuflüsse verstanden, die aus dem Neben- oder Deckgebirge stammen; 'Salzlösungen' sind an Chloriden und Sulfaten untersättigte oder gesättigte Zuflüsse. Die Salzlösungen werden im Salzbergbau als Laugen bezeichnet.

Die Szenarien und quantitativen Aussagen basieren auf lagerstättenkundlichen Kenntnissen aus dem Kali- und Steinsalzbergbau über einen Beobachtungszeitraum von rd. 100 Jahren und wurden im Hinblick auf ein Endlagerbergwerk für alle Arten radioaktiver Abfälle entwickelt, das entsprechend geplant, errichtet, betrieben und stillgelegt werden muß.

Die betrachteten Zeitabschnitte umfassen

- 1) die Betriebsphase und
- 2) die Nachbetriebsphase.

Dies ist 1) der Zeitabschnitt, während dessen radioaktive Abfälle eingelagert werden und 2) die Zeit nach der Stilllegung des Endlagerbergwerks.

### Schächte

Die PTB hat Unterlagen erstellen lassen, die qualitativ zeigen, daß ein Zufluß von Wässern oder Salzlösungen über den ausgebauten Teil eines modernen Schachtes (Stahl-Beton-Verbundausbau mit Asphaltinterfüllung), der zum Ersaufen eines Endlagers führt, während der Betriebszeit nach menschlichem Ermessen nicht möglich ist. Selbst bei konservativer Unterstellung eines Zuflusses lassen sich technische Maßnahmen ergreifen, mit denen ein vollständiges Ersaufen der Grube verhindert werden kann. Beispielhaft seien hier genannt:

- 1) Kontrolliertes, auf möglichst wenige und kleindimensionierte Stellen beschränktes Fassen der Zuflüsse, deren kontrollierte Abförderung und gefahrungsfreies Verbringen;
- 2) Nachsamentation im Fundamentbereich; Verstärkung bzw. neues Setzen des Ausbaufundamentes;
- 3) Neue Ausbausäule mit Reduzierung des Innendurchmessers (Vorbausäule);
- 4) Verlängerung der Ausbausäule.

Aus o. a. Unterlagen sind im Rahmen der hier zu behandelnden Fragestellungen allein die Aussagen zu den Schichten nach dem Abteufen relevant. Die Studie läßt die Frage offen, ob über den nicht ausgebauten Teil eines Schachtes ein Wasser- oder Salzlösungszufluß in ein Endlager erfolgen kann.

Die Möglichkeit des Ersaufens der Grube durch Zuflüsse aus dem nicht ausgebauten Teil des Schachtes wird ebenfalls ausgeschlossen, da der Schachtbereich genau erkundet wird. Die Erkundung des Schachtbereiches beginnt mit dem Niederbringen der Schachtvorböhrung. Aus den dabei gewonnenen Kernen werden Schichtenfolge, -verlauf und -aufbau im Bereich des danach zu erstellenden Schachtes klar erkannt. Darüber hinaus werden mit geophysikalischen Methoden (z. B. HF-Reflektionsmessungen) Kenntnisse im Bereich von 50 - 60 m um den Schacht gewonnen, z. B. über anstehenden Anhydrit und andere Gesteine.

Beim Abteufen der Schächte werden detaillierte geologische Aufnahmen der Stöße angefertigt und interpretiert. Die dabei gewonnenen Informationen über die Gesteinsschichten werden, zusammen mit lagerstättenkundlichen Kenntnissen, hinsichtlich möglicher Speichergesteine oder Wegsamkeiten für Lösungen beurteilt. Daneben können die geometrische Anordnung zum Schacht und der Verlauf von besonders interessierenden Gesteinsschichten, wie z. B. Anhydrite, mit geophysikalischen Methoden speziell erkundet werden.

Erfahrungsgemäß können nach dem Abteufen von Schächten im Gesteinsverband des Schachtnahbereiches Veränderungen auftreten, die

- 1) auf Änderungen des Spannungszustandes um den geschaffenen Bohrraum (Druckentlastung, Einstellen eines neuen Spannungszustandes) oder

- 2) auf Auskühlungseffekte (Wetterführung)

zurückzuführen sind. Diese Änderungen des Spannungszustandes treten durch 1) verursacht in den ersten ein bis zwei Jahren, und durch 2) verursacht in den ersten zwei bis vier Jahren nach dem Erreichen der Endteufe und wettartechnischer Nutzung auf. Zu diesen Zeiten hat die Betriebsphase (Einlagerung von radioaktiven Abfällen) noch nicht begonnen, da die Erkundungsphase ca. 3 - 4 Jahre und die anschließende Errichtungsphase mindestens 2 Jahre dauern.

Damit sind vor dem Beginn der Betriebsphase mögliche Gefahrenquellen bekannt. Gegen sie können technische Maßnahmen vor Beginn der Einlagerung ergriffen werden.

Die Einflüsse auf den Schacht (mögliche Spannungsänderungen), die durch die Wärmebringung in das Salzgebirge auftreten können, müssen beim Nachweis der ausreichenden Auslegung der Schächte berücksichtigt werden. Sie können durch die geometrische Anordnung und den Abstand der Einlagerungsfelder zum Schacht, sowie durch die Festlegung von Art und Menge der einzulagernden Abfälle beeinflusst werden.

### Strecken und Einlagerungsräume

Relevante Zuflüsse von Wässern bzw. Lösungen in befahrbare Grubenräume sind während der Betriebsphase wegen der Art der vorlaufenden drei- bis vierjährigen Erkundung des Einlagerungsbereiches praktisch auszuschließen. Vor dem Auffahren einer jeden Strecke

Schacht heraus auf dem Niveau der Erkundungsstrecken. Die Erkundungsstrecken werden in durch die Vorbohrungen erkundeten Bereichen aufgeföhren. Von diesen Erkundungsstrecken aus werden horizontale und geneigte Erkundungsbohrungen gestoßen. Mit Hilfe der Erkenntnisse aus dem Erkundungsprogramm (Strecken und Bohrungen) werden geeignete Bereiche für die Endlagerung der radioaktiven Abfälle innerhalb des Salzstocks erkannt. Den verschiedenen Bereichen können die entsprechenden Abfallarten und -mengen zugeordnet werden.

Weitere Erkenntnisse fallen beim Auffahren der Ausrichtungsstrecken in der Errichtungsphase und dem Auffahren der Vorrichtungsstrecken in der Errichtungs- oder Betriebsphase an. Auch diese Strecken werden vorgebohrt. Falls in einem relevanten Bereich, in entsprechender Entfernung zu den Grubenbauen, überhaupt Lösungsreservoirs vorhanden sein sollten, können diese sehr früh, schon vor dem Auffahren der Strecken, beim Stollen der Untersuchungsbohrungen, sowie bei der Durchführung geophysikalischer Untersuchungsarbeiten (z. B. HF-Reflektionsmessungen) erkannt werden. Alle wesentlichen Aussagen über Lösungsvorkommen, eingeschlossen deren genetische Interpretation, werden während der Erkundung erarbeitet. Zuflüsse in befahrbare Grubenräume während der Betriebsphase (Einlagerungsphase) sind daher wenig wahrscheinlich. Sollten sie dennoch auftreten, sind sie nach menschlichem Ermessen beherrschbar: Entsprechend der genetischen Interpretation der Lösungen und den Ergebnissen weiterer Untersuchungen wird der Bereich des Zuflusses zementiert, eine horizontale Ausbausäule eingebracht, ein Dammbauwerk gesetzt, oder das Feld für die Einlagerung verworfen.

Wasser- oder Lösungszuflüsse in Grubenteile, die bereits abgeworfen und verfüllt sind (in Gruben soll die Einlagerung der Abfälle im Rückbau erfolgen), sind wenig wahrscheinlich. Sollten sie dennoch stattfinden, sind diese Feldesteile einer direkten Beobachtung nicht mehr zugänglich und Gegenmaßnahmen kaum möglich. Die Dammbauwerke, welche die abgeworfenen und verfüllten Grubenbaue abschließen, verhindern mindestens einen unkontrollierbaren Abfluß von Lösungen in die noch offenen Grubenbaue.

Die Erfahrung zeigt, daß Restlösungen in Größenordnungen von Litern bis geschätzt  $10^3$  m<sup>3</sup> (Lösungsreservoir) in Salzdiapiren eingeschlossen sein können. Abweichungen von den angegebenen Volumina sind möglich. Als Speichergesteine kommen vorwiegend klüftiger Anhydrit, untergeordnet Chloridgesteine (z. B. bestimmte Partien des Aller- bzw. Leinesteinsalzes) in Frage.

Aufgrund lagerstättenkundlicher Beobachtungen haben in der geologischen Vergangenheit Wegsamkeiten in Evaporitkörper existiert. Es wird unterstellt, daß z. B. durch Wärme induzierte Spannungen Wegsamkeiten zwischen den Einlagerungsfeldern (Kammern und Bohrlöcher) und den möglichen Lösungsreservoirs neu entstehen können. Werden potentielle Speicherhorizonte von Strecken durchörtert, können sich bevorzugt Wegsamkeiten über die abgeworfenen Strecken (beim Rückbau) zu den Abfällen hin ausbilden.

Im Salzbergbau sind "natürliche" Zuflußraten von Restlösungen in offene Grubenräume von ml/min bis in die Größenordnung von l/min bekannt. Dies ist für Kammern in Endlagerbergwerk (wegen vorangegangener Untersuchungen), die bei ihrer Erstellung trocken sind, nicht zu erwarten. Aus konservativen Gründen wird jedoch unterstellt, daß die genannten Zuflüsse sofort nach Abwerfen des Einlagerungsfeldes die Abfälle erreichen.

Beobachtungen an Klüftfüllungen (Chloridminerale wie Halit, Sylvit und Carnallit) und Klüften in Anhydrit- und Salzhorizonten beweisen, daß in diesen Gesteinen Lösungswegsamkeiten vorhanden waren. Bei erneuter Entstehung (Wiederaufleben) alter Wegsamkeiten zwischen Lösungsreservoir und Salzstockgrenze können Verbindungen zwischen Einlagerungsgut und Nebengestein geschaffen werden. Der Übergang von Anhydrit- und Salzhorizonten in das Nebengebirge/Deckgebirge stellt dann potentielle Austrittsbereiche für kontaminierte Lösungen aus dem Endlagerbereich dar, wenn die entsprechenden Beanspruchungen durch die wärmeentwickelnden Abfälle geschaffen werden. Für die Ausbreitung von Lösungen ist ein partiell klüftiger Anhydrit- und Salzhorizont ungünstiger zu bewerten als die Barrierenwirkung der Strecken- und Schachtverfüllung. Dies gilt noch in höherem Maß für die Tiefbohrlöcher

Für die Nachbetriebsphase wird, ebenfalls aus konservativen Gründen, nicht ausgeschlossen, daß Zuflüsse von Wässern und

re: Incidents as a result of the ingress of waters and salt solutions into a salt mine in steep bedding for the final storage of radioactive waste

### Introduction

In the following, scenarios will be described which would allow waters or salt solutions to ingress in the final repository. These scenarios will provide the basis for the examination of incidents and the definition of their boundary conditions. The radiological loads thus determined in a conservative manner with the aid of the water path are highly improbable but cannot be precluded completely.

By the term "waters" influxes from the adjoining and/or overlying rock and by "salt solutions" influxes undersaturated or saturated with chlorides or sulphates are understood. In salt mining, the salt solutions are referred to as brines.

The scenarios and quantitative statements are based on the knowledge of mineral deposits in potash and rock salt mining gained over about 100 years; they were developed with respect to a final repository for all kinds of radioactive wastes, which must be suitably designed, erected, operated, and closed down.

The periods examined comprise

- (1) the operational phase and
- (2) the post-operational phase,

(1) being the period during which radioactive wastes are stored and (2) the time after the closing-down of the final repository.

### Shafts

The PTB arranged for the preparation of documents which show in quality that an influx of waters or brines through the lined portion of a modern shaft (reinforced concrete compound lining with asphalt backfilling) which would result in the flooding of a final repository, is not possible during the period of operation, as far as one can judge. Even when conservatively assuming an influx, technical measures can be taken to prevent the mine from being flooded completely. The following are given as examples of such measures:

- (1) Controlled catching of influxes limited to the smallest possible number of places of small size, as well as their controlled evacuation and safe transfer;
- (2) Regrouting of foundations; reinforcement of the existing or provision of a new support foundation;
- (3) New support column with a reduced internal diameter (advancing column);
- (4) Extension of the support column.

For the questions to be studied here, the documents referred to above are important only with respect to the statements on the shafts after sinking. The study does not answer the question whether it will be possible for water or brine to enter a final repository by way of the non-lined part of a shaft.

A possible flooding of the mine by influxes from the non-lined portion of the shaft is also precluded, as the shaft area is thoroughly explored. This exploration begins with the preliminary drilling of the shaft. The cores obtained serve to describe the sequence, the run, and the structure of the strata in the area of the shaft to be sunk. In addition, geophysical methods (such as high-frequency reflection measurements) are used to gain

information about the subsurface within a radius of 50 to 60 m from the shaft as, for example, about the existence of solid anhydrite and other rocks.

When sinking the shafts, detailed geological surveys of the faces are made and interpreted. The information gained about the rock strata together with the knowledge of mineral deposits are evaluated with respect to rocks susceptible to store brine as well as to potential paths the brines might take. In addition, the geometric arrangement with respect to the shaft and the run of rock strata which are of particular interest as, for example, anhydrites, can be explored separately using geophysical methods.

As experience has shown, shaft sinking can result in changes in the rock of the shaft area, which are due to

- (1) changes in the state of stress around the new cavity (removal of load, establishment of a new state of stress) or
- (2) the effects of cooling (ventilation).

When due to (1), these changes in the state of stress appear within the first one or two years and when due to (2), within the first two to four years after the total depth has been reached and the shaft is ventilated. At this point, the operational phase (storage of radioactive wastes) has not yet commenced, as the exploration takes 3 or 4 years and the subsequent erection at least 2 years.

Potential sources of danger are, thus, known before the beginning of the operational phase, so suitable measures can be taken prior to starting storage.

The effects (potential changes in stress) on the shaft by heat transfer into the salt rock strata must be taken into account when dimensioning the shaft. These effects can in their turn

be influenced by the geometric arrangement and the distance of the storage fields with respect to the shaft as well as by the determination of the nature and quantity of the wastes to be stored.

#### Drifts and storage openings

During the operational phase, any substantial influx of water and brine into accessible mine openings can practically be precluded because of the three or four-year exploration of the storage area. Prior to running a drift, its planned run is explored by preliminary drilling. The underground exploration begins with horizontal drillings from the shaft at the level of the prospect drifts. The prospect drifts are run in areas which were explored during the preliminary drilling work. From these prospect drifts, horizontal and inclined prospect drillings are run. On the basis of the findings gained within the scope of the exploration programme (drifts and drillings), suitable areas for the final storage of radioactive wastes within the salt dome are defined. The different areas can be assigned for suitable kinds and quantities of waste.

Further findings are gained when running the various development drifts in the phase of erection and operation. These drifts are predrilled as well. In the event of brine reservoirs existing in an important area at a significant distance from the mine openings, these reservoirs can be detected at a very early date, i.e. prior to running the drifts, when drilling the test holes as well as during the execution of the geophysical investigations (as, for example, HF reflection measurements). All essential statements on the occurrence of brines as well as their genetic interpretation are prepared in the course of the exploration work. Influx into accessible mine openings during the operational phase (i.e. the phase of storage) are, therefore, highly improbable. Should influxes occur nevertheless, they can be mastered, as far as one can judge: On the basis of the genetic interpretation of the brines and the results of further investigations, the influx area is grouted,

and a horizontal support column and a dam structure are erected, or the field is rejected as a potential repository.

Water or brine influx into parts of the mine which were abandoned and plugged (at Gorleben, the storage of the wastes will be made by retreating) are highly improbable. Should they appear nevertheless, these field parts can no longer be observed directly and it will be almost impossible to take countermeasures. The dam structures sealing the abandoned and plugged mine openings prevent at least any uncontrollable discharge of brines into mine openings not yet refilled.

As experience has shown, the residual liquids enclosed in salt domes can be estimated to be of the order of litres up to  $10^3 \text{ m}^3$  (solution reservoir), deviations from these volumes being possible. The reservoir rock can be jointed anhydrite but also chloride rock (as, for example, definite parts of the Aller and Leine rock salt).

Geological surveys of mineral deposits have shown that in the geological past, liquid paths existed in the hydrotogenous rock. It is assumed that stresses caused by heat can result in the formation of new paths between the storage fields (cavities and bore holes) and the potential brine reservoirs.

If potential reservoir horizons are traversed by drifts, paths will possibly be formed through the abandoned drifts (when retreating) towards the wastes.

In salt mining, "natural" residual liquid influx rates into open mine workings are known to the amount of ml/min up to l/min. This is not to be expected for cavities in the final repository (because of the precedent investigations) which are dry when established. For conservative reasons, it is, however, assumed that the influx referred to above will reach the wastes forthwith upon abandonment of the storage field.

Observations carried out on refilled joints (chloride minerals such as halite, sylvine, and carnallite) and on joints in anhydrite and salt horizons have proved that there are brine paths in these rocks. When former paths form anew between brine reservoir and salt dome boundary, contacts can be established between the waste stored and the adjoining rock. The transition of anhydrite and salt clay horizons into the adjoining/overlying rock will represent a potential discharge area for contaminated brine from the final repository area if adequate stresses are produced by the heat-generating wastes. With respect to the spread of brines, a partially jointed anhydrite horizon will be less favourable than plugged drifts and shafts with their barrier effect. This applies to a still greater extent to deep boreholes.

For the post-operational phase, it is not precluded - for conservative reasons as well - that waters and brines will flow into the refilled parts of the mine. Here, the same applies as above.

F E D E R A L   G A Z E T T E

Edited by the Federal Minister of Justice

Volume 35

Published on Wednesday,  
January 5, 1983

No. 2

Announcements

The Federal Minister of the Interior

Publication

of Recommendations

of the Reactor Safety Commission

of December 17, 1982

In accordance with § 12, subparagraph 4 of the publication referring to the establishment of a reactor safety commission (RSK), in its version of December 15, 1980 (Fed.Gaz. No. 10 of January 16, 1981), the following recommendation is published as the result of the deliberations of the

178th session on September 15, 1982.

Bonn, December 17, 1982

RS I4. - 517 016/2

The Federal Minister of the Interior

By order

Dr. Gast

Recommendation of the Reactor Safety Commission at its 178th session on September 15, 1982

---

Safety criteria for the final disposal of radioactive wastes in a mine

Contents

1. Introduction
2. Protection goals
3. Measures for the realization of the protection goals
  - 3.1 Choice of the site
  - 3.2 Multiple barrier concept
  - 3.3 Accepted rules of technology
4. Site qualifications
  - 4.1 Topography
  - 4.2 Population density
  - 4.3 Mineral resources
  - 4.4 Repository formation, overlying strata and surrounding
  - 4.5 Tectonics
  - 4.6 Hydrogeological conditions
5. Prerequisites for the construction and operation of a repository
  - 5.1 Compliance with layout data
  - 5.2 Safety analyses
6. Site investigation
  - 6.1 Above-ground site investigation
  - 6.2 Underground site investigation
7. Construction and running
  - 7.1 Shafts
  - 7.2 Underground openings and excavation systems
  - 7.3 Ventilation
  - 7.4 Operational supervision
8. Wastes
9. Close-down
10. Post-running phase
  - 10.1 Environmental control
  - 10.2 Documentation and marking

## 1. Introduction

In nuclear medicine and nuclear research, in nuclear power plants, in the nuclear fuel cycle industry and other industries, various types of radioactive wastes are produced which are divided into different categories according to their specific activity and physicochemical condition. Their radiologic risk potential - which determines the scope of the safety measures to be taken - depends not only on the above-mentioned characteristics, but also on the activity inventory, the type of radiation and the half life of the radionuclides contained therein.

In order to exclude, on a long-term basis, inadmissible concentrations of radionuclides in the biosphere, the radioactive wastes have to be converted to a form which is sufficiently resistant to corrosion and lixiviation. For the purpose of final disposal they can be introduced into an appropriate geological formation. Only this form of final disposal is considered in the present criteria. When these preconditions are met, basically no further measures are necessary upon termination of the emplacement and refilling and after sealing of the repository mine.

For the choice and investigation of a site as well as for the planning and operation of a repository mine it is advisable to develop criteria which guarantee the protection goals dealt with in the following chapter. They also serve the international harmonization of the planning, construction and operation of repositories and of the definition of requirements on radioactive wastes.

As the engineering concepts for the repository mine and the requirements on the products to be stored depend on the overall geological situation under consideration, which cannot be standardized, no generally valid quantitative safety criteria can be defined.

The necessary safety of a repository mine in a geological formation must therefore be established by a site-specific safety analysis which takes into account the entire system, namely geological conditions, repository mine and waste product/packages.

The criteria compiled in the following refer to the final disposal of radioactive wastes which has been defined as "a safe, maintenance-free removal of these wastes, unlimited in time". In the case of final disposal on an industrial scale, methods and procedures are used which make retrievability of the wastes unnecessary.

The criteria deliberately allow of discretionary decisions. Their concretization takes place within the scope of the plan approval and licence procedure in accordance with the state of science and technology valid at the time, with due regard to the individual case.

The present criteria for the final disposal in mines are valid for all categories of radioactive wastes which are stored in mines.

## 2. Protection goals

The final disposal of radioactive wastes in mines shall guarantee the protection of man and environment against damage caused by ionizing radiation of these wastes. In order to achieve these protection goals certain requirements must be met.

The protection goals valid for the operation of a repository mine are predetermined by the Atomic Energy Act and the Radiation Protection Ordinance. In addition, all other relevant regulations are to be observed.

Upon termination of the operating phase the entire repository must be securely sealed off from the biosphere. Even after decommissioning, radionuclides which - as a consequence of transport processes which cannot be completely excluded - might enter into the biosphere from a sealed repository shall not lead to individual doses exceeding the values specified in § 45 of the Radiation Protection Ordinance (StrlSchV).

### 3. Measures for the realization of the protection goals

On the basis of the given geological conditions, technical measures and procedures are to be carefully coordinated in order to achieve the protection goals.

For the "repository" system comprising the overall geological situation, the mine as well as waste forms and packages, the protection goals are achieved by the following procedure:

#### 3.1 Choice of the site

The choice of the site is not only important to the construction and operation of the repository mine, but above all to the long-term safety. The repository formation in connection with the overall geological system is decisive for the choice.

#### 3.2 Multiple barrier concept

The multiple barrier concept has proved successful in technical engineering. In the case of the repository, a combination of the following possible barriers is considered for the secure sealing from the biosphere:

- form of waste
- packaging
- filling
- repository formation
- overlying strata/surrounding.

Individual barriers or the total of all these barriers must guarantee that, as far as is humanly possible, no radioactive material is released into the biosphere in an inadmissible way. Depending on the assumed incident the individual barrier contributes to an adequate prevention or delay of the diffusion of radioactive material.

### 3.3 Accepted rules of technology

The accepted rules of technology must be applied to the installation, operation and decommissioning of a repository. Sufficient allowance is to be made for the further progress in science and technology.

## 4. Site qualifications

The site must be chosen in such a way that compliance with the protection goals can be guaranteed during the operation, decommissioning and the time after the decommissioning of the repository mine.

### 4.1 Topography

Topographic aspects are of secondary importance to the installation of a repository mine.

### 4.2 Population density

The population density in the surroundings of a repository mine is only relevant with regard to the above-ground installations.

### 4.3 Mineral resources

The conservation of deposits of economically important mineral resources, including ground water, must be taken into account when choosing the site.

#### 4.4 Repository formation, overlying strata and surrounding

The repository formation must consist of rocks which make a construction and utilization of underground openings possible with due regard to the special requirements valid for the final disposal of radioactive wastes.

The physical and chemical properties of the minerals and rocks as well as possible mineral reactions under the influence of the packages to be stored are to be taken into account.

If radionuclides are released from the repository mine, overlying strata and surrounding must contribute to the prevention of inadmissible concentrations in the biosphere. A high sorption capacity with regard to radionuclides is therefore an advantage for overlying strata and surrounding to comply with their barrier function.

Preference must be given to geological formations which show visco-plastical reactions with regard to stress or which at fractures do not allow the development of potential paths for inadmissibly large liquid quantities.

#### 4.5 Tectonics

The site of a repository mine shall be characterized by insignificant tectonic activity; it shall lie at such a distance from areas with strong tectonic activity that the integrity of the repository is not endangered by it.

#### 4.6 Hydrogeological conditions

Water paths between the biosphere and the repository mine in operation represent a possible path for the release of radionuclides. In the case of repository formations, such paths

may at the most be so small that the protective function of the geological and technical barrier system is maintained. Possible effects of the emplacement of radioactive material (e.g. heat input) must be taken into account.

After the decommissioning of the repository mine, water or brine occurring in the repository formation or possibly entering into it shall not reach the biosphere, at least not to an inadmissible extent.

#### 5. Prerequisites for the construction and operation of a repository

In order to achieve the protection goals mentioned in section 2 the following has to be taken into account:

##### 5.1 Compliance with layout data

The essential data from the site investigation are to be evaluated and taken into account for the planning. Compliance with the assumptions and layout data must be checked during the construction, operation and decommissioning of the repository.

##### 5.2 Safety analyses

Incident scenarios must be accounted for in detail and their marginal conditions defined. On the basis of the examination of these incidents, site-specific safety analyses are to be carried out in accordance with scientific methods. For the safety analyses, part systems and the course of events in the overall system are imitated by means of appropriate models on the basis of sufficiently conservative assumptions.

In this way potential weak spots can be identified. In the course of the analysis of the overall system, adequate preventive measures or an improved layout of other part systems can compensate potential weak spots.

Such safety analyses are necessary for the running and close-down phases as well as for the time after the close-down of a repository mine. If necessary, potential transport processes of radionuclides into the biosphere after the emplacement phase must be taken into account.

## 6. Site investigation

In order to determine whether a site in a geological formation is suited for the final disposal of radioactive wastes, investigatory work must be carried out above ground as well as underground, taking into account the radionuclide inventory earmarked for emplacement.

### 6.1 Above-ground site investigation

Above-ground investigatory work must be carried out in order to provide data for first statements on the suitability of a geological formation for the final disposal. They serve to obtain knowledge of the sequence of strata in the overlying strata/surrounding and in the repository formation as well as of the hydrogeological situation. This knowledge is also necessary for the determination of appropriate shaft sites.

Exploration boreholes sunk from the surface into a potential repository area are to be limited to a minimum in order to maintain the functions of the natural barriers. In the case of a later driving of the repository mine, safety pillars have to be maintained around these boreholes. The loss of rock sections suitable for the final disposal, which would result from the safety pillars around these boreholes, must be kept as low as possible by limiting the number of these boreholes.

All drillings have to be sunk, documented and evaluated in accordance with the rules valid in mining and in deep drilling technique and the experience of geosciences. Using the

boreholes for the determination of basic values or the supervision of the running phase shall not cause damaging changes in the rock formation.

After having made use of the boreholes they have to be back-filled in such a way that the barrier effect of the rock mass including the safety pillars, is not restricted.

## 6.2 Underground site investigation

Shafts and galleries - these approximately up to the farthest edge of the prospective emplacement fields - have to be constructed for the underground site exploration. Techniques shall be applied which guarantee rock-saving driving and which keep effort and outlay for maintenance work as low as possible.

Additionally necessary exploratory boreholes in the repository formation as far as the surrounding are to be carried out with due regard to safety aspects.

If necessary, additional geophysical working methods must be used in order to obtain further information on the structure of the repository formation, especially with regard to its barrier function.

## 7. Construction and running

The laws, ordinances and other regulations for the protection of the staff and population against radiation damages as well as the mining law regulations and the ordinances and other rules of the responsible mining authority must be applied to the construction and running of a repository mine.

Emplacement work in the repository begins upon granting of the operation permit for the emplacement of radioactive

wastes as scheduled and ends with the close-down of the repository mine.

In addition to the aspects to be considered for a conventional mine, the following has to be allowed for as regards the construction and operation of a repository, in accordance with the special safety requirements for a repository mine.

#### 7.1 Shafts

The shaft sites have to be fixed paying due regard to optimal utilization of the geological and hydrogeological conditions and the geomechanical properties of the overlying strata/surrounding and the repository formation. An appropriate shaft lining shall guarantee that a water inrush during running and also after close-down can in all probability be excluded.

The number of shafts shall be minimized, although at least two shafts are necessary for reasons of haulage, ventilation and safety technology.

#### 7.2 Underground openings and excavation systems

Galleries and working areas shall be so dimensioned that undisturbed emplacement work is possible with due regard to rock hauling.

Working areas shall be situated in such a way that they are of little impediment to emplacement work, even in the case of incidents.

Storage transport and rock hauling shall take place in separate galleries, if possible.

Transport installations for the emplacement are to be so designed that exposure of persons is kept as low as possible and that damages to storage containers can be avoided, even in the case of faults in the transport installations.

All openings must be prepared in such a way that their stability can be maintained until they are backfilled as planned. To this end, among other things, adequately dimensioned safety pillars have to be left between the storage rooms.

An optimal storage geometry must guarantee that - especially with regard to the development of heat as a consequence of the final disposal of highly active wastes - the stability of the open mine workings is not endangered. Keeping an appropriate safety distance between the boundaries of the repository formation and the emplacement area must also guarantee that the flow conditions in the water-bearing overlying strata/surround rock are not thermally influenced in an inadmissible way. When heat-generating wastes are placed into salt formations, sufficiently large safety distances to carnallite seams must be kept.

The repository mine is to be divided into emplacement fields with individual storage rooms. During or after the filling of a storage room with radioactive wastes the remaining space has to be backfilled with appropriate filling material. The same procedure shall be followed in the case of other underground openings in the repository area which are decommissioned. When certain parts of these fields have been used for emplacement, these parts and finally the fields will be abandoned. To this end, after backfilling, the fields must be sealed off from the open mine in such a way that no uncontrollable influxes can take place into the open mine workings from the abandoned parts of the field.

Emplacement work shall be carried out in retreat working.

The number of open storage rooms (galleries, chambers, boreholes) must be minimized with due regard to an advance maintenance necessary for the operation.

The storage rooms must be kept open for as short a period of time as possible, the respective provisions being specified in the emplacement plan.

### 7.3 Ventilation

As a rule, the various emplacement fields and transport galleries shall be arranged in ventilating districts which can be independently separated from one another in order to avoid spreading of an occurring contamination in unaffected areas.

### 7.4 Operational supervision

Although the site for the repository is investigated according to an intensive survey program, the repository mine installed in accordance with guaranteed technical knowledge and the emplacement of radioactive wastes carried out by means of well-tested techniques, a supervision program for the repository in operation is necessary in addition to the routine control measures with regard to operation and radiation protection.

This supervision program serves to confirm the operating parameters which to a certain extent have entered into the safety analysis forming the basis of the installation work.

Special attention must be paid to the thermomechanical reaction of the repository formation to the emplacement of highly radioactive wastes as well as the geomechanical processes. When significant deviations from the basic data are noticed, their effects on the safety of the repository mine have to be analyzed and, if necessary, taken into consideration by a modification of the further operation of the repository.

## 8. Wastes

Based on the results of the safety analysis, specifications are to be laid down for the various products to be finally disposed of. The specifications must in particular comprise requirements on the respective activity inventory and the chemical and mechanical stability of the products which, in connection with the other barriers, guarantee compliance with the above-mentioned protection goals.

The definition of repository-specific requirements on the waste forms is determined by physical and chemical conditions which may occur in the repository and which can cause a release of radionuclides.

Accordingly, it has to be clarified by means of specific investigations in connection with safety analyses, whether and to what extent radionuclide releases may be induced due to potential interactions between the stored radioactive wastes and the repository formation or water influxes or salt solutions. The effects of temperature and ionizing radiation as well as the mechanical stress which the rock mass exerts on the packages must be included in these considerations.

When conditioning and packaging heat-generating radioactive wastes, the disintegration heat and its potential influences on the integrity of the waste packages must be taken into account.

Packages, i.e. containers, packing materials and the radioactive wastes contained in them, as well as the handling, transport and emplacement techniques are to be coordinated in such a way that safe emplacement is guaranteed.

Requirements on the packages, which will be defined in specifications, must be complied with.

The mechanical impacts on the packages (e.g. in the case of a fall) may only lead to such insignificant damages of the packing material or to changes of the product that a potential radionuclide release will remain limited in its effects.

The packages must be laid out in such a way that even with due regard to potential fires, no inadmissible radionuclide releases can occur. Here the special properties of inflammable wastes must be taken into account.

For the final disposal of heat-generating wastes the heat output and surface temperature of the packages must be defined in such a way that the specified properties of the packages are preserved and the integrity of the geological formations is not endangered.

The prescribed limiting values of contamination and dose rate must be complied with.

The technical data of the packages (e.g. dimensions, material, tightness, capacity) must be documented. The origin is to be documented accordingly.

#### 9. Close-down

After the running phase the repository mine shall be closed-down. Parts of the repository are already closed-down in the running phase. The close-down of the entire repository mine shall be concluded with the backfilling of the shafts.

The backfilling and sealing of the openings are to be carried out using appropriate materials and techniques, the aim being to contribute to an increase in the stability by reducing the openings to impede or prevent the access of transport media,

such as water, into the radioactive wastes and to reduce a potential radionuclide release to an admissible degree.

The measures taken with regard to the close-down are a final contribution to the long-term compliance with the protection goals.

## 10. Post-running phase

The post-running phase refers to the time after close-down of the repository mine.

### 10.1 Environmental control

The installation, operation and close-down of the repository mine are carried out and controlled in such a way that a special control and supervision program is unnecessary in the post-running phase.

General measurements carried out as a matter of routine for environmental protection purposes as well as site surveys give information about the radiology and the long-term thermomechanical behaviour of the repository formation, the overlying strata and the surrounding.

### 10.2 Documentation and marking

The survey data of the repository mine, the characterization of the wastes stored, as well as the essential technical measures taken for the construction, running and close-down of the repository mine must be documented. Complete sets of documents must be well protected and kept separately in appropriate places.

An above-ground marking of the repository with regard to regular measurements carried out for environmental protection purposes and site surveys is not necessary. Information on the location of the site must be adequately guaranteed by the documentation.

# Bundesanzeiger

G 1989

Diese Ausgabe umfaßt die Seiten  
45 bis 64

Herausgegeben vom Bundesminister der Justiz

Seit

Jahrgang 35.

Ausgegeben am Mittwoch, dem 5. Januar 1983

Numm

## Bekanntmachungen

Der Bundesminister des Innern

### Bekanntmachung von Empfehlungen der Reaktor-Sicherheitskommission

Vom 17. Dezember 1982

Nach § 12 Abs. 4 der Bekanntmachung über die Bildung einer Reaktor-Sicherheitskommission (RSK) in der Fassung vom 15. Dezember 1980 (BAnz. Nr. 10 vom 16. Januar 1981) wird als Ergebnis der Beratungen der

178. Sitzung am 15. September 1982  
nachstehende Empfehlung bekanntgegeben.

Bonn. den 17. Dezember 1982  
RS 14. - 517 016/2

Der Bundesminister des Innern  
-Im Auftrag  
Dr. G a s t

Empfehlung der Reaktor-Sicherheitskommission  
auf ihrer 178. Sitzung am 15. September 1982  
Sicherheitskriterien für die Endlagerung radioaktiver  
Abfälle in einem Bergwerk

#### Gliederung

1. Einführung
2. Schutzziele
3. Maßnahmen zur Verwirklichung der Schutzziele
- 3.1 Standortauswahl
- 3.2 Mehrbarrierenkonzept
- 3.3 Anerkannte Regeln der Technik
4. Standortanforderungen
- 4.1 Topographische Lage
- 4.2 Bevölkerungsdichte
- 4.3 Bodenschätze
- 4.4 Endlagerformation, Deckgebirge und Nebengestein
- 4.5 Tektonik
- 4.6 Hydrogeologische Verhältnisse
5. Voraussetzungen für Errichtung und Betrieb eines Endlagers
- 5.1 Einhaltung der Auslegungsdaten
- 5.2 Sicherheitsanalysen
6. Standorterkundung
- 6.1 Standorterkundung von über Tage
- 6.2 Standorterkundung von unter Tage
7. Errichtung und Betrieb
- 7.1 Schächte
- 7.2 Untertägige Hohlräume und Hohlraumssysteme
- 7.3 Bevetterung
- 7.4 Betriebliche Überwachung
8. Abfälle
9. Stilllegung
10. Nachbetriebsphase
- 10.1 Überwachung der Umwelt
- 10.2 Dokumentation und Kennzeichnung

#### 1. Einführung

In der Nuklearmedizin und Kernforschung, in Kernkraftwerken, in der Kernbrennstoffkreislaufindustrie und in anderen Industrien fallen verschiedene Arten von radioaktiven Abfällen an, die in nach ihrer physikalischen, chemischen

und dem physikalisch-chemischen Zustand in unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden. Ihr radiologisches Gefährdungspotential, nach dem sich der Umfang der zu treffenden Schutzmaßnahmen richtet, hängt außer von den vorgenannten Eigenschaften noch vom Aktivitätsinventar, der Strahlungsart und der Halbwertszeit der enthaltenen Radionuklide ab.

Zum langfristigen Ausschluß unzulässiger Radionuklidkonzentrationen in der Biosphäre müssen die radioaktiven Abfälle in eine ausreichend korrosions- und auslaugungsresistente Form überführt werden. Zur Endlagerung können sie in eine geeignete geologische Formation eingebracht werden. Nur diese Form der Endlagerung wird in den vorliegenden Kriterien betrachtet. Unter diesen Voraussetzungen werden nach Beendigung der Einlagerung und Verfüllung und nach Verschuß des Endlagerbergwerkes grundsätzlich keine weiteren Maßnahmen notwendig.

Für die Auswahl und Erkundung eines Standortes sowie die Planung und den Betrieb eines Endlagerbergwerkes ist es zweckmäßig, Kriterien zu entwickeln, welche die im folgenden Kapitel behandelten Schutzziele garantieren. Sie dienen auch der internationalen Harmonisierung bei der Planung, der Errichtung und dem Betrieb von Endlagern und bei der Formulierung von Anforderungen an radioaktive Abfälle.

Weil die Ingenieurkonzepte für das Endlagerbergwerk und die Anforderungen an die Einlagerungsprodukte von der betrachteten nicht normierbaren geologischen Gesamtsituation geprägt werden, können keine allgemeingültigen quantitativen Sicherheitskriterien festgelegt werden. Die erforderliche Sicherheit eines Endlagerbergwerkes in einer geologischen Formation muß daher durch eine standortspezifische Sicherheitsanalyse nachgewiesen werden, die dem Gesamtsystem geologische Verhältnisse, Endlagerbergwerk und Abfallprodukte/-gebilde Rechnung trägt.

Die im folgenden zusammengestellten Kriterien beziehen sich auf die Endlagerung radioaktiver Abfälle, die als „wartungsfreie, zeitlich unbefristete und sichere Beseitigung dieser Abfälle“ definiert ist. Bei der Endlagerung in großtechnischem Maßstab kommen Verfahren und Methoden zum Einsatz, bei denen eine Rückholbarkeit der Abfälle nicht erforderlich ist.

Die Kriterien lassen bewusst einen Ermessensspielraum zu. Ihre Konkretisierung erfolgt im Rahmen des Planfeststellungs- und Genehmigungsverfahrens nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik unter besonderer Berücksichtigung des Einzelfalles.

Die vorliegenden Kriterien für die Endlagerung in Bergwerken gelten für alle Kategorien radioaktiver Abfälle, die in Bergwerken eingelagert werden.

#### 2. Schutzziele

Die Endlagerung der radioaktiven Abfälle in Bergwerken soll den Schutz von Mensch und Umwelt vor der Schädigung durch ionisierende Strahlung dieser Abfälle gewährleisten. Um diese Schutzziele zu erreichen, sind bestimmte Anforderungen einzuhalten.

Die für den Betrieb eines Endlagerbergwerkes geltenden Schutzziele werden durch das Atomgesetz und die Strahlenschutzverordnung vorgegeben. Darüber hinaus sind alle übrigen einschlägigen Vorschriften zu beachten.

Nach Beendigung der Betriebsphase muß das gesamte Endlager sicher gegen die Biosphäre abgeschlossen werden. Auch nach der Stilllegung dürfen Radionuklide, die als Folge von nicht vollständig ausschließbaren Transportvorgängen aus einem verschlossenen Endlager in die Biosphäre gelangen konnten, nicht zu Individualdosen führen, die die Werte der für die Strahlungsbelastung

### 3. Maßnahmen zur Verwirklichung der Schutzziele

Zur Erreichung der Schutzziele sind auf der Basis geologischer Gegebenheiten technische Maßnahmen und Vorgehensweisen sorgfältig aufeinander abzustimmen.

Für das aus geologischer Gesamtsituation, Bergwerk sowie Abfallformen und -gebänden zusammengesetzte System „Endlager“ werden die Schutzziele durch folgende Vorgehensweise erreicht:

#### 3.1 Standortauswahl

Die Wahl des Standortes ist nicht nur für die Errichtung und den Betrieb des Endlagerbergwerkes, sondern vor allem für die Langzeitsicherheit von Bedeutung. Die Endlagerformation in Verbindung mit dem geologischen Gesamtsystem ist dabei entscheidend.

#### 3.2 Mehrbarrierenkonzept

Das Mehrbarrierenkonzept hat sich in der Technik bewährt. Beim Endlager wird zum sicheren Abschluß gegen die Biosphäre eine Kombination folgender möglicher Barrieren betrachtet:

- Abfallform
- Verpackung
- Versatz
- Endlagerformation
- Deckgebirge/Nebengestein

Durch einzelne oder die Summe dieser Barrieren muß sichergestellt werden, daß nach menschlichem Ermessen keine unzulässige Freisetzung von radioaktiven Stoffen in die Biosphäre erfolgt. Je nach unterstelltem Störfall trägt die einzelne Barriere ihren Anteil dazu bei, die Ausbreitung radioaktiver Stoffe ausreichend zu verhindern bzw. zu verzögern.

#### 3.3 Anerkannte Regeln der Technik

Bei Errichtung, Betrieb und Stilllegung eines Endlagers sind die anerkannten Regeln der Technik anzuwenden. Der Weiterentwicklung von Wissenschaft und Technik ist dabei ausreichend Spielraum zu geben.

#### 4. Standortanforderungen

Der Standort ist so auszuwählen, daß die Einhaltung der Schutzziele während des Betriebes, der Stilllegung und der Zeit nach der Stilllegung des Endlagerbergwerkes gewährleistet werden kann.

##### 4.1 Topographische Lage

Die topographische Lage ist von untergeordneter Bedeutung für die Errichtung eines Endlagerbergwerkes.

##### 4.2 Bevölkerungsdichte

Die Bevölkerungsdichte in der Umgebung eines Endlagerbergwerkes ist nur im Hinblick auf die übertägigen Anlagen relevant.

##### 4.3 Bodenschätze

Bei der Auswahl des Standortes ist die Erhaltung wirtschaftlich bedeutender Rohstofflagerstätten einschließlich Grundwasservorkommen zu berücksichtigen.

##### 4.4 Endlagerformation, Deckgebirge und Nebengestein

Die Endlagerformation muß aus Gesteinen bestehen, die eine Erstellung und Nutzung von untertägigen Hohlräumen unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen an die Endlagerung radioaktiver Abfälle ermöglichen. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Mineralien und Gesteine sowie mögliche Mineralreaktionen unter dem Einfluß der vorgesehenen Einlagerungsgebände sind zu berücksichtigen.

Deckgebirge und Nebengestein müssen bei Radionuklidfreisetzungen aus dem Endlagerbergwerk dazu beitragen, unzulässige Konzentrationen in der Biosphäre zu verhindern. Daher ist eine hohe Sorptionsfähigkeit für Radionuklide zur Erfüllung der Barrierenfunktion von Deckgebirge und Nebengestein von Vorteil.

Es sind geologische Formationen zu bevorzugen, die auf Beanspruchungen visko-plastisch reagieren bzw. an Bruchflächen keine Wegsamkeiten für unzulässig große Flüssigkeitsmengen entstehen lassen.

##### 4.5 Tektonik

Der Standort eines Endlagerbergwerkes soll sich durch geringe tektonische Aktivität auszeichnen und von Bereichen starker tektonischer Aktivität so weit entfernt sein, daß die Integrität des Endlagers durch sie nicht gefährdet wird.

### 4.6 Hydrogeologische Verhältnisse

Wasserwegsamkeiten zwischen der Biosphäre und dem im Betrieb befindlichen Endlagerbergwerk stellen einen potentiellen Freisetzungspfad für Radionuklide dar. Solche Wegsamkeiten dürfen bei Endlagerformationen allenfalls so gering sein, daß die Schutzfunktionen des geologischen und technischen Barrieren-Systems erhalten bleibt. Mögliche Auswirkungen durch die Einlagerung radioaktiver Stoffe (z. B. Wärmeeintrag) müssen dabei berücksichtigt werden.

Nach der Stilllegung des Endlagerbergwerkes dürfen in der Endlagerformation vorhandene oder möglicherweise zutretende Wasser oder Salzlösungen nicht bzw. nicht in unzulässigem Umfang in die Biosphäre gelangen.

### 5. Voraussetzungen für Errichtung und Betrieb eines Endlagers

Zur Erreichung der in Abschnitt 2 genannten Schutzziele ist folgendes zu beachten:

#### 5.1 Einhaltung der Auslegungsdaten

Die wesentlichen Daten aus der Erkundung des Standortes sind zu bewerten und bei der Planung zu berücksichtigen. Die Einhaltung der Annahmen und Auslegungsdaten sind während Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers zu überwachen.

#### 5.2 Sicherheitsanalysen

Störfallscenarien sind im einzelnen zu begründen und in ihren Randbedingungen festzulegen. Auf der Basis dieser Störfallbetrachtungen sind standortspezifische Sicherheitsanalysen nach naturwissenschaftlichen Methoden durchzuführen. Für die Sicherheitsanalysen werden Teilsysteme und Ereignisabläufe im Gesamtsystem durch geeignete Modelle auf der Basis ausreichend konservativer Annahmen nachgebildet.

Mögliche Schwachstellen sind auf diese Weise zu identifizieren. Bei der Analyse des Gesamtsystems können eventuelle Schwachstellen in einem Teilsystem durch entsprechende vorbeugende Maßnahmen oder verbesserte Ausgestaltung anderer Teilsysteme ausgeglichen werden.

Solche Sicherheitsanalysen sind sowohl für die Betriebs- und die Stilllegungsphase als auch für die Zeit nach der Stilllegung eines Endlagerbergwerkes erforderlich. Dabei sind gegebenenfalls mögliche Transportvorgänge von Radionukliden in die Biosphäre nach der Einlagerungsphase zu berücksichtigen.

### 6. Standorterkundung

Zur Feststellung der Eignung eines Standortes in einer geologischen Formation für die Endlagerung radioaktiver Abfälle müssen unter Berücksichtigung des für die Einlagerung vorgesehenen Radionuklidinventars Erkundungsarbeiten sowohl von über als auch von unter Tage aus durchgeführt werden.

#### 6.1 Standorterkundung von über Tage

Zur Bereitstellung von Daten für erste Aussagen über die Eignung einer geologischen Formation für die Endlagerung sind Erkundungsarbeiten von über Tage durchzuführen. Sie dienen zur Erlangung von Kenntnissen über die Schichtenfolge im Deckgebirge/Nebengestein und in der Endlagerformation sowie über die hydrogeologische Situation. Diese Kenntnisse sind außerdem zur Festlegung geeigneter Schachtansatzpunkte erforderlich.

Untersuchungsbohrungen von über Tage in einen möglichen Endlagerbereich müssen auf ein Minimum beschränkt werden, um die Funktionsfähigkeit der natürlichen Barrieren zu erhalten. Um diese Bohrungen sind bei einem späteren Auffahren des Endlagerbergwerkes Sicherheitsfesten einzuhalten. Die Verluste von für die Endlagerung geeigneten Gesteinspartien, die sich aus der Festlegung von Sicherheitsfesten um diese Bohrungen ergeben, sind durch eine Beschränkung ihrer Anzahl gering zu halten.

Alle Bohrungen sind nach den im Bergbau und in der Tiefbohrtechnik geltenden Regeln sowie nach den Erfahrungen der Geowissenschaften niederzubringen, zu dokumentieren und auszuwerten. Bei der Nutzung der Bohrlocher zur Bestimmung von Ausgangswerten oder zur Überwachung der Betriebsphase dürfen keine nachteiligen Veränderungen im Gesteinsverband verursacht werden.

Nach Nutzung der Bohrungen sind diese so zu verfüllen, daß die Barrierenwirkung des Gebirges unter Einbeziehung der Sicherheitsfesten nicht eingeschränkt ist.

## 6.2 Standorterkundung von unter Tage

Zur untertägigen Erkundung müssen Schächte und Strecken – diese bis etwa zum äußeren Rand der voraussichtlichen Einlagerungsfelder – erstellt werden. Es sollten Techniken zum Einsatz kommen, die ein gebirgsschonendes Auffahren gewährleisten und einen möglichst geringen Instandhaltungsaufwand für Schächte und Strecken erfordern.

Zusätzlich erforderliche Erkundungsbohrungen in der Endlagerformation zum Nebengestein hin sind unter Berücksichtigung von Sicherheits Gesichtspunkten vorzutreiben.

Um weitere Aussagen über den Aufbau der Endlagerformation, insbesondere hinsichtlich ihrer Barrierenfunktion zu erhalten, sind gegebenenfalls zusätzliche geophysikalische Arbeitsmethoden einzusetzen.

## 7. Errichtung und Betrieb

Auf die Errichtung und den Betrieb eines Endlagerbergwerkes sind die Gesetze, Verordnungen und sonstigen Vorschriften zum Schutz des Betriebspersonals und der Bevölkerung vor Strahlenschäden sowie die berggesetzlichen Vorschriften und die Verordnungen und sonstigen Bestimmungen der zuständigen Bergbehörde anzuwenden.

Der Einlagerungsbetrieb im Endlager beginnt nach Erteilung der Betriebsgenehmigung zur planmäßigen Einlagerung von radioaktiven Abfällen und endet mit der Stilllegung des gesamten Endlagerbergwerkes.

Den besonderen sicherheitstechnischen Anforderungen eines Endlagerbergwerkes entsprechend sind über die Belange eines konventionellen Bergwerkes hinausgehend folgende zusätzliche Gesichtspunkte bei Errichtung und Betrieb eines Endlagers zu beachten.

### 7.1 Schächte

Die Schachtansatzpunkte sind unter optimaler Nutzung der geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten sowie der gebirgsmechanischen Eigenschaften des Deckgebirges/Nebengesteins und der Endlagerformation festzulegen. Durch einen geeigneten Schachtausbau ist sicherzustellen, daß ein Wassereinbruch während des Betriebes und auch nach der Stilllegung nach menschlichem Ermessen ausgeschlossen werden kann.

Die Zahl der Schächte ist zu minimieren, wobei aus förder- und sicherheitstechnischen Gründen jedoch mindestens zwei Schächte erforderlich sind.

### 7.2 Untertägige Hohlräume und Hohlräumssysteme

Strecken und Betriebsräume müssen so bemessen sein, daß ein störungsfreier Einlagerungsbetrieb unter Berücksichtigung der Gesteinsförderung möglich ist.

Betriebsräume müssen eine solche Lage haben, daß sie auch bei Störungen den Einlagerungsbetrieb wenig behindern.

Einlagerungstransport und Gesteinsförderung sollen möglichst in voneinander getrennten Strecken erfolgen.

Transporteinrichtungen für die Einlagerung sind so auszulagen, daß die Strahlenexposition von Personen möglichst gering bleibt und Schäden an den Einlagerungsbehältern auch bei Störungen an den Transporteinrichtungen vermieden werden können.

Alle Hohlräume sind so herzustellen, daß ihre Standsicherheit bis zu ihrer planmäßigen Verfüllung erhalten werden kann. Hierzu sind u. a. zwischen den Einlagerungsräumen ausreichend bemessene Sicherheitsfesten zu belassen. Durch eine optimale Lagergeometrie ist sicherzustellen, daß – insbesondere unter Berücksichtigung der Wärmeentwicklung als Folge der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle – die Standsicherheit der offenen Grubenbaue nicht gefährdet wird. Ebenso muß durch Einhaltung eines geeigneten Sicherheitsabstandes zwischen der Begrenzung der Endlagerformation und dem Einlagerungsbereich gewährleistet sein, daß die Stromungsverhältnisse im wasserführenden Deckgebirge/Nebengestein thermisch nicht unzulässig beeinflusst werden. In Salzformationen sind bei der Einlagerung warmeproduzierender Abfälle ausreichende Sicherheitsabstände zu Carnallitflözen einzuhalten.

Das Endlagerbergwerk ist in Einlagerungsfelder mit einzelnen Einlagerungsräumen zu untergliedern. Während oder nach Befüllung eines Einlagerungsräumens mit radioaktiven Abfällen ist das verbleibende Volumen mit geeignetem Versatzmaterial zu verfüllen. Bei anderen untertägigen Hohlräumen des Endlagerbereichs, die außer Betrieb gesetzt werden, ist entsprechend zu verfahren. Sind entsprechende Teile dieser Felder für die Einlagerung genutzt, werden diese Teile und schließlich die Felder abgeworfen. Dazu sind die Felder nach Verfüllung gegen das offene Bergwerk hin so abzuschließen, daß aus den abgeworfenen Feldesteilen keine unkontrollierbaren Zuflüsse in das offene Grubengebäude erfolgen können.

Der Einlagerungsbetrieb soll im Rückbau erfolgen.

Die Anzahl der offenen Einlagerungsräume (Strecken, Kammern, Bohrlöcher) ist unter Beachtung einer betrieblich erforderlichen Vorhaltung zu minimieren.

Durch ein entsprechendes Einlagerungskonzept sind die Einlagerungsräume so kurzzeitig wie möglich offen zu halten und nach beendeter Nutzung zu verschließen.

### 7.3 Bewetterung

Verschiedene Einlagerungsfelder und Transportstrecken sollen in der Regel in selbständig voneinander abtrennbare Wetterabteilungen eingeordnet werden, um bei Auftreten einer Kontamination deren Ausbreitung in nicht betroffene Bereiche zu vermeiden.

### 7.4 Betriebliche Überwachung

Obwohl der Standort für das Endlager mit einem intensiven Erkundungsprogramm untersucht, das Endlagerbergwerk nach gesicherten technischen Erkenntnissen errichtet und die Einlagerung radioaktiver Abfälle mit bereits erprobten Techniken durchgeführt wird, ist neben den routinemäßigen Betriebs- und Strahlenschutzüberwachungsmaßnahmen ein Überwachungsprogramm des in Betrieb befindlichen Endlagers erforderlich.

Dieses Überwachungsprogramm dient der Bestätigung der betrieblichen Parameter, die mit einer gewissen Bandbreite in die der Errichtung zugrundeliegende Sicherheitsanalyse eingeflossen sind.

Insbesondere sind die thermomechanische Reaktion der Endlagerformation auf das Einbringen hochradioaktiver Abfälle sowie die gebirgsmechanischen Vorgänge zu verfolgen. Werden signifikante Abweichungen von den Ausgangsdaten festgestellt, sind ihre Auswirkungen auf die Sicherheit des Endlagerbergwerkes zu analysieren und gegebenenfalls durch eine Modifizierung des weiteren Betriebes des Endlagers zu berücksichtigen.

## 8. Abfälle

Aufbauend auf den Ergebnissen der Sicherheitsanalyse sind Spezifikationen für die verschiedenen Endlagerprodukte festzulegen. Die Spezifikationen müssen insbesondere Anforderungen an das jeweilige Aktivitätsinventar und die chemische und mechanische Stabilität der Produkte enthalten, welche – im Zusammenhang mit den übrigen Barrieren – die Einhaltung der vorgegebenen Schutzziele garantieren.

Die Festlegung von endlagerspezifischen Anforderungen an die Abfallformen wird durch physikalische und chemische Bedingungen bestimmt, die im Endlager möglich sind und die eine Freisetzung von Radionukliden verursachen können.

Dementsprechend ist durch spezifische Untersuchungen in Verbindung mit Sicherheitsanalysen zu klären, ob und inwieweit durch mögliche Wechselwirkungen zwischen den eingelagerten radioaktiven Abfällen und der Endlagerformation oder zugeflossenen Wässern bzw. Salzlosungen Radionuklidfreisetzungen induziert werden können. In diese Betrachtungen sind die Auswirkungen von Temperatur und ionisierender Strahlung sowie die mechanischen Beanspruchungen der Gebinde durch das Gebirge einzubeziehen.

Bei der Konditionierung und Verpackung von warmentwickelnden radioaktiven Abfällen sind die Nachzerfallswärme und deren mögliche Einflüsse auf die Integrität des Abfallgebindes zu berücksichtigen.

Gebinde, d. h. Behälter, Verpackung und die in ihnen befindlichen radioaktiven Abfälle sowie die Handhabungs-, Transport- und Einlagerungstechnik sind so aufeinander abzustimmen, daß eine sichere Einlagerung gewährleistet ist.

In Spezifikationen festzulegende Anforderungen an die Gebinde sind einzuhalten.

Die mechanischen Einwirkungen auf die Gebinde (z. B. bei einem Absturz) dürfen nur zu so geringen Beschädigungen an der Verpackung bzw. zu Veränderungen am Produkt führen, daß eine mögliche Radionuklidfreisetzung in den Auswirkungen begrenzt bleibt.

Die Gebinde müssen so ausgelegt sein, daß auch unter Berücksichtigung möglicher Brände keine unzulässigen Radionuklidfreisetzungen erfolgen können. Dabei sind die besonderen Eigenschaften brennbarer Abfälle zu berücksichtigen.

Für die Endlagerung wärmeentwickelnder Abfälle müssen Wärmeleistung und Oberflächentemperatur der Gebinde festgelegt werden, daß die spezifizierten Eigenschaften der Gebinde erhalten bleiben und die Integrität der geologischen Formationen nicht gefährdet wird.

Die vorgeschriebenen Grenzwerte von Kontamination und Dosisleistung müssen eingehalten werden.

Die technischen Angaben der Gebinde (z. B. Abmessungen, Werkstoff, Dichtigkeit, Inhalt) müssen dokumentiert sein. Entsprechend ist die Herkunft zu dokumentieren.

#### 9. Stilllegung

Das Endlagerbergwerk ist nach der Betriebsphase stillzulegen. Teilbereiche des Endlagers werden bereits in der Betriebsphase stillgelegt. Die Stilllegung des gesamten Endlagerbergwerkes ist mit der Verfüllung der Schächte abzuschließen.

Verfüllung und Abschluß der Hohlräume sind mit geeigneten Materialien und Techniken durchzuführen und haben zum Ziel, durch Hohlraumreduzierung zur Stabilitätserhöhung beizutragen, den Zutritt von Transportmedien, wie z. B. Wasser, zu den radioaktiven Abfällen zu erschweren bzw. zu verhindern und eine eventuell mögliche Radionuklidfreisetzung auf ein zulässiges Maß zu minimieren.

Die Maßnahmen zur Stilllegung sind ein abschließender Beitrag zur langfristigen Einhaltung der Schutzziele.

#### 10. Nachbetriebsphase

Bei der Nachbetriebsphase handelt es sich um die Zeit nach der Stilllegung des Endlagerbergwerkes.

##### 10.1 Überwachung der Umwelt

Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagerbergwerkes werden so durchgeführt und überwacht, daß in der Nachbetriebsphase ein gesondertes Kontroll- und Überwachungsprogramm entbehrlich ist.

Routinemäßig durchgeführte allgemeine Umweltschutzmessungen sowie Geländevermessungen geben Aufschluß über die Radiologie und das langfristige thermomechanische Verhalten der Endlagerformation, des Deckgebirges und des Nebengesteins.

##### 10.2 Dokumentation und Kennzeichnung

Die markscheiderischen Daten des Endlagers, die Charakterisierung der eingelagerten Abfälle sowie die wesentlichen technischen Maßnahmen bei Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagerbergwerkes sind zu dokumentieren. Vollständige Dokumentensätze sind räumlich getrennt an geeigneten Orten geschützt aufzubewahren.

Eine übertägige Kennzeichnung des Endlagers ist im Hinblick auf die regelmäßigen Umweltschutzmessungen und Geländevermessungen nicht erforderlich. Die Kenntnis über die Lage des Standortes ist durch die Dokumentation ausreichend zu sichern.