



Forschungszentrum Karlsruhe
Technik und Umwelt

Wissenschaftliche Berichte
FZKA 6109

**Stilllegungsarbeiten an der
Forschungsreaktoranlage FR 2
1981 bis 1996
Abschlußbericht
zusammengestellt nach
Unterlagen des FR-2-Archivs**

W. Diefenbacher
Projektbereich Stilllegung

Juli 1998

Forschungszentrum Karlsruhe

Technik und Umwelt

Wissenschaftliche Berichte

FZKA 6109

**Stilllegungsarbeiten an der
Forschungsreaktoranlage FR 2
1981 bis 1996**

**Abschlußbericht
zusammengestellt nach Unterlagen
des FR-2-Archivs**

W. Diefenbacher

Projektbereich Stilllegung

Als Manuskript gedruckt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor
Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe
Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren (HGF)
ISSN 0947-8620

Zusammenfassung

Die Projektarbeiten zur Stilllegung der Forschungsreaktoranlage FR 2 begannen unmittelbar nach der letztmaligen Abschaltung im Dezember 1981 mit nachbetrieblichen Maßnahmen, mit denen die Wiederinbetriebnahme unmöglich gemacht, die Brennelemente und das Primärkühlmittel entfernt und einer externen Verwertung zugeführt, nicht mehr benötigte Hilfs- und Überwachungseinrichtungen außer Betrieb genommen und die Experimentiereinrichtungen im und am Reaktorblock abgebaut wurden. Mit der Umsetzung von Stilllegungsmaßnahmen, für die sechs Genehmigungen nach § 7 AtG beantragt und erteilt wurden, konnte der Reaktorblock sicher eingeschlossen, alle Nebenanlagen und Hilfseinrichtungen demontiert und die dabei anfallenden Reststoffe ordnungsgemäß entsorgt werden; alle Gebäude wurden soweit erforderlich von radioaktiven Verunreinigungen befreit und nach umfangreichen radiologischen Kontrollmessungen und -untersuchungen zum Nachweis der Unterschreitung der Grenzwerte - mit Ausnahme des sog. Deckelungsgangs im Reaktorblock - aus dem Kontrollbereich entlassen. Im Reaktorgebäude Bau 607 (Rotunde) wurden neue Ver-, Entsorgungs- und Überwachungssysteme sowie eine Anlage für die Aufrechterhaltung eines Unterdrucks im sicher eingeschlossenen Reaktorblock eingerichtet. Das Lagerbeckengebäude Bau 608, das Lüftungsgebäude Bau 609 mitsamt Rohrkanal, Kabelkanal und den Abluftkanälen zum Abluftschornstein, die Elektrozentrale Bau 611 und die Kühlturmanlage mit Pumpenhaus Bau 612 sind abgerissen, das Gelände eingeebnet und wieder begrünt.

Die Betriebsgebäude 605 und 606 sowie der Abluftschornstein Bau 614 und das Behältergebäude Bau 615 sind anderen Nutzungen zugeführt und aus dem Geltungsbereich des § 7 AtG entlassen.

Mit dem Abschluß der Projektarbeiten im November 1996 waren die Voraussetzungen für den angestrebten kostengünstigen Minimalbetrieb der Restanlage im sicheren Ein-schluß gegeben. Die Reaktorhalle wird seit November 1996 durch die ständige Ausstellung "Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Kernforschungszentrums/Forschungszentrums zur sicheren und umweltverträglichen Nutzung der Kernenergie" genutzt.

Die Gesamtkosten der zwischen 1981 und 1996 durchgeführten Stilllegungsmaßnahmen beliefen sich auf rund 130 Mio DM.

Bis zum Jahre 2010 muß der zuständigen Behörde ein Konzept für die vollständige Beseitigung der Forschungsreaktoranlage vorgelegt werden.

Decommissioning Work on the FR 2 Research Reactor Plant, 1981 to 1996

Final Report

Summary

Project activities on decommissioning the FR2 research reactor plant began immediately after final shutdown in December 1981. At that time, post-operational measures were taken to render recommissioning of the plant impossible; the fuel elements and the primary coolant were removed for external use; auxiliary systems and monitoring facilities no longer needed were decommissioned, and experimental facilities inside and outside the reactor block were dismantled. The implementation of decommissioning measures, for which six permits had been applied for and issued under Sec. 7 of the German Atomic Energy Act, allowed the reactor block to be safely contained, all ancillary and auxiliary systems to be dismantled, and the residues arising in the process to be duly disposed of. Radioactive contamination was removed from all buildings as far as necessary, and after comprehensive radiological check measurements and investigations demonstrating that the permissible limits were underrun - except for the so-called top shield catwalk in the reactor block - these buildings were released from the controlled-area regime. In the reactor building, building No. 607 (rotunda), new supply, disposal and monitoring systems and a facility for maintaining a negative pressure in the safely contained reactor block were installed. The storage pool building, building No. 608, the ventilation building, building No. 609, complete with the pipe duct, cable duct and ex-vent air ducts leading to the exhaust air stack, the central power supply unit, building No. 611, and the cooling tower plant with the pump building, building No. 612, were demolished, the site was leveled and replanted with vegetation.

The operations buildings, buildings No. 605 and 606, and the ex-vent air stack, building No. 614, as well as the vessel building, building No. 615, are now used for other purposes and no longer come under the provisions of Sec. 7 of the German Atomic Energy Act.

Upon the completion of the project work in November 1996, preconditions were established for the desired low-cost operation at minimum level of the remainder of the facility in a safe containment. Since November 1996, the reactor hall has been used for the permanent exhibition, "Research and Development Work of the Nuclear Research Center/Research Center on the Safe and Non-polluting Use of Nuclear Energy."

The total cost of the decommissioning measures conducted between 1981 and 1996 amounted to some DM 130 million.

By 2010, a concept for complete disposal of the research reactor facility must be filed with the competent authority.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	
1. Geschichtliche Entwicklung	1
2. Genehmigungsverfahren	3
2.1 Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden	3
2.2 Abwicklung des Genehmigungsverfahrens	4
3. Durchführung der Stilllegungsmaßnahmen	5
3.1 Nachbetriebliche Maßnahmen und Maßnahmen der Genehmigung für die Vornahme von Änderungen vom 25.02.1983	5
3.2 Maßnahmen der ersten Stilllegungsgenehmigung	6
3.3 Maßnahmen der zweiten Stilllegungsgenehmigung	8
3.4 Maßnahmen der dritten Stilllegungsgenehmigung	11
3.5 Maßnahmen der vierten Stilllegungsgenehmigung	15
3.6 Maßnahmen der fünften Stilllegungsgenehmigung	15
3.7 Maßnahmen der sechsten Stilllegungsgenehmigung	17
3.8 Maßnahmen nach baurechtlichen Genehmigungen	18
4. Gesamtkosten der Stilllegungsmaßnahmen	18
5. Anhang (Tabellen und Abbildungen)	20

1. Geschichtliche Entwicklung

Am 21. Dezember 1981 wurde der Forschungsreaktor FR 2 letztmalig abgeschaltet. Damit endete nach zwanzig Jahren mit mehr als 100 000 Betriebsstunden die erfolgreiche Betriebsgeschichte des ersten in Deutschland selbst entwickelten und von der deutschen Industrie erbauten Kernreaktors. Das Reaktorkonzept basierte auf natürlichem Uran als Brennstoff und auf Schwerem Wasser (D_2O) als Moderator und Primärkühlmittel. Nach vierjähriger Bauzeit wurde er im März 1961 erstmals kritisch, die erste Phase des Leistungsbetriebs mit $12 \text{ MW}_{\text{th}}$ begann im Dezember desselben Jahres. 1966 wurde durch Änderungen der Brennelemente (Brennstoff statt U_{nat} -Metall jetzt auf 2% angereichertes UO_2) der mittlere Neutronenfluß von $9 \cdot 10^{12} \text{ n/cm}^2\text{s}$ auf $4 \cdot 10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$ und die Leistung auf $44 \text{ MW}_{\text{th}}$ erhöht.

Der FR 2 diente als Neutronenquelle ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken. Im Vordergrund der experimentellen Nutzung standen neutronenphysikalische Grundlagenversuche zu Fragen aus den Gebieten der nuklearen Festkörperphysik und Strukturanalyse. Im Rahmen der Brennstoffentwicklung für schnelle Brutreaktoren wurden zahlreiche Kapselbestrahlungen und Kreislaufexperimente zum Langzeitverhalten verschiedenster Materialien unter Neutronenbestrahlung durchgeführt. In einem speziellen Heißdampfkreislauf wurden die Belastungen von Leichtwasser (LWR)-Brennelementen bei einem Kühlmittelverluststörfall simuliert. Eine weitere wesentliche und die historisch älteste Nutzungsmöglichkeit war die Produktion von Radioisotopen für diagnostische und therapeutische Anwendungen im Bereich der Nuklearmedizin.

Trotz der überaus positiven Leistungsbilanz des FR 2, der über viele Jahre hinweg eine mittlere zeitliche Nutzung - bezogen auf die planmäßige Vollastbetriebszeit - von über 90 % hatte, ließen die technischen Entwicklungen und die mit den Jahren gestiegenen Anforderungen an Neutronenquellen ein Ende der nützlichen Lebensdauer des Reaktors erkennen.

Etwa zwei Jahre vor der letztmaligen Abschaltung wurden die ersten Überlegungen zum Stilllegungskonzept für den FR 2 angestellt. Dabei wurden verschiedene Varianten - vom vollständigen Abriß der Gesamtanlage bis zum gesicherten Einschluß nur eines Teilbereichs - betrachtet. Schließlich wurde die Variante "Herbeiführung eines sicheren

Einschlusses des Reaktorblocks" gewählt. Dieses Konzept ermöglichte es, im Reaktor-gebäude ("Rotunde") mit seiner umfangreichen technischen Infrastruktur eine Reihe von Großexperimenten (als "Sekundärnutzung") durchzuführen.

Die Planung der Maßnahmen, die unmittelbar nach der letztmaligen Abschaltung zu ergreifen waren, erfolgte seit Mitte 1980. Sofort nach der Abschaltung wurde das erneute Anfahren der Anlage durch Außerbetriebsetzung der Trimmabschaltstäbe und des Feinregelstabs unmöglich gemacht. Als nachbetriebliche Maßnahmen wurden in der Folge u.a. der Ausbau der Brennelemente aus dem Reaktorkern und ihre Überführung in das Brennelementlagerbecken, die Entfernung aller anderen Coreeinbauten, die Entleerung des Helium-Schutzgassystems, die Abfüllung des Primärkühlmittels Schwerwasser sowie die Außerbetriebnahme von Hilfs- und Überwachungseinrichtungen, die durch die Beendigung des Reaktorbetriebs funktionslos geworden waren, vorgenommen. Die Experimentiereinrichtungen im und am Reaktorblock wurden abgebaut. Der mit den nachbetrieblichen Maßnahmen erreichbare Zustand der Anlage wurde mit der im Februar 1983 erteilten atomrechtlichen Genehmigung für die Vornahme von Änderungen festgeschrieben. Für die weiteren Stilllegungsmaßnahmen wurden sechs Genehmigungen nach § 7 AtG erlangt.

Mit der 1. (Teil-)Genehmigung zur Stilllegung vom Juli 1986 wurden neben Demontearbeiten am Primärsystem zur Vorbereitung auf den sicheren Einschluß auch die Vornahme von baulichen Veränderungen für eine vorübergehende Nutzung der Rotunde durch Großexperimente (wie z.B. die Anlage CORA für Untersuchungen zu schweren LWR-Störfällen, die Anlage BORA zur Optimierung von Abluffiltern für Kernkraftwerke, die Anlage EIRAM für das Einschmelzen von radioaktiven Metallen) genehmigt.

Diese Sekundärnutzung der Rotunde wurde im Frühjahr 1993 mit den letzten Experimenten in der CORA-Anlage beendet. Die Arbeiten zur Stilllegung und zum Abbau wurden in der Folge beschleunigt durchgeführt. Das Konzept "Herbeiführung eines sicheren Einschlusses für den Reaktorblock" wurde um den Abriß von nicht mehr benötigten und nicht anderweitig nutzbaren Gebäuden bzw. Gebäudeteilen erweitert.

Die Projektarbeiten zur Stilllegung des FR 2 wurden im November 1996 beendet.

2. Genehmigungsverfahren

2.1 Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden

Auch bei der Forschungsreaktoranlage FR 2 sind für die Stilllegung, den sicheren Ein-
schluß der endgültig stillgelegten Anlage und den Abbau der Anlage oder von Anlage-
teilen Genehmigungen nach § 7 AtG erforderlich.

In Baden-Württemberg ist das Wirtschaftsministerium die atomrechtliche Genehmi-
gungsbehörde. Es erteilt die Genehmigungen im Einvernehmen mit dem Ministerium
für Umwelt und Verkehr und dem Innenministerium.

Atomrechtliche Aufsichtsbehörde für den FR 2 ist das Ministerium für Umwelt und Ver-
kehr Baden-Württemberg.

Die Berücksichtigung der von der Landesbauordnung erfaßten Belange bei Genehmi-
gungsverfahren nach AtG liegt ebenfalls beim Wirtschaftsministerium; bis Anfang 1996
war das Regierungspräsidium Karlsruhe hierfür zuständig.

Die atomrechtlichen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden können nach § 20 AtG
Sachverständige hinzuziehen. Beim FR 2 wurde - mit Ausnahme der baurechtlich rele-
vanten Angelegenheiten - der TÜV Südwestdeutschland, heute die TÜV Energie- und
Systemtechnik GmbH, als Sachverständiger zugezogen, der seinerseits für die Begut-
achtung der Anwendung sprengtechnischer Methoden für den Abriß von Gebäudetei-
len (Absetzbecken, Lagerbeckengebäude) die Battelle Ingenieurtechnik GmbH, Esch-
born, verpflichtete. Für die baurechtlich relevanten Angelegenheiten wurde das Inge-
nieurbüro für Bauwesen Prof. Eibl + Partner, Karlsruhe, hinzugezogen.

Für den Abriß von Gebäuden und Gebäudeteilen, die nicht im Geltungsbereich des
AtG liegen bzw. deren Rückbau keine wesentliche Veränderung im Sinne des AtG dar-
stellt, ist das Landratsamt Karlsruhe als Baurechtsbehörde zuständig für Genehmigung
und Aufsicht. Der Abriß der alten Elektrozentrale Bau 611 und des ehemaligen Pum-
penhauses Bau 612 erfolgte aufgrund von baurechtlichen Genehmigungen.

2.2 Abwicklung des Genehmigungsverfahrens

Genehmigungen zur Stilllegung und zum Abbau wurden in verschiedenen Schritten nach dem jeweils erreichten Planungs-, Entscheidungs- und Finanzierungsstand nach § 7 AtG beantragt und erteilt. Unmittelbar nach dem letztmaligen Abschalten der Anlage wurde auf der Basis der Betriebsgenehmigung und nach 24 Änderungsanzeigen das Wiederanfahren der Anlage unmöglich gemacht, die Brennelemente aus dem Reaktorkern entfernt, das Helium-Schutzgassystem entleert, das Primärkühlmittel Schwerwasser abgefüllt und extern verwertet sowie funktionslos gewordene Hilfs- und Überwachungseinrichtungen außer Betrieb genommen. In der Folge wurden die Experimentiereinrichtungen im und am Reaktorblock abgebaut.

Der mit diesen nachbetrieblichen Maßnahmen erreichte Zustand der Anlage wurde mit der im Februar 1983 erteilten Genehmigung nach § 7 AtG für die Vornahme von Änderungen festgeschrieben.

Für die folgenden Stilllegungsschritte wurden sechs Genehmigungen nach § 7 Abs. 3 AtG (erste bis sechste Stilllegungsgenehmigung, 1. SG bis 6. SG) beantragt und erteilt (siehe Tabelle 1).

Maßnahmen geringen Umfangs, die nicht als wesentliche Änderungen der Anlage FR 2 oder ihres Betriebs im Sinne von § 7 AtG einzustufen waren und folglich ohne atomrechtliche Genehmigung durchgeführt werden durften, wurden der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde angezeigt (formalisierte "Änderungsanzeigen", ÄA).

Beim Landratsamt Karlsruhe - Baurechtsbehörde - wurden die Genehmigungen für den Abriß der Elektrozentrale und des Pumpenhauses am 26.04.1996 bzw. 17.09.1996 beantragt. Sie wurden am 19.08.1996 bzw. 24.10.1996 erteilt.

Ab der dritten Stilllegungsgenehmigung waren vor der Ausführung der genehmigten Maßnahmen besondere Ausführungsunterlagen, wie z.B. Arbeitspläne oder Vorprüfungsunterlagen zu erstellen und dem zugezogenen Sachverständigen und der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde zur Stellungnahme vorzulegen. Die Maßnahmen durften erst umgesetzt werden, wenn der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde ein positiver Prüfvermerk des Gutachters vorlag und sie das dem Betreiber mitgeteilt hatte. Insgesamt wurden 44 solcher Arbeitspläne erstellt und begutachtet (siehe Tabelle 2).

3. Durchführung der Stilllegungsmaßnahmen

3.1 Nachbetriebliche Maßnahmen und Maßnahmen der Genehmigung für die Vornahme von Änderungen vom 25.02.1983

Die Arbeiten dieser Phase wurden von und mit der FR-2-eigenen Betriebsmannschaft durchgeführt.

Unmittelbar nach der letztmaligen Abschaltung des FR 2 waren Maßnahmen zu treffen, die ein Wiederauffahren des Reaktors unmöglich machten. Hierzu wurden bei eingefahrenen Trimmabschaltstäben mit Regelstab in tiefster Stellung die Magnetsteuergeräte abgezogen und die Spannungsversorgung für Motorantrieb, Magneterregung und Endschalter entfernt.

Der nächste Schritt war der Ausbau aller Brennelemente (BE) aus dem Reaktorkern. In der Heißen Zelle wurden von den BE die Oberteile, Umkehrstücke und die Wasserführungsrohre demontiert und die Brennstabbindel mit Schutzrohr und Transportstange in das BE-Lagerbecken überführt. Die Brennelement- und Zwischengitterpositionen wurden mit Abschirm- und Dichtstopfen verschlossen. Die Schlauchverbindungen der Hüllschadenüberwachungseinrichtungen wurden demontiert und das Rohrende im Deckelgang dauerhaft verschlossen.

Nach dem Entfernen der Brennelemente konnte die Wasserkühlung für den Stahltank und die Thermische Säule außer Betrieb genommen und abgebaut werden. Die Rohrverbindungen wurden getrennt und mit Blindflanschen verschlossen.

Es folgten die Außerbetriebsetzung des Notflutbehälters und die Demontagen der BE-Temperaturüberwachung, der Isotopenrohrpost, der Hüllschadendetektionsanlage und - nach Ablassen des Schwerwassers aus dem Reaktortank in den Vorratsbehälter - des Reaktorschutzsystems.

Der D₂O-(Primärkühl-)kreislauf wurde entleert; das Schwerwasser in Transportfässer abgefüllt und an einen externen Verwerter abgegeben. Zur Dekontamination wurden das Primärkühlsystem und teilweise auch die Nebenkreisläufe mit schwachsaurem aufgeheiztem Wasser gespült, wobei die gelösten radioaktiven Stoffe in den Mischbettfiltern des Reinigungskreislaufs zurückgehalten wurden. Die Oberflächenkontamination, für die stellenweise bis zu 300 Bq/cm² gemessen wurden, konnte damit auf Werte ≤ 7 Bq/cm² abgesenkt werden. Nach der Dekontamination wurde das restliche Wasser aus dem System entfernt sowie die Rohrleitungen und Behälter getrocknet.

In der Folge wurden eine Reihe weiterer Betriebssysteme den neuen Verhältnissen angepaßt und soweit erforderlich ertüchtigt. Dazu gehörten insbesondere

- die Tritium-, Edelgas- und Aerosolüberwachung in der Fortluft,
- der Luftkreislauf einschließlich seiner Aktivitätsüberwachung.

Weitere technische Einrichtungen, die nicht mehr benötigt wurden, wurden außer Betrieb genommen. Davon waren betroffen

- die Sofortbereitschaftsaggregate der Notstromsysteme,
- die Überwachung der Feuchtefühler an Verbindungselementen und Armaturen des D₂O-Kreislaufs,
- die Neutronenmeßstellen und die Meßgeräte zur Ortsdosisleistungsmessung in der Reaktorhalle,
- die Aktivitätsmeßstellen im D₂O-, Helium- und H₂O-Kreislauf,
- der H₂O- (Sekundärkühl-) und der Helium-(Schutzgas-)Kreislauf.

Alle demontierten Teile wurden zur Entsorgung der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) überstellt und von dort der schadlosen Wiederverwertung oder der geordneten Beseitigung zugeführt. Insgesamt wurden ca. 300 Mg schwach- und ca. 20 Mg mittelradioaktive Reststoffe an die HDB übergeben.

Schließlich waren die betrieblichen Unterlagen (Betriebsanweisungen, Prüfpläne, etc.) an die Gegebenheiten nach Abschaltung des Reaktors und nach der Vornahme zahlreicher Änderungen anzupassen.

3.2 Maßnahmen der ersten Stilllegungsgenehmigung

Die Arbeiten wurden zwischen September 1986 und November 1987 ausgeführt. Schwerpunkt der Maßnahmen, die in Arbeitsteilung zwischen FR-2-eigenem und Fremdfirmenpersonal umgesetzt wurden, war die Demontage der ehemals D₂O-führenden Behälter- und Rohrleitungssysteme des Primärkühlkreises. Sie umfaßten fast ausschließlich Komponenten aus Edelstahl (Wärmetauscher, Rohrleitungen und Armaturen, Pumpen, Behälter).

Vor Beginn der Demontearbeiten wurde das System über eine Leitung mit Trockner an die Abluftanlage Unterdruckhaltung angeschlossen.

Bei Komponenten größerer Nennweiten wurde bei der Demontage das Lösen der Flanschverbindungen bevorzugt. Nur bei kleinen Nennweiten (Meßleitungen u.ä.) wurden Scheren und Sägen eingesetzt. Die entstehenden Öffnungen wurden unmittelbar dicht verschlossen.

Die Demontagefolge der einzelnen Kreislaufteilsysteme war so festgelegt, daß nach dem Anschluß an die Abluftanlage Unterdruckhaltung stets eine gerichtete Luftströmung in das (geöffnete) Rohrsystem hinein aufrechterhalten werden konnte.

Zunächst wurden die Behälter und Rohrleitungen des Reinigungskreislaufes abgebaut. Anschließend erfolgte die Demontage der Hauptpumpen und der Wärmeaustauscher und im weiteren des gesamten Rohrleitungssystems einschließlich der zugehörigen Komponenten. Mit dem Abbau der Schwerwasserkreisläufe war der Kreislaufverbund mit dem Reaktortank aufgelöst. Der Reaktortank wurde zur Unterdruckhaltung mit dem Abluftsystem des Reaktorblocks, das seinerseits an die Abluftanlage Unterdruckhaltung angeschlossen war, verbunden.

Vor dem Ausbau der Stützkonstruktionen wurden die in den Reaktortank führenden Rohrstützen dauerhaft dicht verschlossen. Hierzu wurden zunächst Blindflansche mit Füllstützen und Absperrarmaturen montiert und ein selbstaushärtendes Füllmaterial von unten in die leeren Leitungen gedrückt. Die Füllhöhe wurde so gewählt, daß eine ausreichende Abschirmwirkung erreicht wurde. Nach dem Erstarren des Füllstoffs wurden die Rohre samt Füllung kurz unterhalb des biologischen Schirms abgeschnitten und mit Blinddeckeln, die gasdicht am Liner des biologischen Schirmes angeschraubt wurden, verschlossen.

Von den Edelstahlkomponenten des Systems waren

etwa 70 %, die Wärmeaustauscher, die Hauptpumpen und etwa die Hälfte der Rohrleitungen und Armaturen, nicht oder nur leicht kontaminiert und zu einem kleinen Teil geringfügig aktiviert,

etwa 20 %, die kleineren Pumpen des Systems und die andere Hälfte der Armaturen und Rohrleitungen, kontaminiert,

etwa 10 %, die größeren, nicht behandelten Behälter, kontaminiert.

Alle abgebauten Teile wurden zur Entsorgung der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) überstellt und dort der schadlosen Wiederverwertung oder der geord-

neten Beseitigung zugeführt. Insgesamt wurden während der Umsetzung der Maßnahmen der 1. SG ca. 240 Mg schwach- und ca. 2,2 Mg mittelradioaktive Reststoffe an die HDB übergeben.

3.3 Maßnahmen der zweiten Stilllegungsgenehmigung

Die Herleitung des sicheren Einschlusses des Reaktorblocks, die in der Zeit von Oktober 1988 bis November 1989 verwirklicht wurde, war überwiegend das Werk von Fremdfirmen, da das ehemalige Betriebspersonal des FR 2 bereits weitgehend in anderen Aufgabengebieten tätig war.

Der sichere Einschluß wurde dadurch erreicht, daß alle innerhalb des äußeren Liners des biologischen Schirms gelegenen Einrichtungen mit ihren nach einigen hundert zählenden Durchdringungen, Stopfen, Verschlüssen und Abdeckungen dauerhaft, d.h. für einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren, verschlossen und abgedichtet wurden und die inneren Hohlräume gemeinsam über eine Verbindung zu einer Drucksenke kontrolliert unter einem geringen Unterdruck zur Umgebung gehalten werden. Die Öffnungen zur umgebenden Reaktorhalle wurden gegen direkte Strahlung aus dem Inneren des Reaktorblocks und gegen den Austritt von radioaktiven Aerosolen so abgeschirmt bzw. abgedichtet, daß an den äußeren Grenzen des eingeschlossenen Bereichs keine größeren Ortsdosisleistungen oder Kontaminationen, als in der Strahlenschutzverordnung für betriebliche Überwachungsbereiche zugelassen sind, auftreten können. Die Verschlüsse waren so zu gestalten, daß während der Einschlußdauer keine Wartung oder regelmäßige Kontrollen der Dichtigkeit erforderlich werden. Nach Ende der Einschlußarbeiten war in einer integralen Kontrolle die Erfüllung der Dichtigkeitsanforderungen nachzuweisen.

Zu Beginn der Arbeiten waren alle vertikalen Reaktoreinsätze mit Ausnahme des zentralen Looprohres ausgebaut. Die ehemals von den Kreislaufmedien D_2O , H_2O und He benetzten Systeme und Hohlräume wurden belüftet und durch vorhandene oder zusätzlich eingebaute Rohre untereinander so verbunden, daß ein Druckausgleich unbehindert stattfinden kann. Zur Aufrechterhaltung eines Unterdrucks in dem so geschaffenen zusammenhängenden Hohlraum wurde eine der Kernpositionen über zwei parallel geschaltete Schwebstoff-Filter-Trockner-Kombinationen mit der Abluftanlage Unterdruckhaltung Absetzblock verbunden.

Bei den direkt in den Kernraum führenden Kanälen, d.h. BE-Positionen, horizontale Experimentierkanäle u.a., wurden die Elemente für die Strahlenabschirmung und für die Abdichtung von einander getrennt eingebaut und zwar innen sitzend die Abschirmstopfen aus Stahl und Beton, außen - in der Regel auf Höhe der Außenwand des biologischen Schirms - die Dichtstopfen oder Blinddeckel mit Dichtung. Alle Verschlüsse, Blinddeckel und Abdeckungen wurden an der Einschlußgrenze gedichtet und verschraubt. In allen vorhandenen Verschlüssen, deren Dichtheit für den sicheren Einschluß relevant war, wurden neue Dichtelemente eingebaut; alte Dichtungen wurden nur dort belassen, wenn ein neues, zweites Dichtelement die entscheidende Funktion übernahm.

Abb. 4 zeigt den Reaktorblock in der Rotunde mit der schematisch eingezeichneten Einschlußgrenze. Abb. 5 ist ein Längsschnitt durch den Reaktorblock in Nord-Süd-Richtung, Abb. 6 ein Querschnitt auf Höhenkote 10,846 m. Man kann drei Einschlußbereiche unterscheiden:

a) die Kanal- und Rohrdurchführungen an der Unterseite des biologischen Schirms, d.h. D₂O-, H₂O-, He- und Luftleitungen der früheren Reaktorkreisläufe, 2 Rohrstrohre, der Zentralkanal:

Eine Sonderstellung nehmen die vier großen D₂O-Leitungen (zwei Zuläufe, ein Rücklauf, ein Schnellablaß) ein: Sie wurden bereits im Zusammenhang mit dem Abbau des D₂O-Systems mit einer selbsthärtenden Füllmasse abgedichtet und mit Flanschdeckeln verschlossen. Bei allen anderen Leitungen wurde die dem biologischen Schirm am nächsten liegende Verbindungsstelle mit einem Blindflansch verschlossen. Der untere Stopfen des Zentralkanals verblieb zusammen mit dem Al-Looprohr und dem Ringstopfen eingebaut. Durch Bleiformteile und Bleiwolle wurde die notwendige Abschirmung vorgenommen und anschließend die den Kanal umgebende Nische mit einem Deckel verschlossen.

b) Nischen und horizontale Kanäle, die die senkrechten Begrenzungen des biologischen Schirms durchdringen, d.h. Experimentierkanäle, Thermische Säule, Meßkolonne, Armaturen- und Instrumentennischen:

Experimentier- und Strahlrohrstopfen wurden mit den Dichtstopfen in den Kanälen belassen. Die zugehörigen Versorgungsnischen wurden soweit erforderlich dekontaminiert und mit Bleisteinen und Bleiwolle zur Abschirmung verbaut. Die Futterrohre wurden mit dem früheren Dichtschieber verschlossen. Den äußeren, mit dem Liner

bündigen Abschluß der Kanalnische bildet eine fest mit dem Nischenrahmen verschraubte oder verschweißte Stahlplatte. Thermische Säule und Meßkolonne verblieben; Schieber wurden geschlossen, bzw. Stopfen abgedichtet und abgedeckelt, die Einschübe wurden blockiert bzw. mit dem Liner verschraubt, die Spalten zwischen den Einschüben und dem Rahmen mit Dichtmaterial und Dichtprofilen geschlossen.

c) die Oberseite des biologischen Schirms mit Reaktorplattform und Deckelumgang:

Bei den sechs Vertikalkanälen der thermischen Säule wurden Abschirmstopfen aus Stahl und Schwerbeton eingesetzt. Danach wurden die Kanäle und alle anderen von der Plattform aus zugänglichen Schächte und Nischen mit Flachdichtungen und verschraubten Stahlplatten verschlossen.

Der Deckelumgang liegt außerhalb des eingeschlossenen Bereichs. Zum Verschuß der Kernpositionen wurden mit Ausnahme des Zentralkanals, der mit einem durch beide Reaktordeckel gehenden einzigen Abschirmstopfen mit Flachdichtung verschlossen wurde, jeweils getrennte Einbauelemente für Abschirmung und Abdichtung verwendet. Der Spalt unterhalb der Ringspaltichtung zwischen oberem Reaktordeckel und dem biologischen Schirm wurde mit Dichtungsmasse ausgeschäumt und eine Dichtmanschette als mechanischer Schutz aufgebracht.

Verbindungen zwischen dem Deckelumgang und der Reaktorplattform, wie z.B. die Strahlenschieberschächte in der Wand des Deckelumgangs, wurden - obwohl außerhalb des einzuschließenden Bereichs - mit Deckeln verschlossen, Rohrleitungen blindgeflanscht oder mit Gewindestopfen abgedichtet.

Der sichere Einschluß des Reaktorblocks wurde Mitte November 1989 mit der Abnahmeprüfung durch den TÜV und die atomrechtliche Aufsichtsbehörde abgeschlossen.

Die von der 2. Genehmigung erfaßten weiteren Rückbaumaßnahmen an den Lüftungstechnischen Anlagen betrafen in der Hauptsache die Zu- und Abluftleitungen samt zugehörigen Komponenten für den Reaktorblock und den Brennelementtrockenofen im Absetzblock, die Isotopenabluftanlage und die Abluftanlage für halogenhaltige Abluft, im wesentlichen Rohrleitungen, Gebläse, Armaturen und Stützkonstruktionen.

Die Demontage der Einrichtungen des Behältergebäudes Bau 615 war ein weiteres Gewerk unter der 2. Stilllegungsgenehmigung. Nach aufwendiger Dekontamination der Behälter, Rohrleitungen und der Gebäudinnenflächen und der Freischaltung der nicht mehr benötigten elektrischen Einrichtungen wurde die aus dem Gebäude herausfüh-

renden Rohrleitungen blindgeflanscht. Die Pumpen samt Motoren und Elektroinstallation wurden abgebaut und anschließend das Rohrleitungsnetz demontiert. Die Behälter wurden vor Ort in transportfähige Stücke zerlegt.

Insgesamt fielen während der Umsetzung der 2. SG ca. 310 Mg schwachradioaktive Reststoffe, ca. 70 Mg Stahlschrott und ca. 235 Mg Bauschutt zur Wiederverwertung bzw. geordneten Beseitigung an.

3.4 Maßnahmen der dritten Stilllegungsgenehmigung

Bis auf die betriebliche und strahlenschutztechnische Überwachung wurden alle Arbeiten durch Fremdfirmenpersonal ausgeführt.

Die Maßnahmen nach der 3. SG bezogen sich auf die Dekontamination und die Demontage aller Hilfs- und Nebeneinrichtungen in den Betriebsgebäuden, d.h. auf das Reaktorgebäude Bau 607, das Lagerbeckengebäude Bau 608, das Lüftungsgebäude Bau 609 und das Zwischengebäude Bau 606 mit allen Kanal- und Rohrleitungsverbindungen zwischen den genannten Gebäuden und dem Fortluftkamin Bau 614. Gebäudeabrissarbeiten waren nicht enthalten.

Das mit der 3. SG genehmigte Zerlegekonzept für das Absetzbecken im Lagerbeckengebäude konnte aufgrund günstiger Ergebnisse aus den radiologischen Messungen durch eine vorteilhaftere Lösung ersetzt werden. Allerdings mußte für das andere Verfahren eine neue Genehmigung (im Zusammenhang mit dem Abriß des Lagerbeckengebäudes, 5. SG) erlangt werden.

Im Rahmen der 3. SG wurden folgende Gewerke durchgeführt:

- Dekontamination und Demontagen an den Einrichtungen des Absetzblocks
- die Dekontamination des Absetzbeckens und die Demontage seiner Einrichtungen
- die Demontage der Lüftungsanlagen für den gesamten FR-2-Bereich, die Installation einer neuen kleineren Lüftungsanlage für das Reaktorgebäude und der Einbau einer neuen Anlage für die Unterdruckhaltung im Reaktorblock
- die Demontage der elektrischen Einrichtungen (Stark- und Schwachstrom), Ersatz durch neue Einrichtungen entsprechend dem künftigen Bedarf
- die Erneuerung der Wasserver- und -entsorgungseinrichtungen

- die Demontage des Druckluftversorgungssystems
- die Außerbetriebnahme der Abluftüberwachung im Fortluftkamin.

Mit der 3. SG wurde von der Genehmigungsbehörde auch festgelegt, welche Grenzwerte bei den radiologischen Kontrollmessungen in den verschiedenen Gebäuden und Gebäudeteilen des FR-2-Bereichs vor ihrer Entlassung aus dem Kontrollbereich eingehalten werden mußten.

Neben der Entsorgung der restlichen kernbrennstoffhaltigen Materialien aus dem Lagerbeckengebäude war die Beendigung der sog. Sekundärnutzung des Reaktorgebäudes durch Experimentieranlagen eine weitere Voraussetzung für die Umsetzung wesentlicher Maßnahmen nach der 3. SG. Mit dem letzten Versuch in der CORA-Anlage im April 1993 und der Demontage der Versuchsanlagen BORA und CORA im ersten Quartal 1994 war diese Voraussetzung gegeben; die Demontagen weiterer Experimente wie der Einschmelzanlage für radioaktive Metalle (EIRAM) waren schon vor Ende 1992 erfolgt.

Eine grobe Übersicht über die zahlreichen Einzelmaßnahmen, die zur Umsetzung der genehmigten Maßnahmen erforderlich waren, sowie ihre funktionale und zeitliche Vernetzung zeigt der Arbeitsablaufplan (Abb. 8).

Bis auf wenige Ausnahmen waren alle Dekontaminations- und Demontagearbeiten mit üblichen konventionellen Arbeitstechniken zu erledigen. Durch rechtzeitige, gründliche Planung und Vorbereitung unter Einbeziehung der Strahlenschutzanforderungen und Berücksichtigung der Anforderungen der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB), über die alle Reststoffe zu entsorgen waren, konnten die Voraussetzungen für ein zügiges Abarbeiten der zahlreichen Gewerke geschaffen werden.

Aufwendiger als erwartet war die Demontage der Brennelementwechsellmaschine, bei der wegen Kontaminationen im Unterteil (Schieber) die Grundplatte durch Sägeschnitte abgetrennt werden mußte. Wesentlich mehr Zeit als geplant nahm die Dekontamination der Heißen Zelle in Anspruch. Im oberen Bereich, der nicht mit einem Liner verkleidet ist, oberhalb der Manipulatordurchführungen mußte an einem Großteil der Flächen Beton abgetragen werden, um die eingedrungene Kontamination zu beseitigen. Die Raumverhältnisse ließen den Einsatz von größeren Maschinen nicht zu; es mußte mit Bohrhämmern und Meißeln gearbeitet werden.

Verhältnismäßig einfach gestaltete sich dagegen die Dekontamination der Wände des Absetzbeckens. Die anhaftende Kontamination konnte durch den Einsatz eines Dekontaminationsgels, das großflächig auf die austenitischen Oberflächen aufgebracht wurde, fast überall nach zwei Arbeitsschritten entfernt werden. Lokales Nacharbeiten war nur bei einem kleinen Teil der Oberfläche erforderlich.

Bei Abschluß der Stilllegungsarbeiten war durch radiologische Kontrollmessungen der in der 3. SG geforderte Nachweis zu führen, daß Gebäude und Gebäudeteile keine Radioaktivität oberhalb der Grenzwerte nach Anlage IX Spalte 4 StrlSchV und keine massenspezifischen Aktivitäten oberhalb des 5×10^{-5} -fachen der Freigrenze nach Anlage IV Tabelle IV 1 Spalte 4 StrlSchV je Gramm unter Beachtung der Summenformel (Freigabewert) aufweisen.

Das Vorgehen bei den Kontrollmessungen war in einem Arbeitsplan (AP 33-94 mit 2 Ergänzungen) im Detail festgelegt. Im Rahmen der Vorbereitungen wurden die einzelnen Räume der Gebäude von der Hauptabteilung Sicherheit/Strahlenschutzüberwachung (HS/St) in Abstimmung mit dem Strahlenschutzbeauftragten des FR 2 aufgrund der Betriebshistorie, der ehemaligen Verfahrenabläufe und Vorkommnisse nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Kontaminationen in drei Kontaminationskategorien eingeteilt, und zwar dahingehend, ob Oberflächenkontaminationen oberhalb der Werte der Anlage IX Spalte 4 StrlSchV als wahrscheinlich, nicht auszuschließen oder unwahrscheinlich zu erwarten waren.

In Voruntersuchungen wurde danach stichprobenhaft die Radioaktivität der Oberflächen, der Anteil der abwischbaren Radioaktivität, die Eindringtiefe der Radioaktivität in die Strukturen sowie der Nuklidvektor bestimmt. Der Umfang der Voruntersuchungen richtete sich nach der Kontaminationskategorie, in die der einzelne Raum eingeteilt war. Bei der Wahl der Meßpunkte bzw. der Probeentnahmestellen wurde die Betriebs-historie berücksichtigt. Die Messungen erfolgten nach dem Handbuch des Forschungszentrums, Hauptabteilung Sicherheit, "Meßvorschriften zu den Freigabeverfahren für radioaktive Reststoffe". Innere Oberflächen von Strukturen, die wegen ihrer Größe und Form nur beschränkt für Messungen zugänglich waren, wurden mit besonders angepaßten Sonden direkt ausgemessen. Ausschließlich im Reaktorgebäude Bau 607, das im Geltungsbereich des § 7 AtG verbleibt, wurde die Kontamination innerer Oberflächen von Rohren, Kanälen etc., die für Direktmessungen nicht zugänglich waren, mit-

telbar über die Bestimmung von Radionukliden in Dekont-Lösungen und Spülwässern, die zur Beseitigung von Restkontaminationen angewandt wurden, abgeschätzt.

Beim Fortluftkamin waren bis zu einer Höhe von 8,5 m je 10 m² eine α -/ β -Direktmessung durchzuführen und eine Bohrstaubprobe für γ -spektroskopische Untersuchungen und zur Bestimmung von Tritium zu entnehmen. Von der obersten Bühne in Höhe von 97,5 m aus war der innere Rand der Kaminröhre umlaufend α -/ β -Direktmessungen zu unterziehen und Materialproben im Abstand von 1 m für γ -spektroskopische Untersuchungen und zur Bestimmung von Tritium zu gewinnen.

Freigabemessungen wurden in allen Räumen der Kategorie "Kontamination wahrscheinlich" durchgeführt. In den anderen beiden Kategorien wurden Freigabemessungen nur durchgeführt, wenn die Voruntersuchungen (Direktmessungen, Wischteste, Auswertung der Materialproben) die Unterschreitung der Grenzwerte nicht bestätigt hatten. Insoweit stellten die Voruntersuchungen bereits die Freigabemessungen dar. Bei allen anderen Freigabemessungen wurde die gesamte Oberfläche mit einem Raster von 1 Meßpunkt pro m² und die behandelten/dekontaminierten Oberflächen flächendeckend direkt auf α - und β -Strahler ausgemessen. In Tabelle 3 sind die insgesamt bei den Kontrolluntersuchungen durchgeführten Messungen zusammengestellt.

Die Kontrolluntersuchungen wurden vom TÜV Südwestdeutschland, den die atomrechtliche Aufsichtsbehörde als Sachverständigen hinzuzog, überwacht. Nach Bestätigung der Ergebnisse aus den Kontrollmessungen durch den Sachverständigen konnten die Gebäude und Gebäudeteile nach Anzeige bei der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde aus dem Kontrollbereich entlassen werden.

Insgesamt fielen während der Umsetzung der Maßnahmen der 3. SG ca. 600 Mg schwachradioaktive Reststoffe, ca. 350 Mg inaktiver Metallschrott, ca. 75 Mg Altkabel, ca. 10 Mg Bauschutt und Baustellenmischabfälle, ca. 12 Mg Holz und ca. 25 Mg sonstige Materialien an, die über die HDB zur Wiederverwertung bzw. zur geordneten Beseitigung geführt wurden.

3.5 Maßnahmen der vierten Stilllegungsgenehmigung

Weil die Wasseraufbereitungsanlage des FR 2 erst nach dem Bau einer neuen Anlage von den Versorgungsfunktionen für das Forschungszentrum entlastet wurde, war ihr Rückbau nicht in das Maßnahmenpaket der 3. SG aufgenommen worden. Ihre Außerbetriebnahme und Demontage wurde mit der 4. SG genehmigt und erfolgte, da keine nennenswerten Strahlenschutzbelange zu beachten waren, ohne Besonderheiten mit konventionellen Techniken. Apparate, Behälter, Pumpen, Armaturen und Rohrleitungen, zum großen Teil mit Innengummierung, ergaben ca. 40 Mg metallische Reststoffe, die der schadlosen Wiederverwertung zugeführt wurden.

3.6 Maßnahmen der fünften Stilllegungsgenehmigung

Die Zerlegung des Absetzbeckens und der Abriß des Lagerbeckengebäudes waren die wesentlichen Gewerke der 5. SG; weitere Maßnahmen bezogen sich auf den Rückbau bzw. Umbau der verschiedenen Schleusen und anderer maschinentechnischer Einrichtungen des Reaktorgebäudes sowie auf den Rückbau der Schaltwarte. Alle Arbeiten wurden von Fremdfirmen ausgeführt.

Vor Beginn der Abrißarbeiten waren für das Absetzbecken und das es umgebende Gebäude durch Kontrollmessungen nach Arbeitsplan 33-94 das Unterschreiten der Grenzwerte nachgewiesen und die Kontrollbereiche aufgehoben worden.

Das Absetzbecken war insgesamt ca. 32,5 m lang, teils 4,7 m, teils 6,45 m breit und teils 8,6 m, teils 14,4 m tief. Die Konstruktion bestand aus Normalbeton, die Wände waren meist 1,60 m dick und hoch bewehrt (bis \varnothing 26 mm, A = 11 cm, beidseitig und kreuzweise). Die dem Beckeninnern zugewandten Flächen waren mit einem Liner aus 6 mm Stahlblech mit 2 mm Plattierung aus Edelstahl verkleidet. Der Liner war in engem Raster über Winkelprofile mit dem Beton verbunden und stellte bei seiner Herstellung die innere Schalung des Beckens dar.

Für den Abriß dieser flächenhaften Stahlbetonstruktur wurde das Verfahren der sprengtechnischen Zerlegung mittels Lockerungssprengungen gewählt. Zum Einsatz kamen Sprengschnur und Ammongelit, die mit Kurzzeitzündern gezündet wurden. Der Abbruch erfolgte schrittweise in mehreren Ebenen von oben nach unten, am Nordrand beginnend in Richtung auf das Reaktorgebäude zu. Die ersten Sprengabschläge wurden als "Kalibriersprengungen" mit begleitenden Erschütterungsmessungen (Bestimmung der Schwingungsgeschwindigkeiten, frequenz- und richtungsabhängig, Meßorte: Bo-

denplatte Reaktorgebäude im Anschluß zu Lagerbeckengebäude, Plattform des Reaktorblocks, Freigelände im Osten im Abstand von ca. 50 m) durchgeführt. Die Erschütterungsmessungen wurden bei den Arbeitssprengungen beibehalten, um bei fortschreitender Annäherung an das Reaktorgebäude eine Kontrolle über die Einwirkungen auf den Reaktorblock zu haben.

Das Absetzbecken wurde im Schutze des umgebenden Gebäudes in ca. 60 Teilabschnitten von bis zu 25 m³ pro Abschlag durch Lockerungssprengungen gelöst und konventionell mittels Bagger und Radlader ausgebracht. Pro Sprengvorgang wurden bis zu 8 kg Sprengmittel insgesamt in bis zu 35 Bohrlöcher (bis zu 2,2 m tief) geladen und in mehreren Zeitstufen mit maximal drei Kurzzeitzündern pro Zeitstufe "schonend" gezündet. Der spezifische Sprengstoffbedarf lag bei 300 g/m³. Mit diesen Parametern konnten die vom Fachgutachter auf das 0,7-fache der nach DIN 4150 empfohlenen frequenzabhängigen Grenzwerte der Schwingungsgeschwindigkeiten festgesetzten Maximalwerte immer eindeutig unterschritten werden. In der Regel betrug die Schwingungsgeschwindigkeiten weniger als 20 mm/s.

Im Bereich des Beckenbodens mußte wegen der sehr engen Verbindungen zwischen Bewehrung und Liner ein leistungsfähiger hydraulischer Meißel zu Hilfe genommen werden. Die Lockerungssprengungen bewirkten eine sehr gute Trennung zwischen Beton und Bewehrung, so daß eine Nachzerkleinerung des Betons vor dem Ausbringen aus dem Gebäude und dem Transport zur Bauschuttzubereitung nicht erforderlich war. Die freigelegte Bewehrung wurde durch Schneidbrennen, der Liner durch Plasmaschneiden in handhabbare Stücke vereinzelt und zerkleinert.

Nachdem das Absetzbecken bis auf den aus bautechnischen Gründen verbleibenden Rest rückgebaut war, begannen die Abrißarbeiten am Lagerbeckengebäude mit dem Abnehmen der Dachkonstruktion und dem Öffnen der östlichen Längswand. Als eine ausreichend große Öffnung geschaffen war, wurde der 200-kN-Brückenkran mit einem Autokran herausgehoben und auf dem Boden neben dem Gebäude zur Demontage abgelegt. Der Abriß der aufgehenden Wände des Lagerbeckengebäudes erfolgte unter Einsatz von Großgeräten wie Seilbagger mit Abrißbirne, Hydraulikmeißeln und Betonzangen. Die Bodenplatte (Stärke von 1.65 m) mit einem umlaufendem Rand (HxB = 3,5 m x 1,3 m) wurde in vergleichbarer Weise wie das Absetzbecken mittels Locke-

rungssprengungen zerlegt, anfallender Betonbruch und die Bewehrung wurden von einander getrennt und zur Wiederverwertung abgefahren.

Das Reaktorgebäude wurde an der ehemaligen Dehnfuge durch eine massive Wand (Mauerwerk mit aussteifenden Stahlbetonriegeln, die an die vorhandenen Wände anbinden) wieder verschlossen.

Im Reaktorgebäude wurden die nicht mehr benötigten Schleusen - LKW-Schleuse, Haupt-Personenschleuse, Not-Personenschleuse und Isotopenschleuse - abgebaut und zum Teil durch Stahlblechtore ersetzt. Der Personenaufzug und die restlichen Experimentierbühnen wurden demontiert. Die Einrichtungen der Reaktorschaltwarte und des Geräteraum einschließlich des Rangierverteilers wurden demontiert; lediglich die Schalttafel blieb als Anschauungsstück zurück.

Während der Umsetzung der Maßnahmen der 5. SG fielen ca. 6.200 Mg Bauschutt, ca. 282 Mg Baustellenmischabfälle und ca. 108 Mg Stahlschrott zur Wiederverwertung bzw. zur geordneten Beseitigung an.

3.7 Maßnahmen der sechsten Stilllegungsgenehmigung

Die 6. SG bezog sich auf den Abriß des Lüftungsgebäudes und des Rohrkanals, der Verbindung zwischen dem Reaktorgebäude und dem Lüftungsgebäude, auf die im Erdreich liegenden Kanäle für die Abluft zum Kamin und die elektrischen Kabel von und zur Elektrozentrale sowie auf die Schließung der durch die Abrißmaßnahmen entstandenen Öffnungen am Reaktorgebäude und zum Abluftkamin. Auch diese Maßnahmen wurden ausschließlich durch Fremdfirmen ausgeführt.

Die beiden Gebäude und die Kanäle wurden mit Hilfe schwerer Hydraulikbagger mit Meißeln und Betonzangen abgetragen. Der Einsatz sprengtechnischer Verfahren war nicht in die Planung mit aufgenommen worden; bei den sehr stark bewehrten Bodenplatten von Lüftungsbau und Rohrkanal hätte sich damit ein rascherer Arbeitsfortschritt - allerdings mit höheren Kosten - erzielen lassen.

Der neue Gebäudeabschluß für das Reaktorgebäude wurde in ähnlicher Weise wie bei der Öffnung zum Lagerbeckengebäude durch eine massive Wand (Mauerwerk mit aussteifenden Stahlbetonriegeln, die an die vorhandenen Wände anbinden) hergestellt.

Während der Umsetzung der Maßnahmen der 6. SG fielen insgesamt ca. 4.970 Mg Bauschutt, ca. 295 Mg Baustellenmischabfälle und ca. 830 Mg Stahlschrott zur Wiederverwertung bzw. zur geordneten Beseitigung an.

3.8 Maßnahmen nach baurechtlichen Genehmigungen

Für den Abriß der ehemaligen Elektrozentrale und des Pumpenhauses waren keine Stilllegungsgenehmigungen nach dem Atomgesetz erforderlich. Sie wurden nach Genehmigung durch das Landratsamt - Baurechtsbehörde - mit konventionellen Methoden abgetragen. Hierbei fielen ca. 594 Mg Bauschutt, ca. 57 Mg Baustellenmischabfälle, ca. 9 Mg Stahlschrott, ca. 26 Mg Elektroschrott, ca. 35 Mg asbesthaltige und ca. 10 Mg sonstige Reststoffe an.

4. Gesamtkosten der Stilllegungsmaßnahmen

Die im Zeitraum von 1981 bis zum Projektende 1996 für die Stilllegungsmaßnahmen zum sicheren Einschluß der Anlage, zum Rückbau der Betriebssysteme und zum Abriß nicht nutzbarer Gebäude angefallenen Kosten belaufen sich auf 128,6 Mio DM (Buchungsstand 31.12.1996).

Hiervon entfallen auf

– Betrieb	54,1 Mio DM
– Rückbaumaßnahmen	37,6 „ „
– Entsorgung	30,6 „ „
– Projektleitung	6,3 „ „
<u>Gesamtkosten</u>	<u>128,6 Mio DM</u>

Von 1981 bis 1993 wurden die Kosten pauschal im Rahmen der F+E-Abwicklung im FZK erfaßt und abgerechnet. Nach Gründung des Geschäftsbereiches „Stilllegung nukleare Anlagen“ am 1.1.1994 erfolgte eine eigenständige Wirtschaftsplanüberwachung mit entsprechender Detaillierung der Kostenbestandteile. Die Abrechnung erfolgte bis 1996 entsprechend der Finanzierungsregelung nach Wirtschaftsplan Teil S, HDB-Anteil und Beistellungen des Forschungsbereichs „F“ für den Stilllegungsbereich „S“.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten ab 1994 eingetretenen Veränderung in der Projektabwicklung ergibt sich folgender Überblick:

	Gesamt	Anteil Bund	Anteil Land
	Mio DM	Mio DM	Mio DM
A. Leistungen „F“ bis 1993	89,8	80,8	9,0
B. Abrechnung Geschäftsbereich „S“ ab 1994			
–Wirtschaftsplan Teil „S“	22,2	20,0	2,2
–Leistungen der HDB	11,0	9,9	1,1
–Beistellungen „F“ für „S“	5,6	5,0	0,6
Gesamt B	38,8	34,9	3,9
Gesamtkosten A + B	128,6	115,7	12,9

Nicht berücksichtigt in diesem Betrag sind einige noch in 1997 zu begleichende Rechnungen für in 1996 geleistete Arbeiten sowie Reststoff-Konditionierungsleistungen der HDB in 1997 für aus den Jahren 1995/1996 stammende Abfälle. Sie werden mit insgesamt 1,5 Mio DM veranschlagt, so daß sich mit Buchungsabschluß 1997 für das Projektziel „Sicherer Einschluß, Rückbau der Betriebssysteme, Abriß nicht nutzbarer Gebäude“ Gesamtkosten in Höhe von ca. 130 Mio DM ergeben.

Für das Projektziel „Grüne Wiese“ sind insgesamt ca. 245 Mio DM veranschlagt, d.h. für die später durchzuführenden weiteren Arbeiten werden nach heutigem Kenntnisstand noch ca. 115 Mio DM erforderlich sein.

5. Anhang

Tabellen

Tabelle 1: Stilllegungsgenehmigungen FR 2 (Übersicht)

Tabelle 2: Liste der Arbeitspläne

Tabelle 3: Zusammenstellung der Strahlenschutzmessungen im Rahmen der Kontrolluntersuchungen für die Freigabe von Gebäuden des FR 2

Tabelle 4: Zusammenstellung der Reststoffmengen aus der Stilllegung des FR 2

Abbildungen

Abb. 1: Gesamtanlage FR2 zu Beginn der Stilllegungsarbeiten (Frühjahr 1982)

Abb. 2: Gesamtanlage FR 2 nach Abschluß der Projektarbeiten zur Stilllegung (1997)

Abb. 3: Lageplan FR 2

Abb. 4: Sicherer Einschluß des Reaktorblocks, Einschlußgrenze

Abb. 5: Sicherer Einschluß des Reaktorblocks, Längsschnitt

Abb. 6: Sicherer Einschluß des Reaktorblocks, Querschnitt

Abb. 7: Termin- und Genehmigungsübersicht zur FR-2 Stilllegung

Abb. 8: Arbeitsablaufplan Stilllegung FR 2

Abb. 9: Bohrlöcher für erste Kalibriersprengung am Absetzbecken

Abb. 10: Durch erste Kalibriersprengung am Absetzbecken freigelegte Bewehrung

Abb. 11: Erster Ausschnitt aus dem Liner des Absetzbeckens nach sprengtechnischer Zerlegung des Beckenrandes

Abb. 12: Vorbereitung eines weiteren Sprengabschlags am Absetzbecken

Abb. 13: Herausheben des Brückenkrans aus dem Lagerbeckengebäude

Abb. 14: Einsatz der Abrißbirne am Lagerbeckengebäude

Abb. 15: Abriß des Lagerbeckengebäudes (1)

Abb. 16: Abriß des Lagerbeckengebäudes (2)

Abb. 17: Sprengtechnische Zerlegung der Fundamentplatte des Lagerbeckengebäudes

Abb. 18: Verschuß der nördlichen Anschlußöffnung des Reaktorgebäudes nach Abriß des Lagerbeckengebäudes

Abb. 19: Wand- und Hängegerüste in Reaktorhalle für Kontrollmessungen

- Abb. 20: Dekontamination der Stopfendurchführungen in der Bedienwand der Heißen Zelle
- Abb. 21: Ausbau der Strahlenschutzfenster aus der Heißen Zelle
- Abb. 22: Demontagen der Lüftungstechnischen Einrichtungen (1)
- Abb. 23: Demontagen der Lüftungstechnischen Einrichtungen (2)
- Abb. 24: Demontagen der Lüftungstechnischen Einrichtungen (3)
- Abb. 25: Abriß des Rohrkanals
- Abb. 26: Abriß des Lüftungsgebäudes
- Abb. 27: Blick in die Ständige Ausstellung über F+E-Arbeiten des Forschungszentrums zur friedlichen Nutzung der Kernenergie

Lfd. Nr.	Datum Antrag	Datum Ergänzung o. Änderung des Antrags	Titel und Gegenstand der Genehmigung	Datum der Genehmigung
0	26.03.1982	(8 Ergänzungen und Nachträge in der Zeit vom 12.05.1982 bis 16.02.1983)	Genehmigung für die Vornahme von Änderungen in der Forschungsreaktoranlage FR 2: <ul style="list-style-type: none"> - Änderungen zur Außerbetriebnahme, Ausschluß des Wiederanfahrens - Änderungen der Umgangsgenehmigung für Kernbrennstoffe - Ausbau der Brennelemente - Entleerung von Primärkreis (D₂O), Helium-Kreislauf und Sekundärkreis (H₂O) - Außerbetriebnahmen bzw. Anpassungen von Meß- und Überwachungseinrichtungen - Änderungen zum Genehmigungsbescheid für die Leistungserhöhung (samt allen Nachträgen) 	25.02.1983
1	21.12.1983	15.08.1984 23.10.1984 20.12.1984 11.01.1985 12.02.1986	Erste Teilgenehmigung zur Stilllegung und zum sicheren Einschluß der Forschungsreaktoranlage FR 2: <ul style="list-style-type: none"> - Demontage der D₂O-Kreisläufe - Herstellung von Decken- u. Wändurchbrüchen für Einbau d. Einschmelzanlage EIRAM - Festlegung des künftig von § 7 AtG erfaßten Bereichs - verschiedene Änderungen zur Genehmigung vom 25.02.1983 	03.07.1986
2	21.12.1983	09.08.1985 02.04.1986	Zweite Teilgenehmigung zur Stilllegung und zum sicheren Einschluß der Forschungsreaktoranlage FR 2: <ul style="list-style-type: none"> - Herleitung des sicheren Einschlusses des Reaktorblocks für mindestens 30 Jahre - Abbau von nicht mehr erforderlichen lüftungstechnischen Einrichtungen und von Einbauten des Behältergebäudes (Bau 615) - Herausnahme von Bau 615 und der Abwassersammelstation in Bau 605 aus dem Geltungsbereich des § 7 AtG - Änderungen zu den Genehmigungen vom 25.02.1983 und 03.07.1986 	20.05.1988
3	14.11.1990		Dritte Teilgenehmigung zur Stilllegung und zum Abbau der Forschungsreaktoranlage FR 2: <ul style="list-style-type: none"> - Einbau und Inbetriebnahme neuer Einrichtungen (Unterdruckhaltung Reaktorblock, Be- und Entlüftungsanlage für Reaktorgebäude, Elektroversorgung, Raum- u. Sicherheitsbeleuchtung, Zustandsüberwachung für Reaktorblock, Abwassersumpfstation) - Abbau von Einrichtungen in den Betriebsgebäuden Bau 605 u. 606, Reaktorgebäude Bau 607, Lagerbeckengebäude Bau 608, Lüftergebäude Bau 609, Elektroversorgung Bau 611 und im Abluftkamin Bau 614 - Trennung der Abluftführung zwischen Lüftergebäude und Abluftkamin 	28.02.1992
4	27.05.1994		Vierte Genehmigung zur Stilllegung und zum Abbau der Forschungsreaktoranlage FR 2: <ul style="list-style-type: none"> - Außerbetriebnahme der Wasseraufbereitungsanlage in Bau 606 - Demontage der Wasseraufbereitungsanlage 	27.10.1994
5	15.11.1994	19.01.1995 18.05.1995	Fünfte Genehmigung zur Stilllegung und zum Abbau der Forschungsreaktoranlage FR 2: <ul style="list-style-type: none"> - Abbau des Absatzbeckens in Bau 608, des Lagerbeckengebäudes Bau 608, der Experimentierbühnen, des Personenaufzugs, des Säulenschwenkkran in Bau 607, der Heiße-Zellen-Schleuse und der Isotopenschleuse in Bau 607, der Verbindungskabel und des Rangierverteilers sowie der Einrichtungen des Geräteraums im Bau 606 - Rückbau von Schleusen im Reaktorgebäude Bau 607 	22.12.1995
6	08.11.1995	13.02.1996	Sechste Genehmigung zur Stilllegung und zum Abbau der Forschungsreaktoranlage FR 2: <ul style="list-style-type: none"> - Abbau des Lüftungsgebäudes Bau 609, des Rohrkanals zu Bau 606, der Abluftkanäle vom Lagerbeckengebäude Bau 608 und vom Lüftungsgebäude Bau 609 zum Fortluftkamin Bau 614 sowie des Kabelkanals zwischen Lüftungsgebäude Bau 609 und Elektrozentrale Bau 611 - Errichtung eines neuen Gebäudeabschlusses am Übergang des ehemaligen Rohrkanals zum Reaktorgebäude und eines Zugangsschachtes zum Abluftkanal an der Abrißgrenze 	28.06.1996

Tabelle 1: Stilllegungsgenehmigungen für den FR 2 (Übersicht)

Zugehörige SG oder AA	Nummer des Arbeitsplans	Gegenstand des Arbeitsplans
3.SG	01-92	Demontage nicht mehr betriebener Anlagen im Lüfterbau Bau 609
3. SG	02-92	Telldemontage der Rohrbrücke
3. SG	03-92	Messungen an Materialien, die der Wiederverwertung zugeführt werden oder wie gewöhnlicher Abfall entsorgt werden
3. SG	04-92	Demontage der Einrichtungen des Absenkschachts
3. SG	05-92	Montage einer lufttechnischen Abtrennung zwischen Lagerbeckengebäude und Rotunde
3. SG	06-92	Demontage der Brennelementwechsellmaschine (BE-Flasche)
3. SG	07-92	Demontage nicht mehr betriebener Anlagenteile der Lüftungsanlage in der Rotunde (Bau 607)
3. SG	08-92	Demontage nicht mehr betriebener Anlagen, Anlagenteile und Einrichtungen im Bau 606, 607 und 609
3. SG	09-92	Ablassen des Wassers aus dem Brennelementlager
3. SG	10-92	Ausspülen der Harze aus den Ionentauschern des Wasserkreislaufs Brennelementlager
3. SG	11-92	Demontage des Wasserkreislaufs Brennelementlager im Lagerbeckengebäude Bau 608 und in der Rotunde Bau 607
3. SG	12-93	Demontage der Isotopenwechselanlage
3. SG	13-93	Entsorgen von Werkzeugen und Handierungseinrichtungen aus der Lagerbeckenhalle im Bau 608
3. SG	14-93	Demontage und Entsorgung von Einrichtungen aus dem Brennelementlager des FR 2 im Bau 608
3. SG	15-93	Demontage und Entsorgung des Schrägaufzugs und anderer Einrichtungen aus dem Lagerbeckengebäude des FR 2, Bau 608
3. SG	16-93	Demontage der Lager für Trimm-, Abschalt- und Regelstäbe und Umschluß der Lüftungsleitung zur Unterdruckhaltung des Reaktorblocks
3. SG	17-93	Demontage der Frischwasserversorgung für Experimente
3. SG	18-93	Demontage und Dekontamination der Lager im Absetzblock
3. SG	19-94	Demontage der Einrichtungen und Dekontamination der Heißen Zelle
3. SG	20-93	Demontage der Abluftanlage für Experimente (sog. 8.000er Anlage)
3. SG 4.SG	21-93	Demontage des Abwassersystems im Lagerbeckengebäude Bau 608, Demontage des Rohrbrückenrests und Demontage der Wasseraufbereitungsanlage
3. SG	22-93	Demontage der Wasserversorgungsanlage
3. SG	23-94	Herstellung eines Wanddurchbruchs im Bau 608
3. SG	24-94	Demontage der Lüftungsanlage zur Unterdruckhaltung
3. SG	25-94	Demontage der Elektroanlagen Stark- und Schwachstrom
3. SG	26-94	Demontage der Luftkreisläufe I und II
3. SG	27-94	Demontage der Lüftungsanlage des Lagerbeckengebäudes Bau 608
3. SG	28-95	Demontage der Druckluftanlage
3. SG	29-95	Technische Beschreibung u. Prüfprogramm für die Be- und Entlüftungsanlage Reaktorgebäude Bau 607
3. SG	30-94	Technische Beschreibung, Prüfprogramm und Vorprüfunterlagen für die Unterdruckhaltung Reaktorblock FR 2

Tabelle 2: Liste der Arbeitspläne (Fortsetzung auf nächster Seite)

Zugehörige SG oder ÄA	Nummer des Arbeitsplans	Gegenstand des Arbeitsplans
3. SG	31-94	Technische Beschreibung, Prüfprogramm und Vorprüfunterlagen für elektrische Stark- und Schwachstromanlagen
3. SG	32-94	Demontage der Kerzenfilter der Rohwasserversorgung
3. SG	33-94	Kontrollmessungen in Gebäuden und Gebäudeteilen zum Nachweis der Unterschreitung der Grenzwerte nach Auflage 8 der 3. SG (mit 1. Ergänzung für Bau 607 und 2. Ergänzung für Bau 614)
5. SG	34-94	Demontage der Experimentierbühnen, des Fahrstuhls und des Säulenschwenkkrans
3. SG	35-95	Änderungen an der Abwasserentsorgung
5. SG	36-95	Abbruch des Absetzbeckens im Lagerbeckengebäude
5. SG	37-95	Demontage des Brückenkrans im Bau 608
5. SG	38-95	Abbruch des Lagerbeckengebäudes Bau 608
5. SG	39-95	Umbau der Schleusen in Bau 607
ÄA 07/95	40-95	Auflösung der Warmen Werkstatt
ÄA 07/95	41-95	Demontage der Be- und Entlüftungsanlage für die Warme Werkstatt und ihre Nebenräume
ÄA 01/96	42-95	Demontage der elektrotechnischen Einrichtungen in Bau 611
ÄA 02/96	43-95	Abriß der alten Elektrozentrale Bau 611
6. SG	44-95	Abriß des Lüftungsgebäudes Bau 609 und des Rohrkanals an Bau 606

Tabelle 2: Liste der Arbeitspläne (Fortsetzung)

Gebäude	Direktmessungen	Wischteste	Auswertung von Betonproben	Auswertung von Spülwasserproben
Büro-und Laborgebäude Bau 605	40	20	5	---
Betriebsgebäude Bau 606 und Rohrkanal	3.216	1.306	100	---
Reaktorgebäude Bau 607	91.902	4.530	584	52
Lagerbeckengebäude Bau 608	18.906	1.989	314	---
Lüftungsgebäude Bau 609	3.576	788	149	---
Abluftkamin Bau 614	40	---	5	---
Summen	117.680	8.633	1.157	52

Tabelle 3: Zusammenstellung der Strahlenschutzmessungen im Rahmen der Kontrolluntersuchungen für die Freigabe von Gebäuden

Aus Maßnahmen der Genehmigungen	Radioaktive Reststoffe an HDB		Reststoffe zur Wiederverwertung oder zur geordneten Beseitigung						
	schwach radioaktiv	mittel radioaktiv	Metalle-	Elektroschrott	Holz	asbesthaltige Reststoffe	Bauschutt	Baustellenmischabfälle	Sonstige Reststoffe
Vornahme von Änderungen	300	21,5	---	---	---	---	---	---	---
1. SG	242	2,2	---	---	---	---	---	---	---
2. SG	310	---	70	---	---	---	235	---	---
3. SG	600	---	350	75	12	---	10	2	25
4. SG	---	---	41	---	---	---	---	---	1
5. SG	---	---	108	---	---	---	6.200	282	---
6. SG	---	---	83	---	---	---	4.970	295	---
sonstige	---	---	9	26	---	35	594	57	10
Summen	1.752	23,7	661	101	12	35	12.009	636	36

Tabelle 4: Zusammenstellung der Reststoffmengen aus der Stilllegung des FR 2 (alle Mengen in Mg)



Abb. 1: Gesamtanlage FR 2 zu Beginn der Stilligungsarbeiten (Frühjahr 1982)

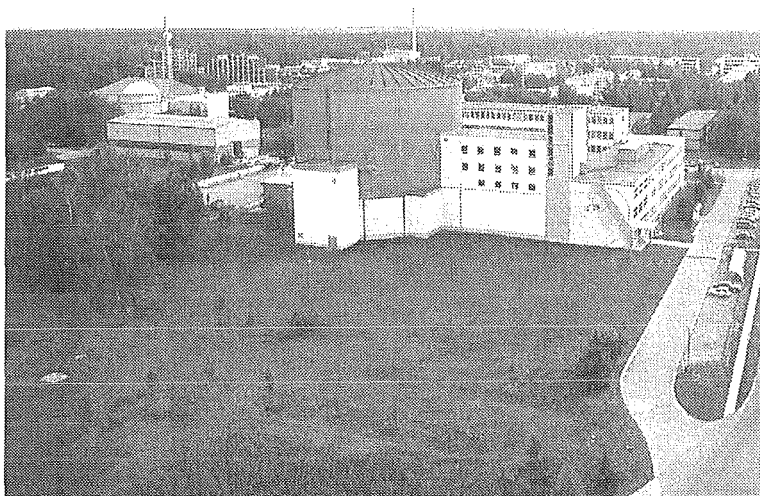


Abb. 2: Gesamtanlage FR 2 nach Abschluss der Projektarbeiten zur Stilllegung (1997)

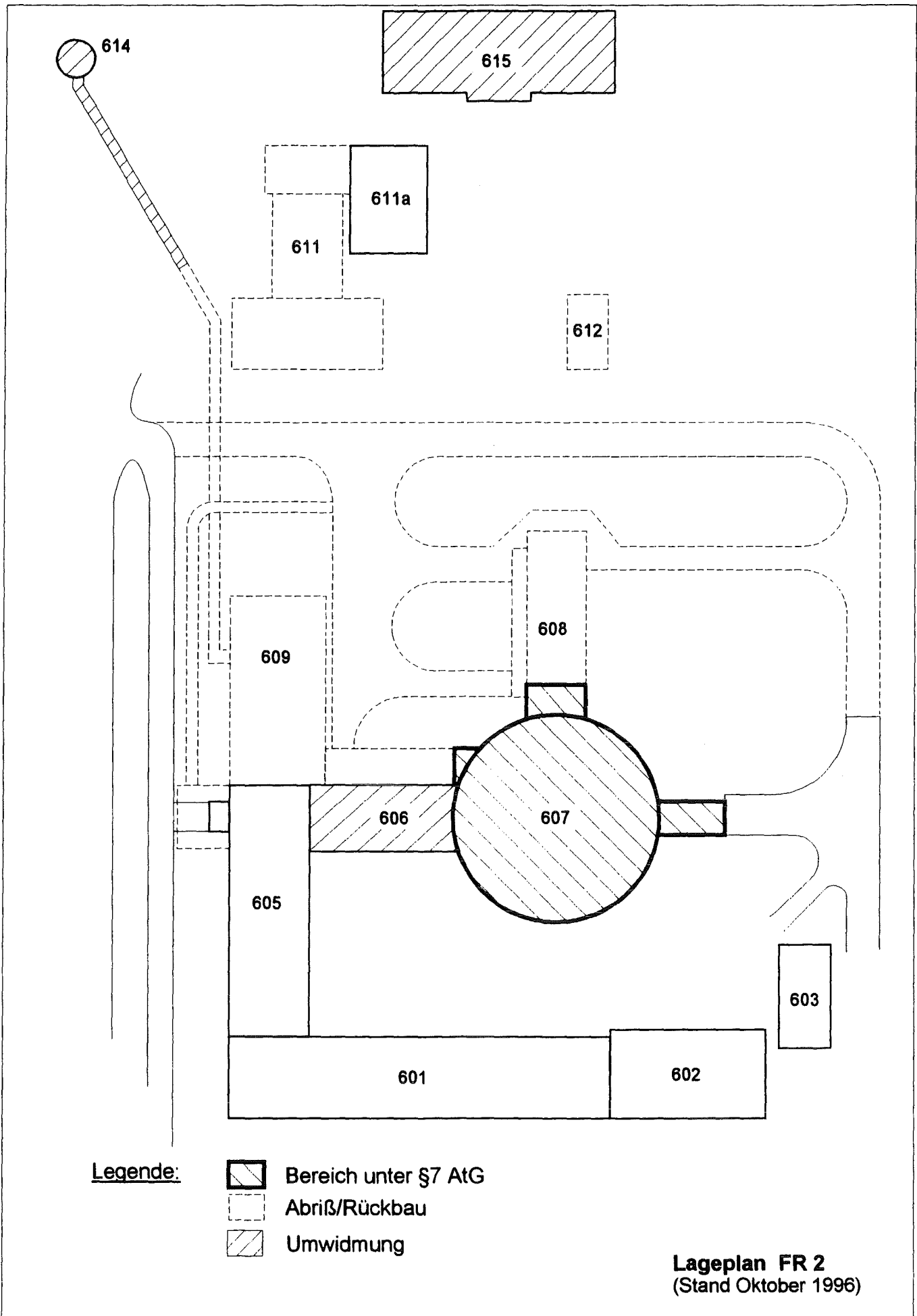
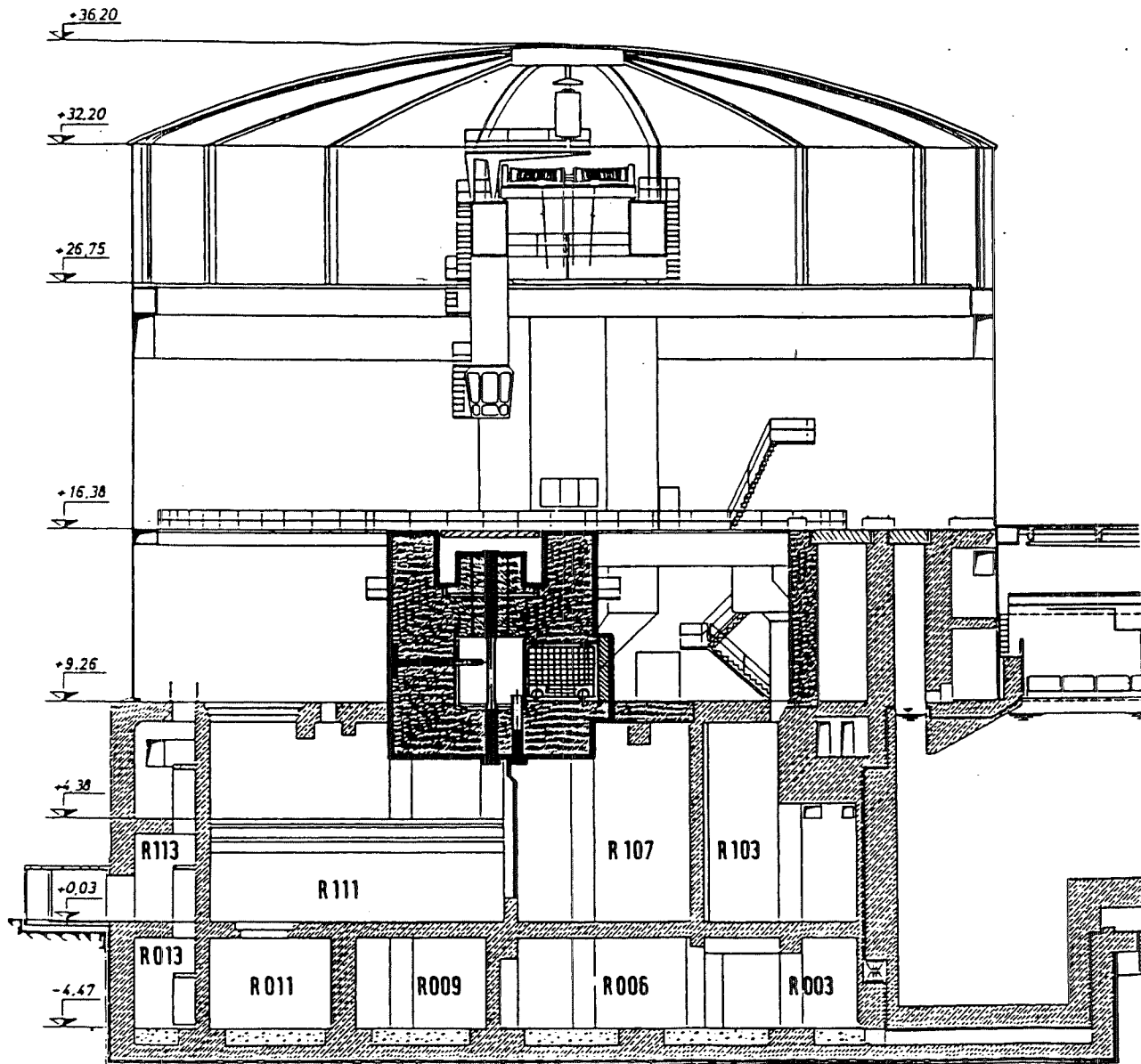


Abb. 3: Lageplan FR 2



Anm.: ——— Einschlußgrenze

FR2 - Stilllegung: Sicherer
Einschluß des Reaktorblocks.
Einschlußgrenze

F430 - 1 - 13

Abb. 4: Sicherer Einschluß des Reaktorblocks, Einschlußgrenze

8.5.85 hgl.

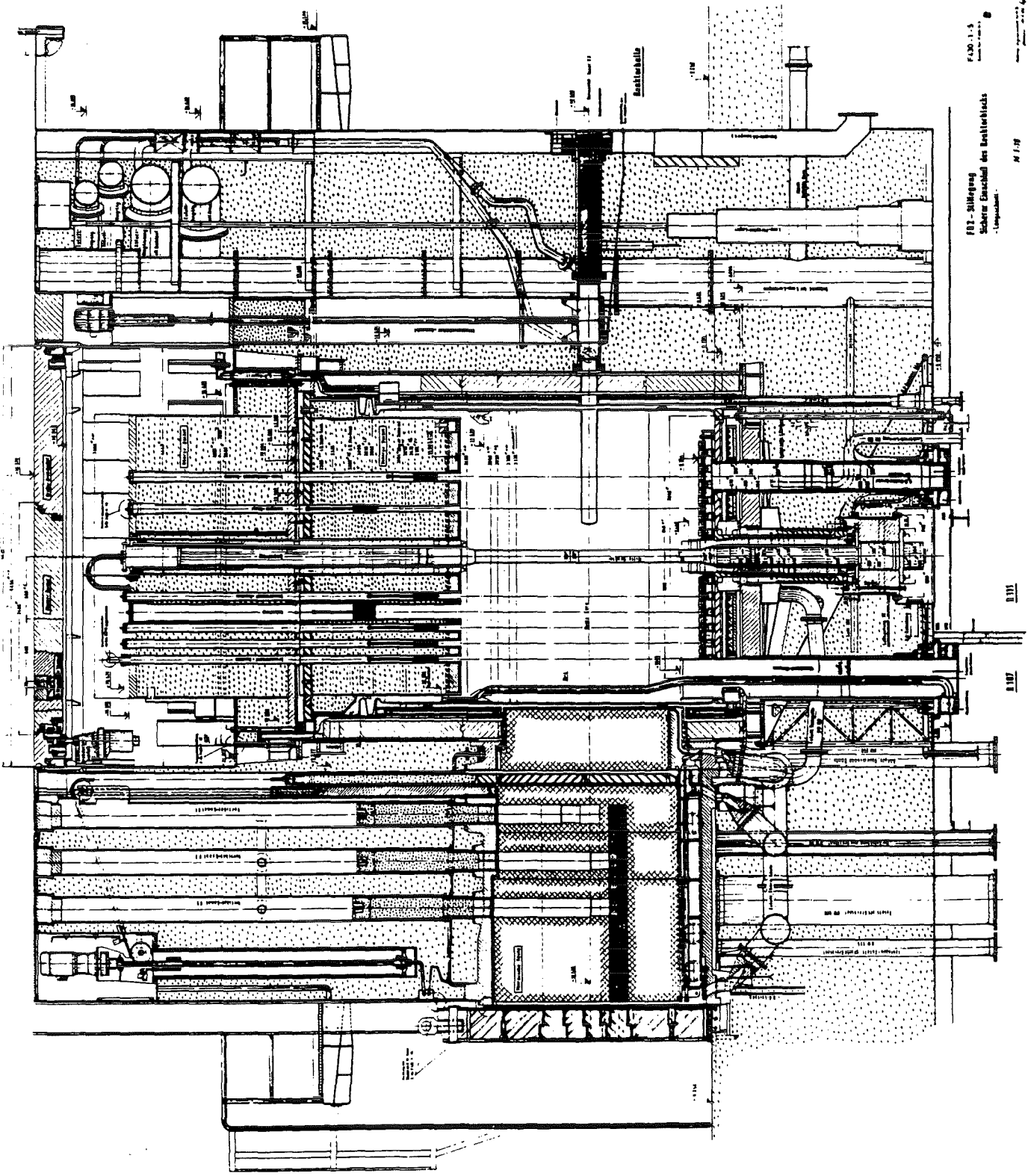


Abb. 5: Sicherer Einschluß des Reaktorblocks, Längsschnitt

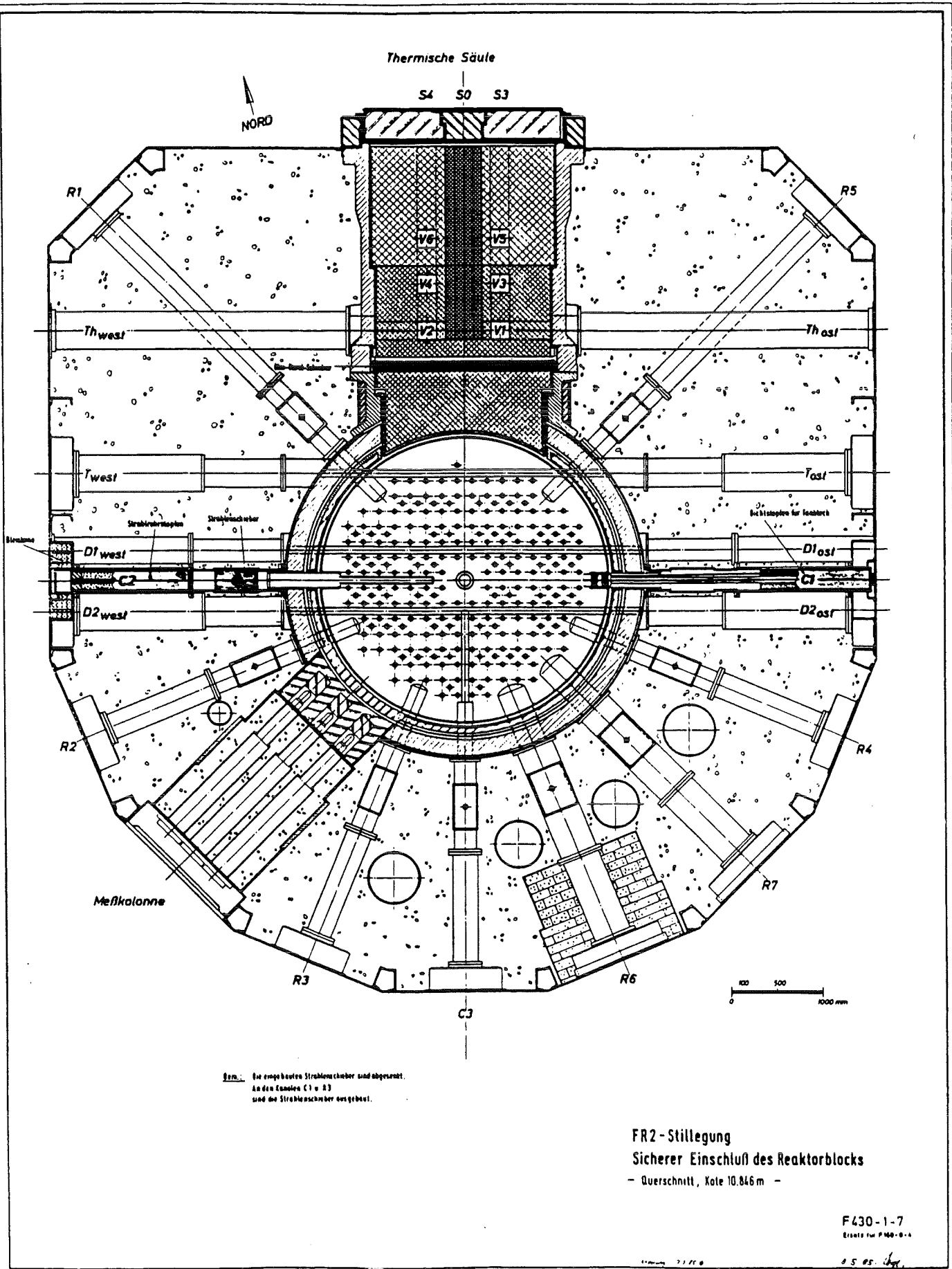


Abb. 6: Sicherer Einschluß des Reaktorblocks, Querschnitt

Termin- u. Genehmigungsübersicht zur FR-2-Stilllegung

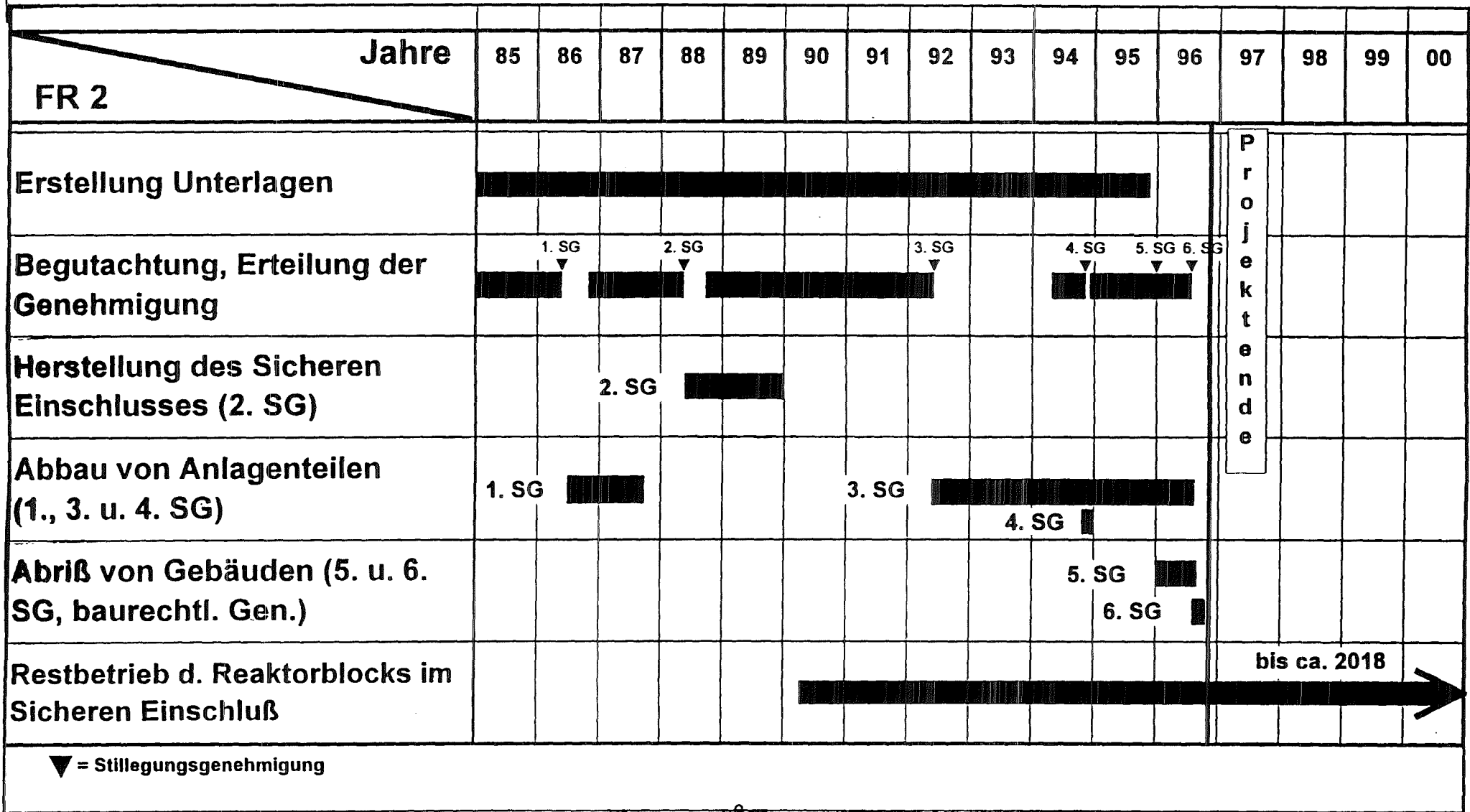




Abb. 7: Termin- und Genehmigungsübersicht zur FR 2-Stilllegung

LEGENDE: AP = Arbeitsplan
SG = Genehmigung zur Stilllegung

 Erstellung eines AP nicht vorgesehen
M/J  M/J Monat/Jahr Arbeitsbeginn bzw. -ende



























lfd.Nr.	Maßnahmen	SG	AP-Nr.	Funktionale Abhängigkeit
Lagerbeckengebäude Bau 608				
1	Wasser im BE-Lagerbecken 1m absenken	3	9/92	3/93  3/93
2	Demontage der Einrichtungen des Absenkschachtes	3	4/92	3/93  5/93
3	Montage einer Lüftungstechnischen Abtrennung zwischen Gebäude 608 und 607 im Absenkschacht	3	5/92	4/93  4/93
4	Auslagern Kernbrennstoffe und Abtransport	3		11/92  3/93
5	Ausspülen der Ionenaustauscherharze des Wasserkreislaufes	3	10/92	4/93  6/93
6	Entsorgung von Werkzeugen, Handhabungsgeräten etc.	3	13/93	6/93  7/93
7	Demontage von Einrichtungen aus BE-Lager	3	14/93	6/93  7/93
8	Wasser aus BE-Lagerbecken ablassen	3	9/92	7/93  2/94
9	Dekontamination der BE-Lagerbecken-Auskleidung	3		2/94  1/95
10	Demontage Wasserkreislauf	3	11/92	7/93  10/93
11	Demontage des Schrägaufzuges	3	15/93	11/93  2/94
12	Demontage Abwassersystem	3	21/93	4/94  5/94
13	Demontage Zu- und Abluftsystem	3	27/94	9/94  3/95
14	Demontage alte E-Technik	3	25/94	9/95  11/95
15	Demontage der Heizungsanlage	3	35/95	9/95  11/95
16	Dekontamination u. Kontrollmessungen Bau 608	3	33/94	1/94  11/95
17	Abriß Bau 608	5		
17.1	Abriß BE-Lagerbecken		36/95	1/96  1/96
17.2	Demontage Brückenkran		37/95	
17.3	Abriß Gebäude		38/95	
Betriebsgebäude Bau 606, 607, 609, 611				
18	Demontage nicht mehr betriebener Anlagen im Lüfterbau	3	1/92	6/92  12/92
19	Teildemontage der Rohrbrücke	3	2/92	6/92  12/92
20	Radiologische Messungen an Materialien, die über Wiederverwertung oder wie gewöhnlicher Abfall entsorgt werden	3	3/92	8/92  12/92
21	Demontage der Brennelement-Wechselmaschine	3	6/92	11/92  1/95
22	Demontage nicht mehr betriebener Anlagenteile der Lüftungsanlage in der Rotunde	3	7/92	11/92  2/93
23	Demontage nicht mehr betriebener Anlagen, Anlagenteile und Einrichtungen im Bau 606, 607, 609	3	8/92	1/93  3/93
24	Demontage der Isotopenwechselanlage	3	12/93	2/93  2/94

Abb. 8/1: Arbeitsablaufplan Stilllegung FR 2

- 32 -

lfd.Nr.	Maßnahmen	SG	AP-Nr.	Funktionale Abhängigkeit
	Betriebsgebäude Bau 606, 607, 609, 611			
25	Demontage TA-Lager u. Umschluß Unterdruckhaft. Reaktorbl.	3	16/93	10/93 ██████████ 7/94
26	Demontage der Versuchsanlagen (Cora/Bora)	3	██	01/94 CORA ██████████ BORA 04/94
27	Demontage und Dekontamination der Lager Absetzblock	3	18/93	05/94 ██████████ 11/95
28	Demontage der Einrichtungen und Deko. der Heißen Zelle	3	19/94	08/94 ██████████ 11/95
29	Demontage Kühlwasserkreislauf	3	17/93	05/93 ██████████ 12/93
30	Demontage 8000-Anlage	3	20/93	06/94 ██████████ 02/95
31	Demontage Wasseraufbereitungsanlage (Permutit)	4	21/93	11/94 ██████████ 12/94
32	Umschluß Unterdruckhaltung Reaktorblock	3	30/94	7/95 ██████████ 9/95
33	Demontage Unterdruckhaltung Absetzblock	3	24/94	9/95 ██████████ 11/95
34	Installation Lüftung	3	29/94	3/95 ██████████ 12/95
35	Ab- und Umbau der Schlusen (Aufh. 4 u. 5, 5.SG)	5	39/96	5/96 ██████████
36	Demontage der alten Lüftungstechnik	3	26/94	
36.1	- Demontage LKL I Bau 607			4/95 ██████████ 11/95
36.2	- lufttechnische Abtrennung Bau 607			2/96 ██████████ 2/96
36.3	- Demontage LKL I Bau 606, 609			11/95 ██████████ 5/96
36.4	- Demontage LKL II			8/95 ██████████ 12/95
37	Installation E-Versorgung, Leitwarte, Störmeiðesystem	3	31/94	5/95 ██████████ 4/96
38	Demontage der Elektroanlagen	3	25/94	3/95 ██████████ 4/96
39	Kontrollmessungen B 606, 607 u. 609, (Grenzw. Aufh. 8, 3.SG)	3	33/94	
39.1	- Kontrollmessungen Bau 607			2/95 ██████████ 2/96
39.2	- Kontrollmessungen Bau 606, 609			
40	Demontage Druckluft	3	28/95	8/95 ██████████ 12/95
41	Demontage Abluftüberwachung	3	26/94	
42	Änderungen an der Abwasserentsorgung	3	35/95	9/95 ██████████ 2/96
43	Änderungen an der Wasserversorgung	3	22/93	5/95 ██████████ 12/95
44	Demontage der Kerzenfilter in der Rohwasserversorgung	3	32/95	5/95 ██████████ 7/95
45	Demontage Exp.böhhnen, Fahrstuhl u. Säulenschwenkdran	5	34/95	1/96 ██████████ 3/96
46	Auflösung Warme Werkstatt und Strl.Schutzlabor	AA	7/95 40/95	4/96 ██████████ 4/96
47	Demontage Lüftung 2. OG Bau 606, 609	AA	7/95 41/95	4/96 ██████████ 5/96
48	Abriß Bau 609 und Rohrkanal im Bau 606	6	44/96	
49	Demontage techn. Einrichtungen Elektrozentrale Bau 611	AA	1/96 42/96	7/96 ██████████ 8/96
50	Abriß Gebäude Elektrozentrale Bau 611	AA	1/96 43/96	8/96 ██████████ 9/96
51	Abriß Pumpenhaus Bau 612	██	██	9/96 ██████████ 9/96

- 33 -

Ende

Abb. 8/2: Arbeitsablaufplan Stilllegung FR 2

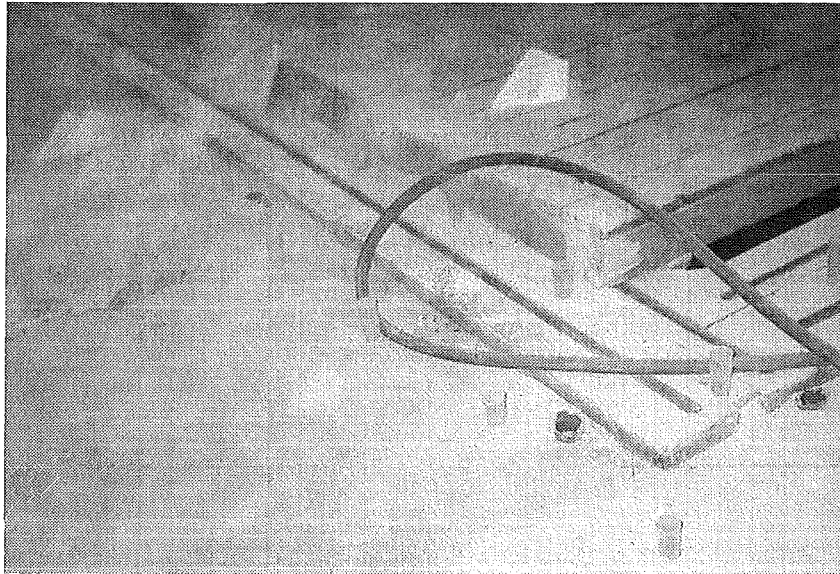


Abb. 9: Bohrlöcher für erste Kalibriersprengung am Absetzbecken



Abb. 10: Durch erste Kalibriersprengung am Absetzbecken freigelegte Bewehrung

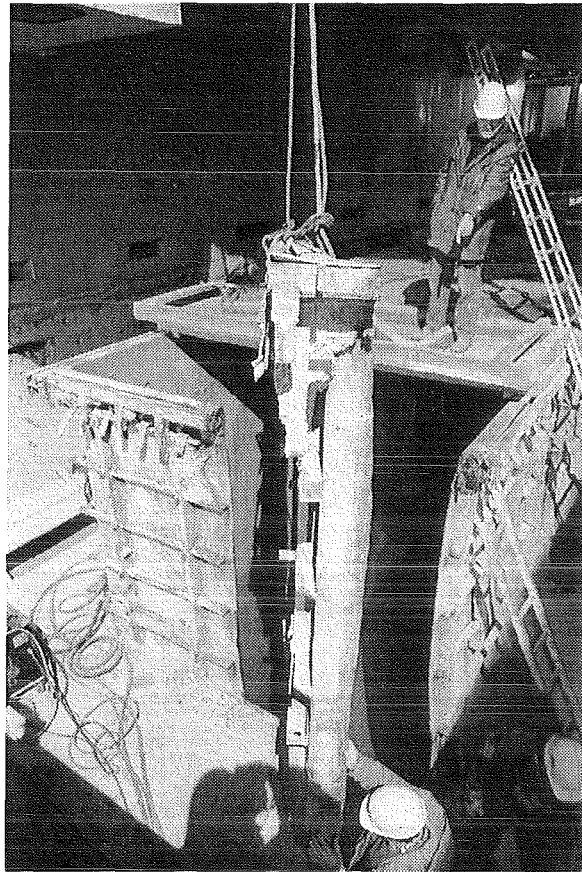


Abb. 11: Erster Ausschnitt aus dem Liner des Absetzbeckens nach sprengtechnischer Zerlegung des Beckenrandes

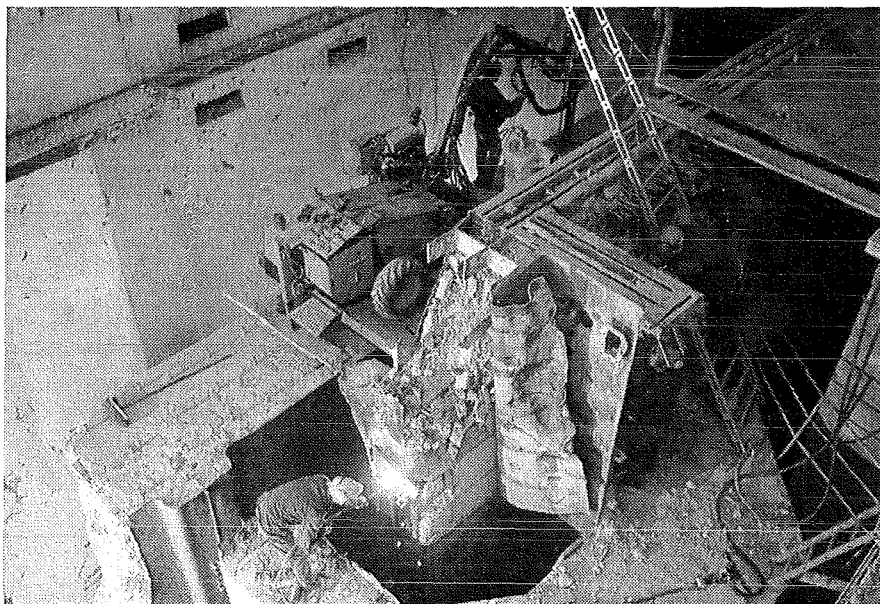


Abb. 12: Vorbereitung eines weiteren Sprengabschlags am Absetzbecken

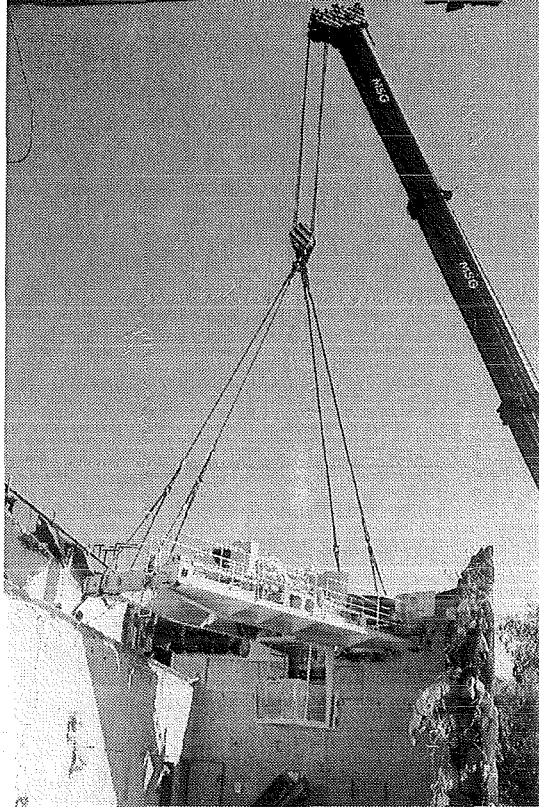


Abb. 13: Herausheben des Brückenkrans aus dem Lagerbeckengebäude

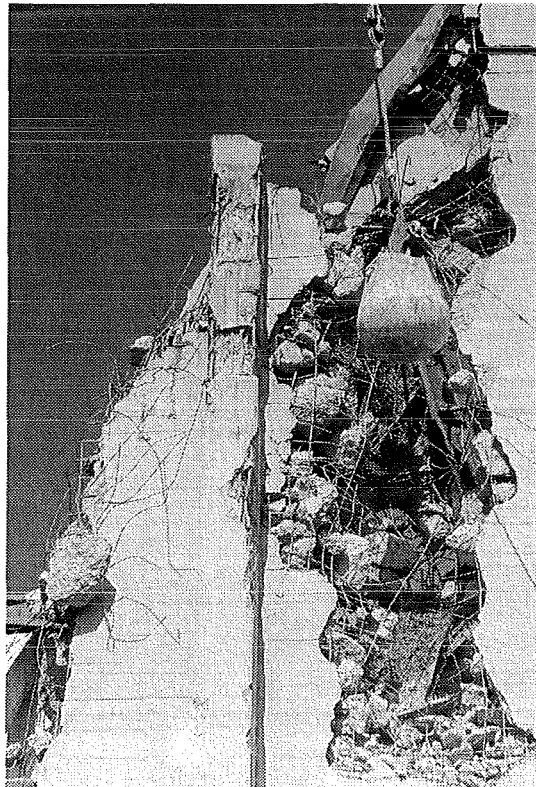


Abb. 14: Einsatz der Abrißbirne am Lagerbeckengebäude

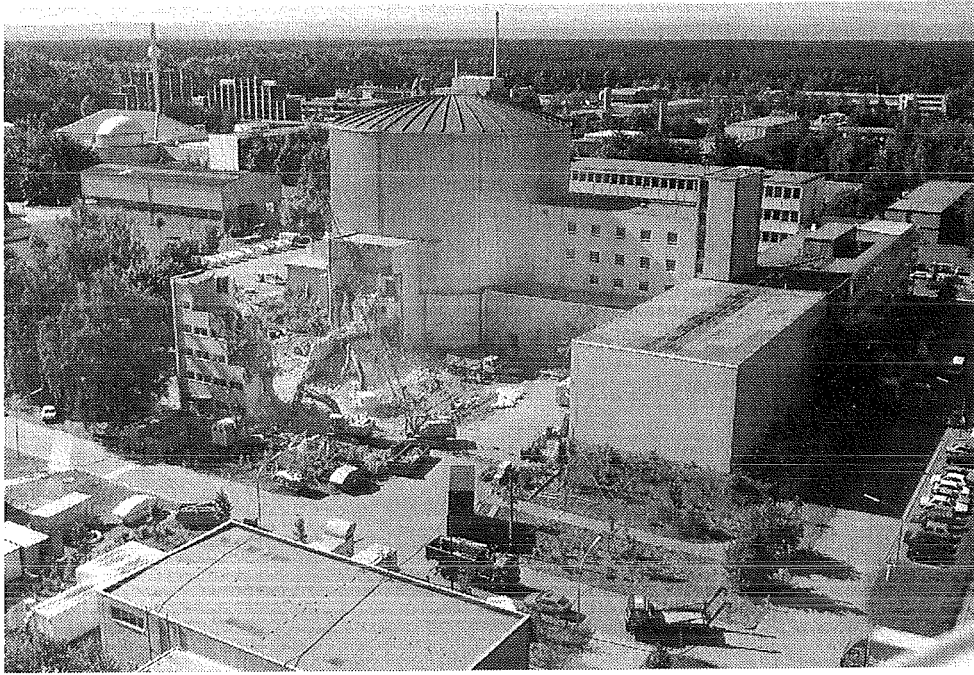


Abb. 15: Abriss des Lagerbeckengebäudes (1)

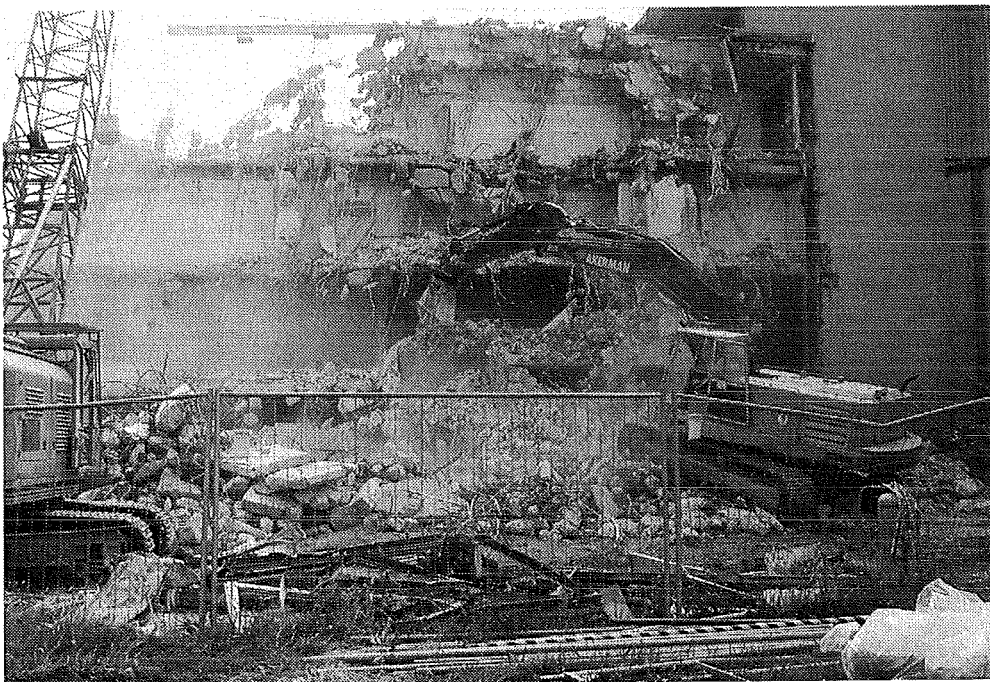


Abb. 16: Abriss des Lagerbeckengebäudes (2)

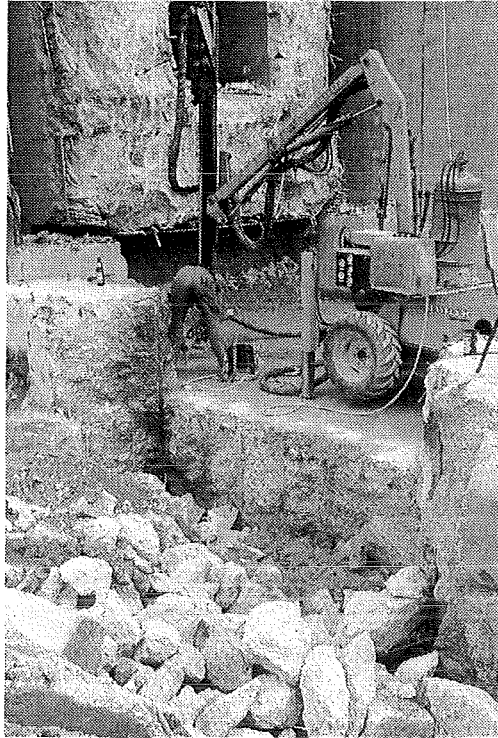


Abb. 17: Sprengtechnische Zerlegung der Fundamentplatte des Lagerbeckengebäudes

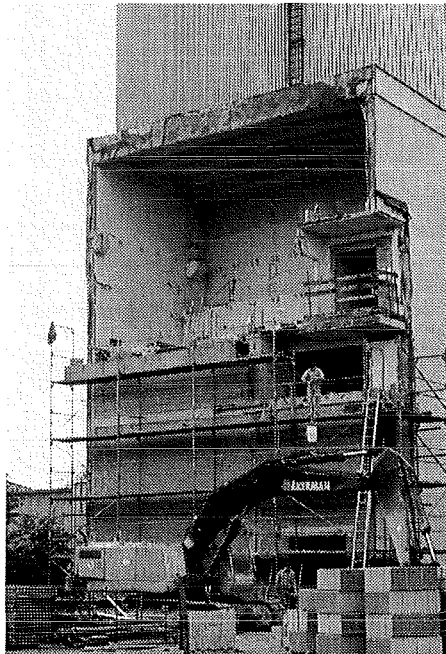


Abb. 18: Verschluss der nördlichen Anschlußöffnung des Reaktorgebäudes nach Abriss des Lagerbeckengebäudes

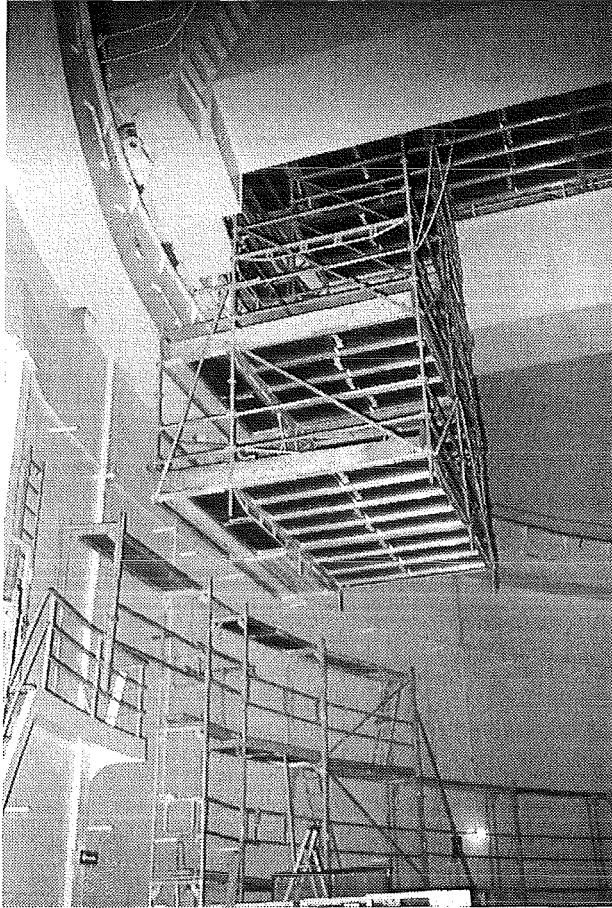


Abb. 19: Wand- und Hängegerüste in Reaktorhalle für Kontrollmessungen

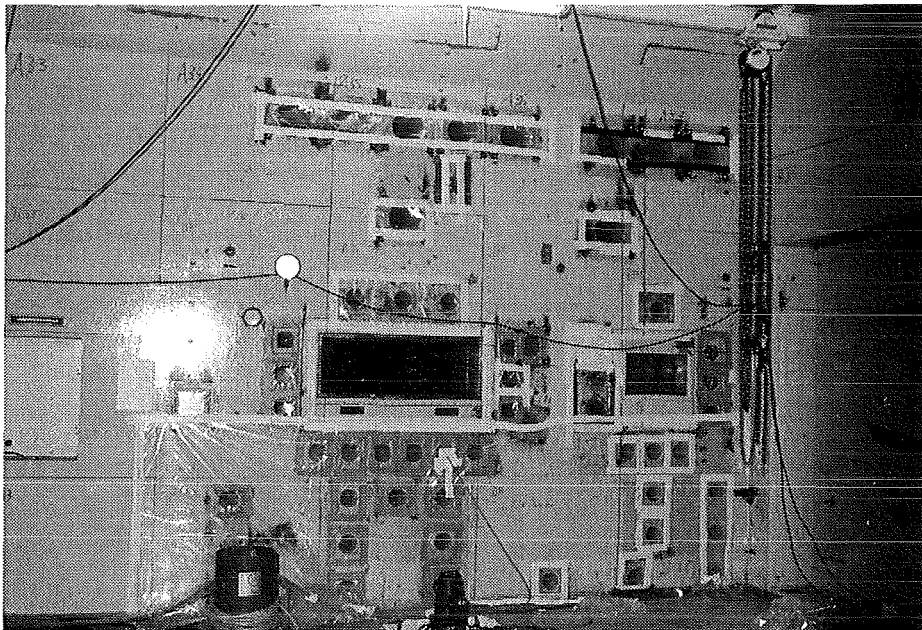


Abb. 20: Dekontamination der Stopfendurchführungen in der Bedienwand der Heißen Zelle

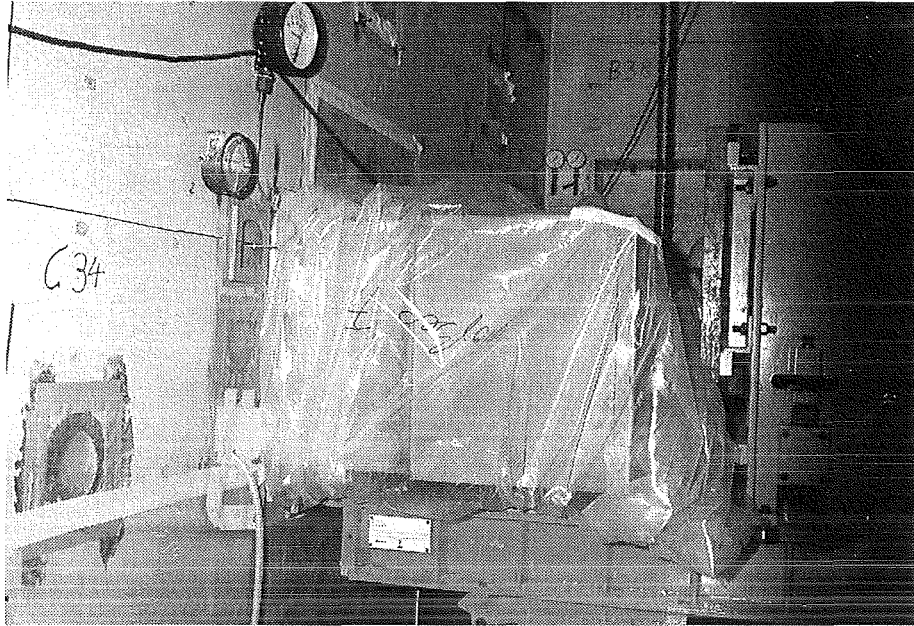


Abb. 21: Ausbau der Strahlenschutzfenster aus der heißen Zelle

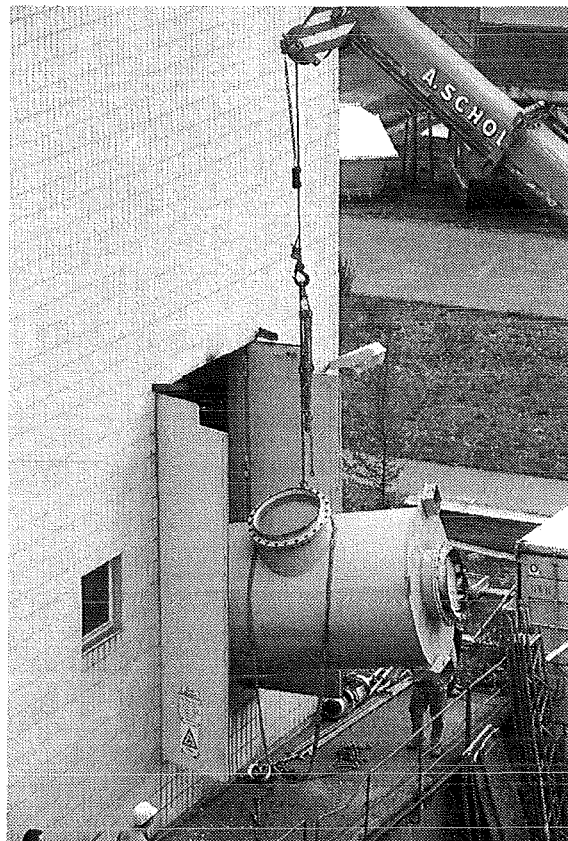


Abb. 22: Demontagen der Lüftungstechnischen Einrichtungen (1)

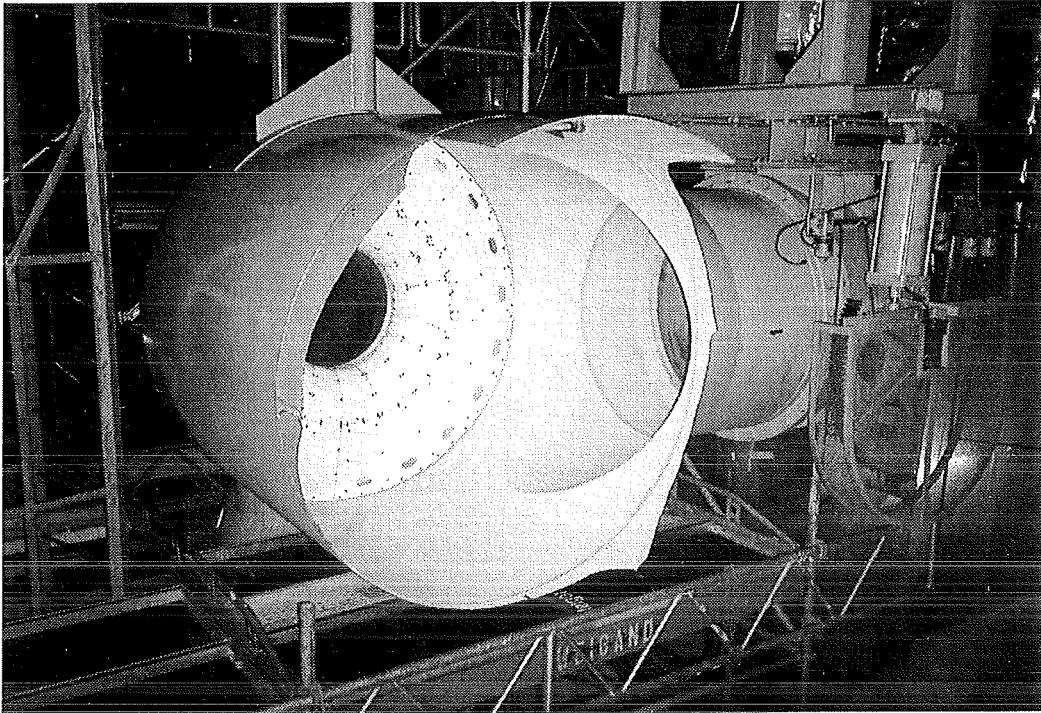


Abb. 23: Demontagen der Lüftungstechnischen Einrichtungen (2)

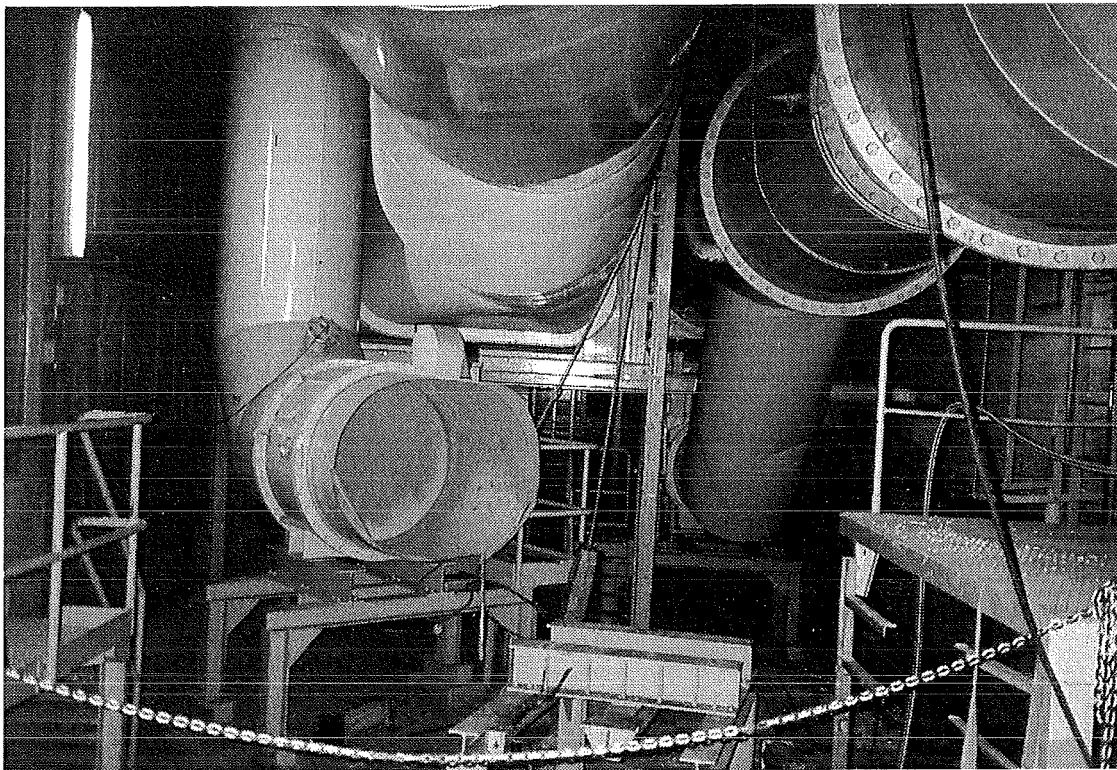


Abb. 24: Demontagen der Lüftungstechnischen Einrichtungen (3)



Abb. 25: Abriss des Rohrkanals



Abb. 26: Abriss des Lüftungsgebäudes

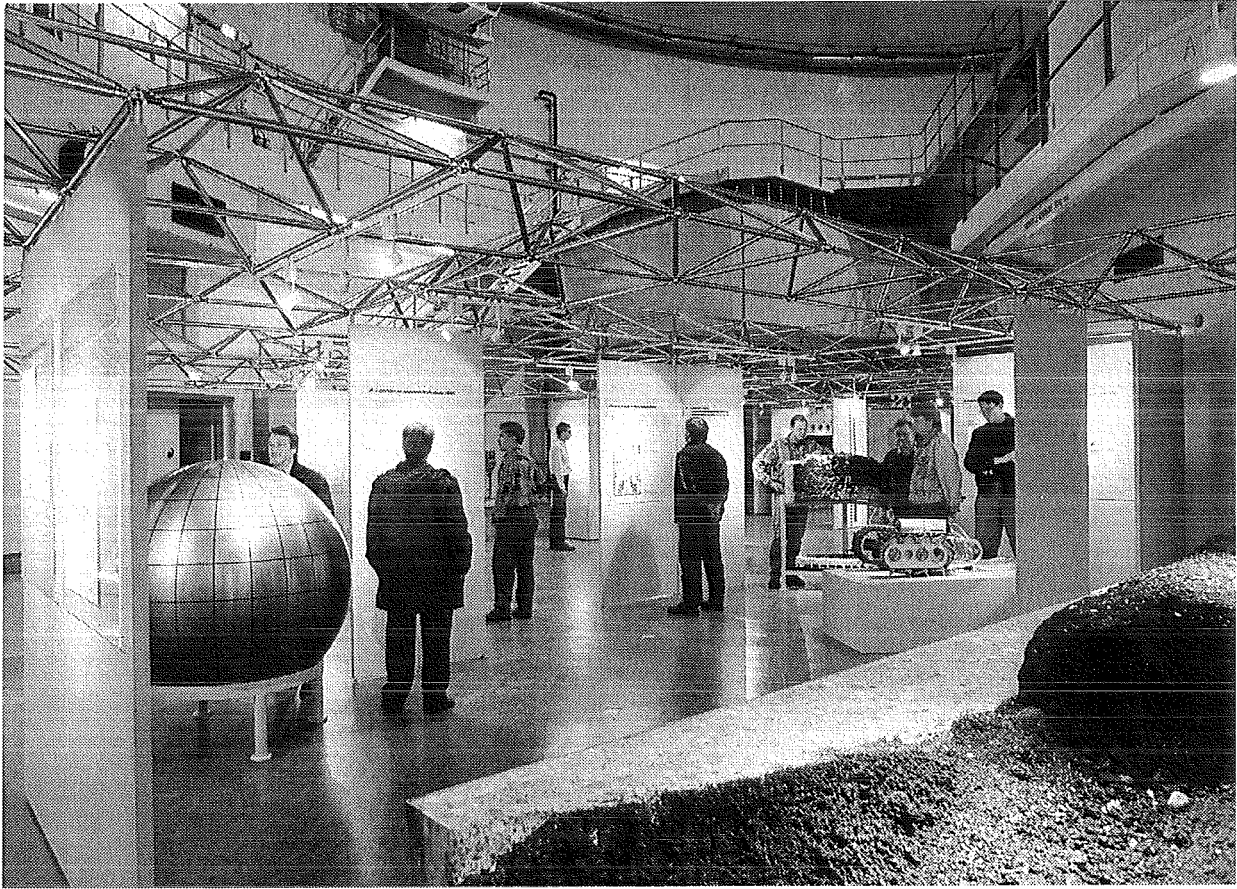


Abb. 27: Blick in die Ständige Ausstellung über F+E-Arbeiten des Forschungszentrums zur friedlichen Nutzung der Kernenergie