

KfK 5351
Mai 1994

Symposium

**Behandlung radioaktiver Reststoffe der
Hauptabteilung
Dekontaminationsbetriebe (HDB)
26. August 1993 im
Kernforschungszentrum Karlsruhe**

**W. Pfeifer (Hrsg.)
Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe**

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Kernforschungszentrum Karlsruhe
Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

KfK 5351

Symposium

Behandlung radioaktiver Reststoffe
der
Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe
(HDB)

26.August 1993

im

Kernforschungszentrum Karlsruhe

zusammengestellt von Wolfgang Pfeifer

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript gedruckt
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

ISSN 0303-4003

Inhaltsverzeichnis

Übersichtsvorträge

Reststoffentsorgung auf dem KfK-Gelände -Überblick-	<i>W. Pfeifer, HDB</i> 1.1 - 1.13
Abfallentsorgung der Landessammelstellen	<i>Dr. Dreisvagt, BMU</i> 2.1 - 2.11

Fachvorträge

30 Jahre Abwasserdekontamination KfK Erfahrungen mit Brüdenkompressions- verdampfern	<i>R. Pfeiffer, HDB</i> 3.1 - 3.17
Verfestigung von Verdampferkonzentraten durch Vakuumdestillation	<i>Engelage, GNS</i> 4.1 - 4.24
Verfestigen von Verdampferkonzentraten durch Zementierung	<i>L. Vogt, HDB</i> 5.1 - 5.15
Verbrennungsanlagen in der HDB, Betriebserfahrungen	<i>F. Dirks, HDB</i> 6.1 - 6.12
Volumenreduzierung der flüssigen Sekundär- abfälle aus der Verbrennung durch Trocknung im Heißgasfilter	<i>Chrubasik, Nukem</i> 7.1 - 7.15
Betriebserfahrungen mit der Hochdruck- kompaktierung	<i>Suchowitz, KAH</i> 8.1 - 8.11
Die neue MAW-Verschrottung	<i>Küppers, HDB</i> 9.1 - 9.16
Dekontamination von Anlagenteilen- Wandel der Aufgaben und Dekontaminations- ziele im Laufe von 30 Jahren im Betrieb	<i>W. Hempelmann, HDB</i> 10.1 - 10.14
Einschmelzen von Schrott zur Wiederverwendung	<i>Sappok, Fa. Siempelkamp</i> 11.1 - 11.12
Emissionskontrolle konventioneller Schadstoffe	<i>Dr. Becker, HDB</i> 12.1 - 12.20

Reststoffentsorgung auf dem KfK-Gelände - Überblick -

W.Pfeifer

Zusammenfassung

Es werden die Entsorgungsaufgaben, die die Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) für das Kernforschungszentrum (KfK) erbringt, dargestellt. Die kerntechnischen Einrichtungen, die von HDB entsorgt werden, werden aufgezeigt. Besondere Bedeutung kommt der Verarbeitung von radioaktiven Reststoffen und Abfällen aus kerntechnischen Anlagen außerhalb des KfK-Geländes zu.

KfK/HDB besitzt ein vollständiges System an Behandlungs- und Konditionieranlagen. Einen Schwerpunkt bildet die Behandlung von radioaktiven Reststoffen derart, daß eine Abgabe zur ein- und uneingeschränkten Verwertung außerhalb des Geltungsbereiches des AtG möglich ist. Für die verbleibenden radioaktiven Abfälle steht bei der Behandlung das Ziel einer Volumenminimierung im Vordergrund.

Zum Schluß werden Gesichtspunkte mittelfristiger Aufgabenstellungen aufgezeigt. Ausgebaut werden die Anlagen zur Behandlung nicht brennbarer radioaktiver Feststoffe. Ihr Anfall nimmt durch die Stilllegung kerntechnischer Anlagen auf dem KfK-Gelände zu.

1. Entsorgungsaufgaben KfK/HDB

Die HDB hat folgende Entsorgungsaufgaben zu erfüllen

- die Annahme und Behandlung aller radioaktiven Reststoffe und Abfälle, die auf dem Gelände der KfK GmbH anfallen.

Diese Aufgaben sind durch § 9 des Atomgesetzes vorgegeben.

- Die zweite Aufgabe ist die Sammlung, Behandlung und Überwachung aller Abwässer auf dem Gelände der KfK GmbH. Diese Aufgabe ist in erster Priorität durch das Wasserhaushaltsgesetz vorgegeben, bedarf aber auch einer Genehmigung nach § 9 AtG (nach AtG ist die Aktivitätsabgabe gereinigter Abwässer an den Vorfluter gere-

gelt), die die Aktivitätskonzentrationen und -frachten, die mit den gereinigten Abwässern an den Vorfluter abgegeben werden, regelt.

- Die dritte Aufgabe ist die Sammlung von Sondermüll der KfK und, soweit wirtschaftlich vertretbar, auch dessen Behandlung.

Dies ist eine Aufgabe, die HDB erst neu übernommen hat. Anknüpfend an die Tradition der Errichtung und des Betriebens von Behandlungsanlagen für radioaktive Abfälle aus dem Forschungs- und Entwicklungsbereich wird HDB mit dieser Thematik näher an die heutigen F u. E-Schwerpunkte des KfK heranrücken.

Alle Bereiche sind miteinander verknüpft. So müssen oft aus dem ersten Geltungsbereich (nach § 9 AtG) entlassene Stoffe und Materialien gemäß den Anforderungen des Abfallgesetzes weiter gehandhabt werden. Es macht daher Sinn, die Entsorgung des KfK-Geländes in eine Hand zu legen, um alle rechtlichen und sicherheitstechnischen Aspekte der Entsorgung im übergreifenden Sinn berücksichtigen zu können.

Im folgenden werden jedoch nur die Aufgaben des ersten Bereiches dargestellt.

1.1 Aufgaben der rad.Reststoff- und Abfallbehandlung

Die Aufgaben für das KfK-Gelände nach § 9 AtG betreffen:

- die Rückhaltung radioaktiver und chemischer Schadstoffe aus dem Abwasser.
Dies gilt nur für schwach- und mittelaktive Abfälle. Hochaktive flüssige Abfälle werden auf dem KfK-Gelände ausschließlich bei der WAK gehandhabt. Diese werden im Rahmen der Stilllegung und Beseitigung der WAK-Anlage nach Mol (Belgien) transportiert und in der PAMELA-Anlage verfestigt.
- die Verwertung radioaktiver Reststoffe und Anlagenteile. Dies ist heute eine der wichtigsten Aufgaben. Zu deren Bewältigung gehören nicht nur innovative Anlagenverbesserungen, sondern vor allem Systemdenken. Es setzt die Kenntnis der Verarbeitungs- und Recycliermöglichkeiten verschiedener Materialien voraus
- die Vorbehandlung der radioaktiven Reststoffe und Abfälle
Zielpunkte hierbei sind:
 - einmal die Voraussetzungen für die og.Verwertung zu schaffen
 - zum anderen das Volumen zu minimieren für die Stoffe, die als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden müssen
- die Konditionierung der vorbehandelten Rohabfälle zu endlagerfähigen Abfallgebunden

- Daran schließt sich die Zwischenlagerung der im KfK produzierten Abfallgebinde an. Diese ist notwendig, da bis heute noch keine geregelten Abgaben an eine Anlage des Bundes zur Sicherstellung und Endlagerung möglich ist.

2. Kerntechnische Anlagen, für die KfK/HDB Entsorgungsleistungen erbringt

Für die Annahme von radioaktiven Reststoffen durch KfK/HDB wird zwischen folgenden Anlagenbereichen unterschieden:

- Anlagen von Organisationseinheiten der KfK GmbH
- Anlagen von Genehmigungsinhabern und Ablieferungspflichtigen, die ihre Betriebsstätten im KfK haben
- Anlagen von Genehmigungsinhabern und Ablieferungspflichtigen, die ihre Betriebsstätten nicht im KfK haben.

2.1 Status kerntechnischer Einrichtungen des KfK

Die Situation der kerntechnischen Anlagen der KfK GmbH stellt sich wie folgt dar:

- Die Versuchsanlagen der Institute für Heiße Chemie und Radiochemie werden rückgebaut. Nachdem die Bundesrepublik die technische Realisierung der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen aufgegeben hat, wurden alle F u. E-Aktivitäten auf diesem Gebiet eingestellt.
- Mit der Aufgabe der Schnellbrüterentwicklung werden keine Brennelementuntersuchungen in der Heißen Zelle des KfK durchgeführt.
- Die einzige nennenswerte kerntechnische Anlage, die im Rahmen der Fusionsforschung in Betrieb gehen wird, ist das Tritiumlabor. Die Menge an radioaktiven Abfällen ist klein; ihr Aktivitätsinventar beschränkt sich auf Isotop H-3.
- In sonstigen Instituten, z.B. dem Institut für Materialforschung, werden Kontrollbereiche für zukünftige Untersuchungen nur eingeschränkt benötigt.
- Alle Prototypreaktoren sind stillgelegt und befinden sich im Rückbau.
 - der FR 2 befindet sich weitgehend im sicheren Einschluß.
 - Bei dem Reaktor in Niederaichbach (KKN) wird das Ziel, die Entlassung der Gebäudestruktur aus dem Geltungsbereich des AtG, nächstes Jahr erreicht sein.
 - Die schwach kontaminierten Anlagenteile des Heißdampfreaktors bei Kahl (HDR) werden zur Zeit abgebaut und über die KfK/HDB entsorgt.

2.2 Status kerntechnischer Anlagen, deren Betriebsstätten im KfK liegen

Ähnlich ist die Situation für die sonstigen Prototypanlagen, deren Genehmigungsinhaber Betriebsgesellschaften sind.

- die Sekundäranlagen des Mehrzweckforschungsreaktors (MZFR) werden zur Zeit rückgebaut.
- die Brennelemententsorgung der Kompakten Na-gekühlten Kernreaktoranlage (KNK) ist in vollem Gange und wird im 1. Quartal 1994 abgeschlossen sein.
- Die Situation der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) ist bekannt. Schwerpunkte bilden hier die Entsorgung des hochaktiven Flüssigabfalles und die Unterlagenerstellung für die ersten Rückbauschritte. Die Betriebsabfälle aus dem Stillstandsbetrieb der WAK sind erheblich zurückgegangen.
- Das Europäische Institut für Transurane betreibt die Heißen Zellen weiter bzw. baut sie um für neue Forschungsthemen.

Für diese Anlagen gilt, daß gemäß der vorliegenden atomrechtlichen Genehmigungen alle radioaktiven Reststoffe und Abfälle bis auf die hochaktiven flüssigen Abfälle über das KfK zu entsorgen sind. Demzufolge nimmt die HDB alle Pflichten gemäß der BMU-Richtlinie zur "Kontrolle radioaktiver Abfälle", die nicht an eine Landessammelstelle abgegeben werden bis auf die Deklarationspflicht der Rohabfallererfassung für diese Anlagen wahr.

2.3 Entsorgung kerntechnischer Anlagen, deren Betriebsstätten nicht im KfK liegen

Für kerntechnische Anlagen außerhalb des KfK-Geländes übernimmt KfK/HDB die Verarbeitung der radioaktiven Reststoffe und Abfälle, die an die Landessammelstelle Baden-Württemberg abgegeben werden, sowie die Aufbewahrung der entstandenen Abfallgebinde, bis eine Abgabe an ein Bundesendlager möglich ist.

In zweiter Priorität sieht KfK/HDB, als eine Einrichtung der öffentlichen Hand, die Verarbeitung von radioaktiven Reststoffen und Abfällen von Landessammelstellen anderer Bundesländer als ihre Aufgabe an.

Im Rahmen der noch vorhandenen freien Kapazitäten werden radioaktive Reststoffe und Abfälle anderer kerntechnischer Anlagen behandelt, konditioniert und verpackt.

Für die Annahme derartiger Abfälle muß ein Auftrag vorliegen, in dem die Bedingungen der Verarbeitung, Dokumentation und vor allem der Rücklieferung der konditionierten und verpackten Gebinde festgelegt sind.

Wesentlicher Kunde bei der Verarbeitung von Abfällen aus Leistungsreaktoren der EVU ist die GNS, bei der Verarbeitung von Abfällen aus der Brennelementherstellung die Fa. Siemens und unter den Sonstigen lassen sich nicht alle Auftraggeber aufführen. Beispielfhaft genannt seien die Firmen Nukem und Amersham Buchler.

Die Verarbeitung von Reststoffen aus der genannten Vielzahl kerntechnischer Anlagen setzt ein differenziertes Dokumentationssystem sowie eine entsprechende Logistik und Arbeitsvorbereitung innerhalb unserer Verarbeitungsanlagen voraus.

Die Verarbeitung für Dritte außerhalb des KfK hat ständig an Bedeutung gewonnen. Es werden zur Zeit ca. 2500 m³/a an radioaktiven Reststoffen und Abfällen verarbeitet. Dies entspricht ca. 30% des HDB-Durchsatzes.

2.4 Mittelfristiger Reststoffanfall

Schwerpunkt der zukünftigen Entsorgung auf dem KfK-Gelände sind rad. Reststoffe und Abfälle aus der Stilllegung und dem Rückbau kerntechnischer Anlagen. Zusammenfassend ergeben sich folgende Änderungen für die einzelnen Reststoffsorten.

- die nicht brennbaren flüssigen rad. Abfälle nehmen ab.
- es erfolgt eine Zunahme fester Materialien
 - mit Dosisleistung < 2000 µSv/h
Für die nicht α - haltigen Materialien liegt der Schwerpunkt bei der Behandlung mit dem Ziel der Wiederverwertung außerhalb des Geltungsbereiches des AtG (und StrlSchV).
 - mit Dosisleistung > 2000 µSv/h
Dies betrifft vor allem Coreeinbauteile aus den Reaktoren und höher kontaminierten Anlagenteile aus der WAK.
 - Der Anfall an brennbaren Abfällen wird auf dem jetzigen Niveau bleiben.

Die bei der Behandlung von Stilllegungsabfällen entstehenden Abfallgebände werden gemäß der Definition für Grube KONRAD als nicht wärmeentwickelnd eingestuft.

3. **Behandlungs- und Konditionieranlagen der KfK/HDB**

Im folgenden wird ein Überblick gegeben, welche Behandlungsanlagen dem KfK mit der HDB zur Verfügung stehen. (Bild 1)

3.1 **Eingangslager f.rad.Reststoffe und Abfälle**

Zur Entkoppelung von Transport und Verarbeitung bestehen entsprechend den Hauptrohfallgruppen Eingangslager für

- **fest brennbar mit 1500 m³**

In diesem Lager werden brennbare Abfälle in 200 I-Fässern eingestellt. Das Lager war durch verspätete Inbetriebnahme der konzipierten Verbrennungsanlage 1990 voll belegt. Der Lagerbestand konnte inzwischen weitgehend abgebaut werden.

- **fest nicht verbrennbar mit 1360 m³**

Dieses Lager ist neu errichtet worden und besitzt eine Kapazität von 120 20 "-Containern. Dieses Eingangslager wurde notwendig, um insbesondere die aus der Stilllegung zu erwartende Massenanlieferung abzupuffern.

- **flüssig nicht verbrennbar und brennbar**

Hier stehen entsprechende Tankkapazitäten mit 300 m³ für nicht brennbare und ca. 25 m³ für brennbare Flüssigkeiten zur Verfügung.

3.2 **Anlagen zur Abfallvorbehandlung flüssig u. fest verbrennbar**

Zur Behandlung von flüssigen und festen, verbrennbaren Abfällen sind 3 Verbrennungsanlagen in Betrieb.

- **Verbrennungsanlage für α -kontaminierte Abfälle** mit einem Durchsatz von ca. 60 kg/h. Die freie Kapazität für eine Verarbeitung von α -Abfällen, die außerhalb des KfK-Geländes anfallen, beträgt ca. 20%.

- Die **Verbrennungsanlage für β - kontaminierte Reststoffe** mit einem Durchsatz von 60 kg/h steht nach Abbau des Lagerbestandes nach 1995 mit ihrer gesamten Kapazität zur Verfügung. Im Hinblick auf die notwendigen Nachrüstungen gem. 17. Verordnung zur BImSchG wird überlegt, diese Anlage stillzulegen, falls kein Bedarf von außen erkennbar ist.

Die nachgerüstete α -Anlage reicht aus für die Verarbeitung der anfallenden brennbaren Abfälle auf dem KfK-Gelände.

- Die **Lösemittelanlage** mit einem Durchsatz von 30 l/h wird kampagnenweise betrieben. Es ist vorgesehen, diese Anlage entsprechend der 17. Verordnung des BImSchG nachzurüsten. Die Kapazität reicht aus, um alle in der BRD anfallenden kontaminierten Lösemittel und Öle zu verarbeiten.

3.3 Abfallvorbehandlung flüssig nicht verbrennbar

Zur Behandlung von flüssigen nicht verbrennbaren Abfällen sind

- eine **Anlage für schwachaktive Flüssigkeiten** mit 2 Verdampfern mit Brüdenverdichtung (Kapazität je 4 t/h) und
- eine **Anlage für mittelaktive Flüssigkeiten** mit einem Umlaufverdampfer (Kapazität 1 t/h)

in Betrieb. Diese Anlagen sind unsere Sorgenkinder. Nicht was ihren technischen Standard betrifft, der ist inzwischen vorbildlich, sondern im Hinblick auf ihre geringe Auslastung. Dies führt zu hohen spezifischen Kosten. Auf der anderen Seite müssen die Anlagen zur Flüssigbehandlung vorgehalten werden. Sie sind ferner Voraussetzung zur Beherrschung von Störfällen, z.B. bei der Lagerung der hochradioaktiven Flüssigkeiten der WAK.

3.4 Behandlung rad. Reststoffe fest nicht verbrennbar

Die Behandlung schwachaktiver Reststoffe, fest nicht verbrennbar ist schematisiert in Bild 2 dargestellt. Als erster Schritt erfolgt eine Grobsortierung nach wirtschaftlichen und strahlenschutztechnischen Gesichtspunkten in

- Verwend- und verwertbares Material
- oder radioaktiven Abfall

Es kann sich eine Behandlung, z.B. eine Dekontamination der Oberflächen bei metallischen Komponenten in den verschiedenen Verarbeitungscaissons des Betriebsbereiches Gerätedeko anschließen, danach erfolgt

- eine Freimessung zur ein- oder uneingeschränkten Verwertung, mit Abgabe an einen Schrotthändler
- oder eine Abgabe zum Einschmelzen mit AtG-Genehmigung an Fa. Siempelkamp

Für das KfK-Gelände ist geregelt, daß das Freimessen von in Kontrollbereichen installierten Anlagenteile auch vor Ort durchgeführt werden kann.

Bedingungen hierfür sind:

- Freigabe durch den Strahlenschutz im KfK

- Abgaben und Dokumentation über die HDB

Damit wird analog zum Abwasser erreicht, daß alle Materialien, die aus Kontrollbereichen stammen, über eine Organisationseinheit kontrolliert und dokumentiert und danach nach außen abgegeben werden.

3.5 Konditionieranlagen

An Konditionieranlagen sind in der KfK/HDB installiert:

- **Zwei fernbedienbare Zementieranlagen für nitrathaltige Konzentrate und Ionenaustauscherharze**

Die zweite Anlage wird nicht mehr benötigt. Es ist vorgesehen, die abgeschirmten Zellen einem anderen Verwendungszweck, z.B. für Untersuchungen zur Qualitätssicherung von Gebinden mit hohen Dosisleistungen, zuzuführen.

- **Zwei Favoritanlagen zur Trocknung von Verdampferkonzentraten aus KKW's**

- **LAW-Kompaktierung mit Vor- und Hochdruckpresse**

- **Bauschuttverfestigungsanlage**

- **MAW-Verschrottung**

Die Herstellung von Abfallprodukten in diesen Anlagen erfolgt nach Produkthandbüchern. Sie sind zur Qualifizierung an das BfS wie auch zur Begutachtung an die Genehmigungsbehörde, das Umweltministerium BW, weitergeleitet worden.

Einzelne Produkthandbücher sind inzwischen auch Bestandteil von Prüffolgeplänen, auf deren Grundlage Abfallprodukte, die zur Einlagerung in das Zwischenlager Gorleben vorgesehen sind, hergestellt werden.

An dieser Stelle sei erwähnt, daß KfK/HDB nicht in der Lage ist, alle Anlagen mit Eigenpersonal zu betreiben.

So wird ein Teil der Anlagen unter der atomrechtlichen Verantwortung der KfK GmbH im Rahmen von Werkverträgen betrieben, wie z.Zt

- die Favoritanlagen durch die Fa. GNS
- die LAW-Kompaktierung durch KAH
- ein Teil der Leistungen im Bauschuttcaisson durch die Firma SINA
- das Betreiben einer Verbrennungsanlage durch die Fa. Morant-Buchen

So hat sich inzwischen ein Pool sach- und fachkundiger Firmen gebildet, die zuverlässig Verarbeitungsleistungen, im vorgegebenen Rahmen unter der uneingeschränkten atomrechtlichen Verantwortung der KfK/HDB erbringen.

3.6 Zwischenlager für Abfallgebinde

KfK besitzt Zwischenlager

- für nicht wärmeentwickelnde Abfallgebinde
- und für wärmeentwickelnde Abfallgebinde

Die Wahl des geeigneten Abfallproduktes und des entsprechenden Abfallgebundes richtet sich nach den Anforderungen der Endlagerung. So hält sich KfK/HDB bei der Herstellung nicht wärmeentwickelnder Abfallgebinde konsequent an die vorläufigen Endlagerbedingungen für die Grube KONRAD.

Ein nachträgliches Auslagern für eine Abgabe an das Endlager Morsleben (ERAM) erfordert einen erheblichen logistischen Aufwand und zusätzliche Handhabungsvorgänge. Der größte Teil der bei KfK zwischengelagerten Abfallgebinde enthält außerdem α -Nuklide, die über den sehr niedrigen Grenzwerten für ERAM liegen. Eine Inbetriebnahme von KONRAD ist für KfK notwendig, ERAM stellt keine Ersatzlösung dar.

3.7 Zusammenwirken der HDB-Anlagen

Bei der Behandlung und Konditionierung von radioaktiven Reststoffen und Abfällen entstehen Sekundärabfälle und Zwischenprodukte, die in einer Folgeanlage verarbeitet werden. Generell entstehen aus der Reststoff- und Abfallverarbeitung folgende Hauptströme:

- Materialien, die un- oder eingeschränkt außerhalb des Geltungsbereiches des AtG verwertet oder als konventionelle Abfälle entsorgt werden.
- Materialien, die durch Einschmelzen in einer nach AtG genehmigten Anlage in ein nutzbares Produkt umgewandelt werden, z.B. in Abschirmplatten oder Abschirmbehälter.
- rad. Abfallgebinde, die der Endlagerung zugeführt werden.
- Abwässer und Abluft, die kontrolliert an die Umgebung abgegeben werden.

Betrachtet man die jährlichen Emissionen, dann zeigt sich gerade hier die Leistungsfähigkeit unserer Anlagen. Trotz Erhöhung des Durchsatzes liegen die Abgaben weit unterhalb der genehmigten Werte und verringern sich von Jahr zu Jahr. Für HDB betragen im Jahre 1992 die Abgabewerte mit der Abluft

α	8,5	E6 Bq/a
β	2	E8 Bq/a
HTO	1,7	E12 Bq/a

und mit dem Abwasser

α	8	E5 Bq/a
β	3	E7 Bq/a
HTO	8,6	E11 Bq/a

Die Verarbeitung von radioaktiven Abfällen unterliegt vielen Wechselwirkungen und erfordert ein Systemkonzept, um die jeweils richtige Behandlungsmethode auszuwählen, die in Einklang mit dem Atomgesetz sowie den sicherheitstechnischen Anforderungen bezüglich Freisetzung und Dosisminimierung für Personal steht und wirtschaftlich vertreten werden kann.

Hier liegt die Stärke unserer Verarbeitungsanlagen. Alle entstehenden Zwischenprodukte und Sekundärabfälle können sofort weiterverarbeitet werden. Es wird eine ganzheitliche Leistung geboten, die u.a. alle Erfordernisse der BMU-Richtlinie bzw. der im Entwurf vorhandenen Reststoffverordnung erfüllt. Dies hat natürlich seinen Preis. So sind in den letzten 10 Jahren über 300 Mio DM in Modifikationen, Neubauten sowie in ein leistungsfähiges Dokumentationssystem investiert worden.

4. Gesichtspunkte mittelfristiger Aufgabenstellungen

In den vorangegangenen Ausführungen wurde gezeigt, wie die Systematik der Entsorgung auf dem KfK-Gelände angelegt ist und welche Behandlungsmöglichkeiten für radioaktive Reststoffe und Abfälle mit den Anlagen der HDB zur Verfügung stehen. Ein technischer Stand, der hoch ist, mit dem wir uns jedoch nicht zufrieden geben. Zum Schluß werden daher Gesichtspunkte mittelfristiger Aufgabenstellungen aufgezeigt

● Anlagenmodifikation

- Die bestehende MAW-Verschrottung wird wesentlich erweitert. Ein Vorhaben, das in Zusammenarbeit mit der GNS realisiert wird. Inbetriebnahme ist für 1996 vorgesehen.
- Die α - und die Lösemittelverbrennungsanlage muß bis spätestens 1996 gemäß der 17. Verordnung nachgerüstet sein. Die Entscheidung für den Weiterbetrieb der β -Anlage steht an.
- Für die Trocknung, insbesondere von zu konditionierenden Kernkraftwerks-Abfällen ist vorgesehen, eine Trocknungsanlage auf der Basis PETRA der GNS einzubauen.

- **Innovative Konditionierverfahren**

Bei der Behandlung und Konditionierung rad. Abfälle gewinnen Hochtemperaturprozesse zunehmend an Bedeutung. Sie haben die Vorteile

- maximaler Volumenreduktion
- Herstellung chemisch weitgehend inerter Produkte
- Mechanischer Stabilität bei Einwirkungen von außen.

So sollten Schmelzverfahren für α -haltige Materialien wie Asche, Metalle und sonstige Mischabfälle entwickelt werden.

- **Verwertung**

Hier richten sich die Anstrengungen auf Freimeßverfahren. Es ist vorgesehen, ein eigenes Labor hierfür einzurichten.

Mit dem Anfall verschiedener Materialien aus der Stilllegung werden zusätzlich Arbeitsplätze benötigt, um durch Sortierung ein weitgehend homogenes Maß für die Freimeßanlagen zu erhalten.

- **Radioaktive Labor**

Im Zuge des Rückbaues von Prototypanlagen werden auch deren Labors abgebaut. Die Abfallverarbeitung ist das letzte Glied in der Stilllegung und dem Rückbau kerntechnischer Anlagen. Es liegt daher nahe, hier die Laborkapazitäten zu erweitern, so daß auch Analysenservice für andere geleistet werden kann.

Dabei kommt der Rezepturenentwicklung zur optimierten Behandlung und Konditionierung von radioaktiven Materialien eine besondere Bedeutung zu.

Die Schaffung von Möglichkeiten für die Qualitätssicherung von Altabfällen mit Einbeziehung anderer kerntechnischer Anlagen der KfK, wie der Heißen Zellen, wird überlegt.

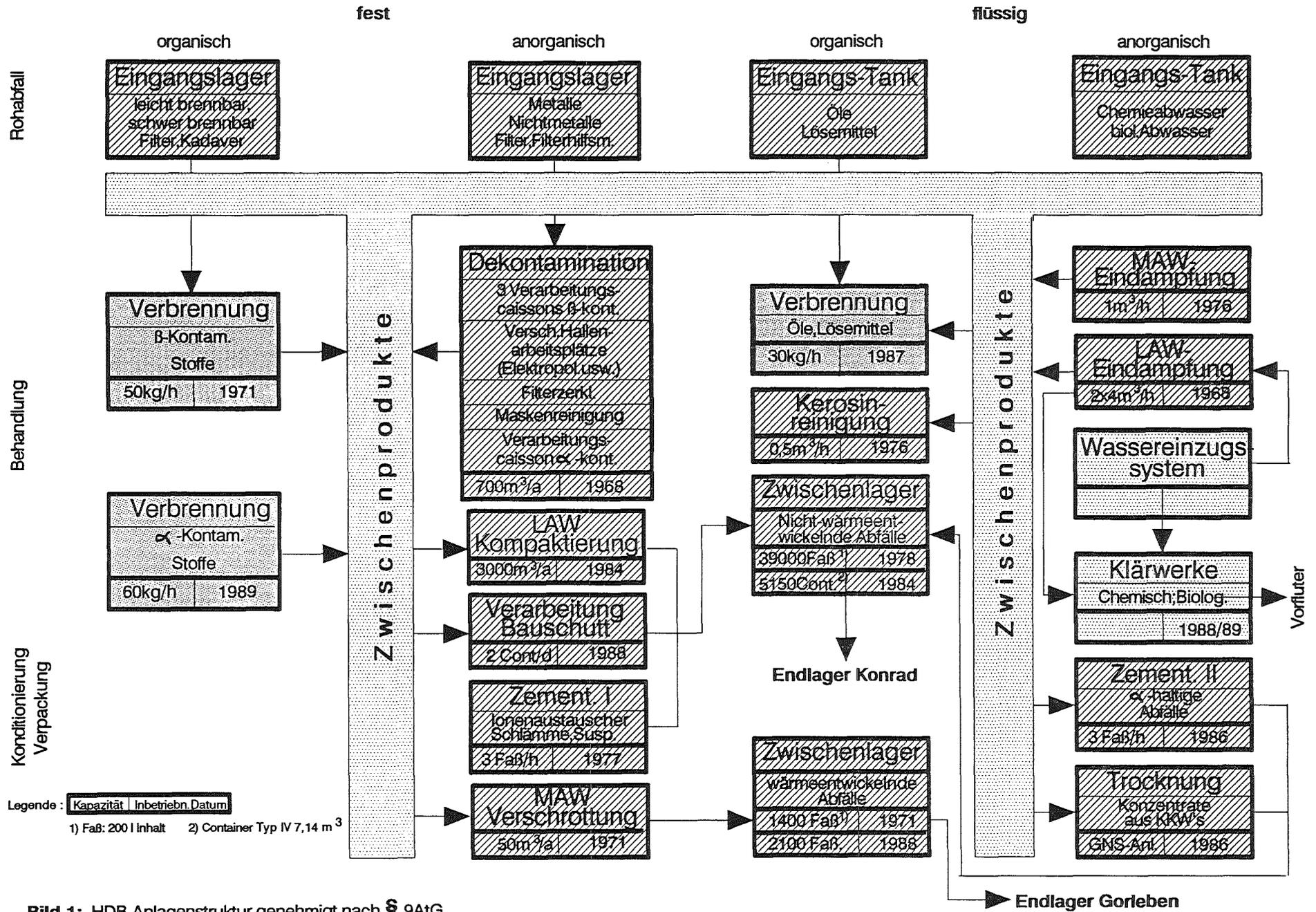
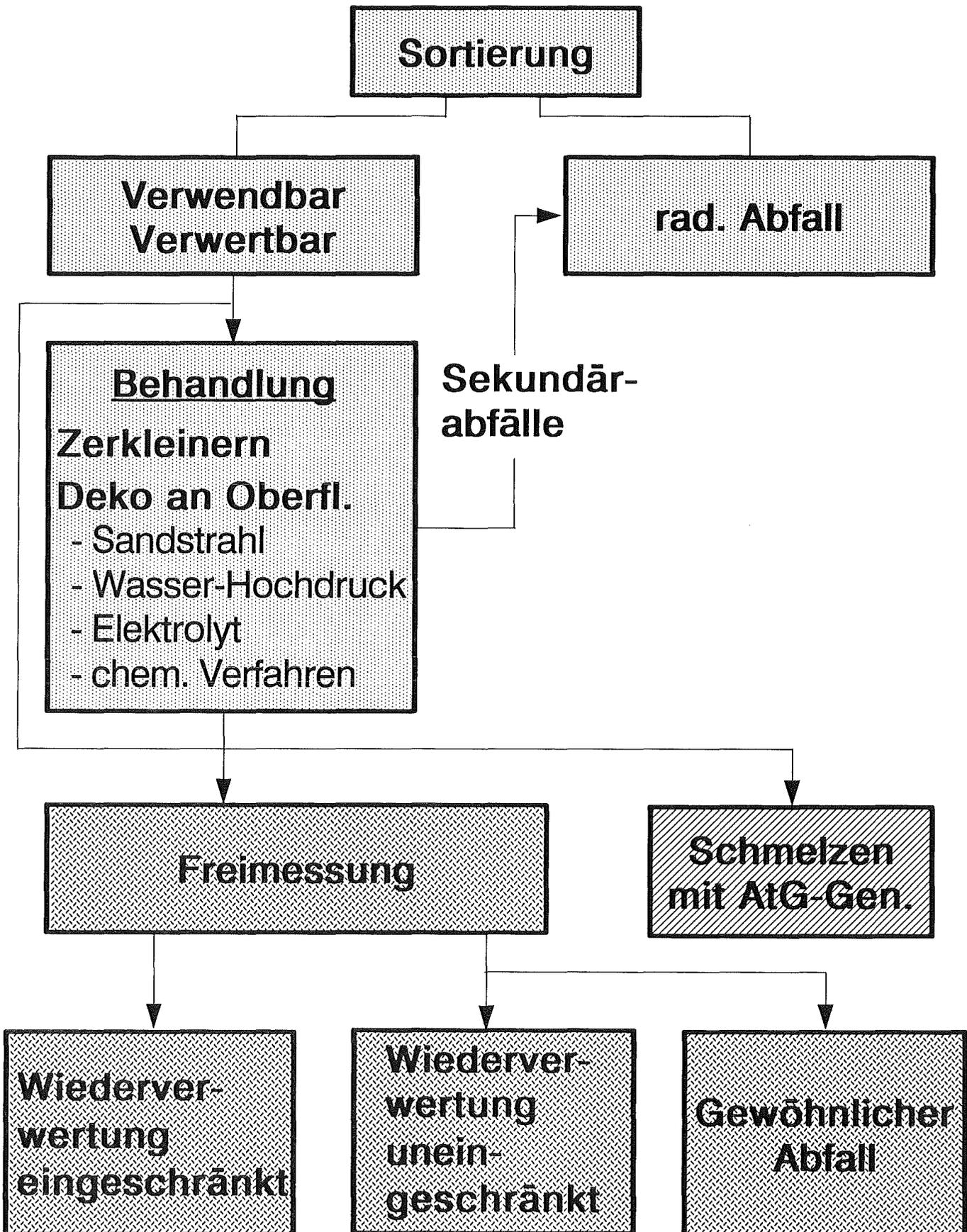


Bild 1: HDB-Anlagenstruktur genehmigt nach § 9AtG



Abfallentsorgung der Landessammelstellen

H. Dreisvogt

Wegen der Doppeldeutigkeit des Themas - vor allem im Zusammenhang mit den Themen der vorhergehenden Vorträge - möchte ich den Titel präzisieren und über die Aufgaben der Landessammelstellen bei der Abfallentsorgung von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung sprechen, wenngleich die Entsorgung der Landessammelstellen von ihren Abfällen, nämlich die Verbringung der Abfälle von den Zwischenlagern in ein Endlager, ein sicher aktuelles Thema auch für dieses Auditorium wäre.

Nach § 9 a Abs. 3 AtG - seit 1976 mit der 4. AtG-Novelle - haben die Länder Landessammelstellen für die Zwischenlagerung der in ihrem Gebiet angefallenen radioaktiven Abfälle einzurichten.

Bereits in der Ersten Strahlenschutzverordnung vom 24.06.1960 (BGBl. I S. 430) wurde in § 42 Abs. 1 die Beseitigung radioaktiver Abfälle geregelt: "Radioaktive Stoffe, mit denen aufgrund einer Genehmigung nach § 3 oder ohne Genehmigung nach § 8 umgegangen werden darf und die beseitigt werden sollen, sind an eine nach Landesrecht zu bestimmende Sammelstelle abzuliefern oder auf eine andere in einer Genehmigung nach § 3 zugelassene Weise sicherzustellen oder zu beseitigen."

...

So haben die meisten Bundesländer bereits Mitte der 60er Jahre entsprechende Sammelstellen für radioaktive Abfälle eingerichtet (Tabelle).

Dieser Zusammenstellung ist zu entnehmen, daß die Länder ganz unterschiedliche Zwischenlagerkapazitäten eingerichtet haben und daß diese Lagerkapazitäten in den vergangenen Jahrzehnten recht unterschiedlich belegt wurden. Bei den prozentualen Ausnutzungsgraden ist zu berücksichtigen, daß in verschiedenen Fällen noch erhebliche Mengen an Rohabfällen und Abklingabfälle gelagert werden. Insbesondere in Berlin ist man bereits über die vorhandene Zwischenlagerkapazität hinaus gegangen und hat noch vorhandene Reservekapazitäten nutzen müssen, so daß rein rechnerisch der Ausnutzungsgrad über 100 % liegt. Dies ist auch der Grund dafür, daß dort das Lagervolumen durch einen Neubau erweitert werden soll. Wenn das Inbetriebnahmehjahr in 3 Fällen erst in den 80er Jahren liegt, ist das für Bayern darin begründet, daß bis zum Jahr 1989 die Annahmestelle Süd bei der GSF in Neuherberg die Abfälle aufgenommen hat. Die niedersächsischen Abfälle wurden in den 60er und 70er Jahren in die gemeinsame Landessammelstelle Geesthacht verbracht, und die Bundeswehr lieferte in dieser Zeit ihre radioaktiven Abfälle an die jeweiligen Landessammelstellen ab. Hier wurde erst 1980 beschlossen, daß die Bundeswehr eine eigene Sammelstelle einrichten sollte.

Die hier angegebenen Ausnutzungsgrade müssen etwas differenzierter gesehen werden: Insbesondere in Mitterteich (900 m^3 Rohabfall), Ellweiler (68 m^3) und in Munster (900 m^3), aber auch in Nordrhein-Westfalen, Jülich, lagern erhebliche Mengen an Rohabfällen, die noch konditioniert werden müssen. Bis auf

...

die Ausnahme Berlin kann man sagen, daß für die nächsten 3 - 4 Jahre ausreichende Zwischenlagerkapazitäten in den Landessammelstellen vorhanden sind, wenngleich sich die Situation schlagartig ändern kann, was am Beispiel Niedersachsen/Steierberg deutlich wird, wenn die Rückstände aus der Molke-Dekontamination dort eingelagert werden sollten.

Die radioaktiven Abfälle, die in Landessammelstellen gesammelt werden, machen zwar mengenmäßig nur wenige Prozent der gesamten radioaktiven Abfälle aus; dennoch erfüllen die Landessammelstellen für viele Verursacher auch kleinster Abfall-Mengen eine bedeutende Aufgabe. Jeder Abfallproduzent, der einmal vor einer nicht annahmehbereiten Landessammelstelle stand oder in dessen Land noch keine Landessammelstelle eingerichtet wurde, kann davon ein Lied singen.

Erst vor wenigen Wochen hatte ich Anlaß, die vielfältigen Aktivitäten der Landessammelstellen zusammenzustellen. Offensichtlich im Rahmen von Überlegungen zum Sparen entstand die Idee, daß Landessammelstellen nach Inbetriebnahme eines Endlagers doch entbehrlich sein müßten. Um die Bedeutung der Landessammelstellen auch hier herauszustellen, darf ich ihre einzelnen Aktivitäten aufzählen:

- Einsammeln und Annehmen von radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung
- Beratung der Abfallverursacher
- Schulung der Abfallerzeuger bezüglich Sammeln, Sortieren und Vorverpacken der Abfälle beim Abfallerzeuger

...

- Sortieren der Abfälle, zweckmäßige Zusammenstellung und Vorverpackung der Abfälle für die Konditionierung
- Zwischenlagerung der Rohabfälle: Wegen begrenzter Kapazitäten der Konditionierungsanlagen sind "Pufferlager" für diese Rohabfälle unumgänglich
- Konditionierung in endlagergerechte Abfallgebinde; z. B. sind flüssige und gasförmige Abfälle nicht endlagerfähig (einige LSSt verfügen selbst über derartige Konditionierungseinrichtungen)
- Pufferlager für konditionierte Abfallgebinde bis zum Transport zum Endlager
- Sammlung von Abklingabfällen, die nicht an ein Endlager abgegeben werden müssen und Zwischenlagerung dieser Abfälle
- Sicherstellung von aufgefundenen radioaktiven Abfällen, Entsorgung von Konkursfällen
- Durchführung von meßtechnischen Kontrollen von radioaktiven Abfällen innerhalb der Aufsicht der Landesbehörden
- Kontaminationsbeseitigung bei Zwischenfällen mit radioaktiven Abfällen, Bergung der radioaktiven Stoffe in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr.

Es ist sicher richtig, daß nicht alle Landessammelstellen diese Aktivitätenliste vollständig abdecken. Insbesondere sind die meisten Landessammelstellen nicht in der Lage, die Rohab-

...

fälle zu endlagerfähigen Gebinden zu konditionieren, sondern schalten einschlägige Konditionierbetriebe ein. Insgesamt aber müssen die Landessammelstellen eine Vielzahl von Kleinanwendern von radioaktiven Stoffen bezüglich deren Abfallentsorgung bedienen: Z. B. alle Schulen, die radioaktive Präparate nutzen, Mediziner und Krankenhäuser, aber auch Elektriker (Ionisationsrauchmelder), forstwirtschaftliche Einrichtungen sowie Baufirmen, die geschlossene Strahlenquellen für verschiedene Zwecke einsetzen.

In Hessen z. B. ist die Landessammelstelle Ansprechpartner von ca. 1 500 Genehmigungsinhabern, von denen ca. 400 mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen; pro Jahr treten dort ca. 50 bis 100 Genehmigungsinhaber als Ablieferer von radioaktiven Abfällen an die Landessammelstelle heran. Der Rest (im wesentlichen aus dem medizinischen Bereich) wird in Hessen wie auch in verschiedenen anderen Ländern von der Fa. Amersham Buchler, Braunschweig, entsorgt. Von ihr werden wiederverwertbare Reststoffe rezykliert und die verbleibenden Abfälle zum Abklingen zwischengelagert bzw. an die Landessammelstelle abgegeben.

Nach alledem halte ich es für zwingend erforderlich, daß die Landessammelstellen auch für den Fall, daß wirklich ein Endlager annahmefähig sein wird, ihre Aufgaben weiter wahrnehmen. Dies ist im übrigen auch einhellige Meinung der Bundesländer.

Der Hinweis zum Sparen ist aber im Zusammenhang mit den Landessammelstellen keineswegs überflüssig! So wird im § 9 a des Atomgesetz keineswegs verlangt, daß jedes Bundesland eine Landessammelstelle einzurichten habe. Gerade vor dem Hintergrund, daß es sich bei diesen radioaktiven Abfällen um relativ gerin-

...

ge Volumina handelt, erscheint es zweckmäßig, daß sich mehrere Länder zusammenschließen und eine möglichst kostengünstige Lösung zu finden versuchen. So haben sich bereits früher die Länder Niedersachsen, Hamburg und Schleswig-Holstein zusammengeschlossen und betreiben die gemeinsame Landessammelstelle im Forschungszentrum Geesthacht.

Ganz anders als in den alten Bundesländern und Berlin sieht es in den neuen Bundesländern aus: Zu Zeiten der DDR gab es dort das aufnahmebereite Endlager Morsleben (ERAM). Es gab einen funktionierenden Erfassungsdienst des ERAM, der regelmäßig die von den Abfallverursachern angemeldeten Abfälle abholte und ins ERAM verbrachte. Auf diese Weise wurden nahezu alle Abfallverursacher regelmäßig nach Bedarf entsorgt, und die Einrichtung von Zwischenlagern in der Form von Landessammelstellen war nicht erforderlich. Allerdings blieben die Abfälle, die das ERAM nicht annehmen konnte, beim Verursacher. Manches wurde auch in der Hoffnung aufbewahrt, es zu späteren Zeiten wieder einsetzen zu können wie z. B. ausgebaute Komponenten aus kerntechnischen Einrichtungen.

So konnte das ERAM u. a. als Abfall deklarierte Pu-Be-Neutronenquellen nicht annehmen, wengleich hier auch die Entlassung des Kernbrennstoffes aus der IAEA-Überwachung eine Rolle spielte. Aber auch in den Kernkraftwerken in Greifswald oder in Rossendorf gab es Zwischenlager, die damals "Endlager" genannt wurden. Dies waren Schächte, in die zwar keine großen Mengen, aber wegen der spezifischen Aktivitäten heikel zu entsorgende Abfälle verbracht wurden. Auch in Storkow/Brandenburg gab es ein Zwischenlager, in dem überwiegend nicht mehr benötigte Strahlenquellen und sonstige radioaktive Abfälle der

....

ehemaligen NVA gesammelt wurden. Hier hatten auch die russischen Streitkräfte die Möglichkeit, im stillen Einvernehmen mit der NVA nicht mehr benötigte Strahlenquellen geordnet abzugeben, was sicher äußerst zweckmäßig war. Später bestand diese Möglichkeit für die russischen Streitkräfte leider nicht mehr: Man gab ihnen auf, diese Abfälle mit zurückzunehmen nach Rußland und in die anderen Nachfolgestaaten der Sowjetunion. Die Sorge war nicht unbegründet, daß diese Quellen auch vollständig mitgenommen wurden.

Diese Entsorgungssituation in der ehemaligen DDR änderte sich schlagartig, als das bundesrepublikanische Atomgesetz und die bundesrepublikanische Strahlenschutzverordnung über diese funktionierende Entsorgungslandschaft übergestülpt wurde: Zunächst stockte der Erfassungsdienst, der dem ERAM direkt angegliedert war, weil das Bundesamt für Strahlenschutz als neuer Betreiber des Endlagers diese Aufgaben nach dem sog. Töpfer-Konzept nicht übernehmen konnte. Dennoch wurden Ende 1990 und Anfang 1991 regelmäßig zweimal wöchentlich je zwei Container Verdampfersalze vom Rotationsdünnschichtverdampfer in Lubmin zum ERAM verbracht und dort endgelagert.

Die mengenmäßig kleinen Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie, die zur Abholung bereitstanden, sollten gerade zentral erfaßt und eingesammelt werden, als ein Gerichtsurteil das ERAM am 25. Februar 1991 vorübergehend stilllegte.

Nun mußte auch in den neuen Bundesländern für dieses Abfälle eine Zwischenlagermöglichkeit gefunden werden. Es lag nahe, ein bis zwei geeignete Orte, etwa das Forschungszentrum Rossendorf bei Dresden und/oder Lubmin für solch ein Lager vor-

...

zusehen. Beide Orte waren technisch und von der Infrastruktur her in der Lage, diese Aufgabe zu übernehmen. Fachkundiges Personal war vorhanden.

Doch im Mai 1991 platzte die Entscheidung des Kabinetts des Freistaates Sachsen in diese Überlegungen: Nur sächsische Abfälle durften in Zukunft von Rossendorf angenommen werden ! (Offenbar bestanden schon damals sehr enge Beziehungen zum anderen Freistaat: Denn von der Landessammelstelle Mitterteich dürfen ebenfalls nur bayerische Abfälle angenommen werden !).

In Mecklenburg-Vorpommern ereignete sich später das Gleiche: Ein Parlamentsbeschluß beschränkte die Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle auf Abfälle aus Lubmin und Rheinsberg, so daß nach diesem Beschluß förmlich nicht einmal die Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung aus Mecklenburg-Vorpommern dort gelagert werden könnten ! Inzwischen soll aber in Lubmin nach den Planungen der Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern neben dem großen Zwischenlager Nord für die Abfälle der Kernkraftwerke auch die Landessammelstelle für Mecklenburg-Vorpommern eingerichtet werden.

Obgleich unmittelbar nach der vorläufigen Schließung des ERAM die Länder aufgefordert wurden, geeignete Zwischenlager als Landessammelstellen einzurichten, konnte bis heute keine einzige Landessammelstelle in Betrieb genommen werden. Allerdings gibt es in fast allen Ländern arbeitsfähige Zwischenlösungen, so daß in dringenden Fällen, z. B. Konkurs des Verursachers, die Abfälle im Rahmen von Übergangslösungen ordentlich untergebracht werden können.

...

Nicht befriedigend geklärt ist allerdings die Entsorgung kernbrennstoffhaltiger Abfälle, deren Kernbrennstoffgehalt oberhalb von 3 g pro 100 kg liegt. Für die Zwischenlagerung solcher Stoffe ist eine Genehmigung nach § 6 AtG erforderlich. Die Forderung der Länder, der Bund möge solche Stoffe, hier insbesondere die Pu-Be-Neutronenquellen mit insgesamt ca. 2 kg Plutonium, in die staatliche Verwahrung nehmen, weist der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zurück unter Hinweis auf § 5 Abs. 6 AtG, nach dem Kernbrennstoffe, die in radioaktiven Abfällen enthalten sind, nicht in die staatliche Verwahrung übernommen werden können. Trotz dieser unterschiedlichen Meinungen ist aber sichergestellt, daß die vorhandenen Pu-Be-Quellen sicher gelagert sind und daß von ihnen zur Zeit keine Gefährdung ausgeht. Auch hier führt die Situation, daß jedes Land seine eigene Landessammelstelle einrichten will, dazu, daß diese Landessammelstellen auch mit einer § 6-Genehmigung versehen werden müssen, um die Pu-Be-Neutronenquellen und andere Kernbrennstoffabfälle aufnehmen zu können, wenn es nicht gelingt, eine andere Lösung für diese Abfälle zu finden.

Zum Schluß will ich doch noch auf die Doppeldeutigkeit des mir gestellten Themas eingehen, nämlich auf die Entsorgung der Landessammelstellen von ihren Abfällen. Die Zwischenlagerkapazitäten der Landessammelstellen sind begrenzt. Die doch erhebliche Verzögerung der Inbetriebnahme des Endlagers Konrad, in das diese Abfälle eingebracht werden könnten, hat zumindest im Falle von Berlin dazu geführt, daß die Zwischenlagerkapazität zu 100 % belegt ist und die letzten Abfallfässer nur durch geschickte Ausnutzung des Raumes untergebracht werden konnten. Wie wir gesehen haben, steht die Landessammelstelle Berlin vor

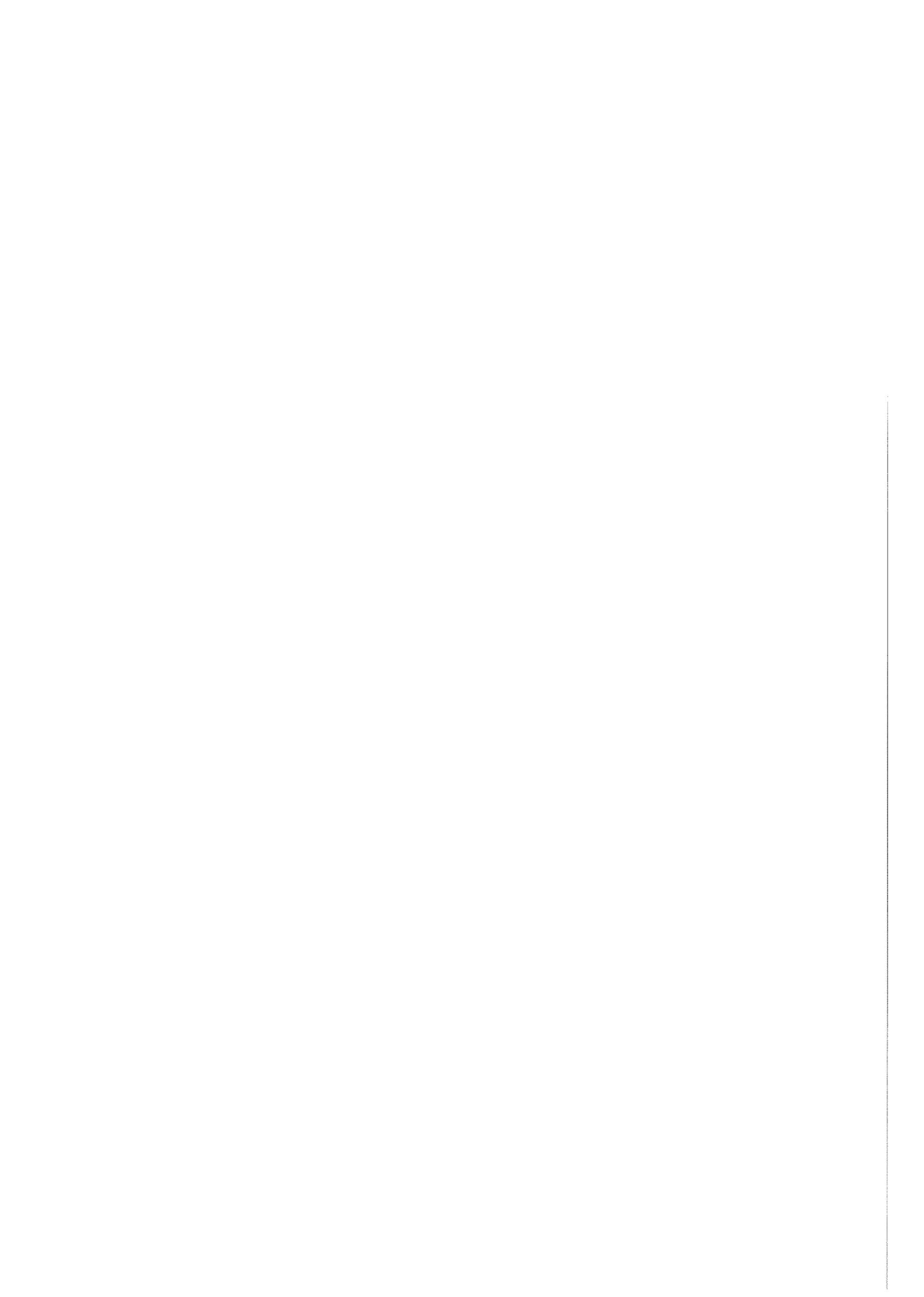
...

dem Zwang, ihre Kapazitäten mit erheblichem finanziellen Aufwand zu erweitern. Auch in Niedersachsen, wo bisher knapp 70 % der Kapazität genutzt wird, dürfte es enger werden, wenn die Dekontaminationsrückstände aus der Molke, die ja in Niedersachsen entstanden sind, wie vorgesehen, dort eingelagert werden.

Da solche Zwischenlager, die auch in anderen Bereichen der Kernenergienutzung zunehmend neu errichtet werden müssen, insgesamt viele Millionen DM kosten werden oder schon gekostet haben, ist es um so bedauerlicher, daß bisher die Einlagerung von geeigneten Abfällen auch im Endlager Morsleben nicht realisiert werden konnte. Es ist zu hoffen, daß die nach wie vor laufenden Anstrengungen zur Annahmefähigkeit von Morsleben endlich zu einem positiven Ende führen. Auf diese Weise könnte der Zwischenlagerbereich für radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung erheblich entlastet werden.

**Zwischenlagerkapazität, Bestand und Ausnutzungsgrad für
konditionierte Abfälle in Landessammelstellen
(Stand: 31.12.1992)**

Landessammelstelle	vorhandene Zwischenlager- kapazität in m ³	Bestand an kondi. Abfall in m ³	Aus- nutzungs- grad in %	Inbetrieb- nahme Jahr
Baden-Württemberg	in KfK	219	entfällt	1962
Bayern	2 900	86	(R) 30	1985
Berlin	300	385	100	1964
Hessen	400	155	39	1967
Niedersachsen	380	263	69	1980
Nordrhein-Westfalen	2 430	553	(R) 40	1966
Rheinland-Pfalz	500	0	(R) 13	1973
Saarland	16	0,3	2	1964
Schleswig-Holstein	140	13,8	10	1964
Bundeswehr	ca. 1 000	60	(R) 80	1982



Vortrag "30 Jahre Abwasserdekontamination KfK, Erfahrung mit Brüdenkompressionsverdampfern

Pfeiffer / KfK-HDB

Zusammenfassung

Seit 30 Jahren werden im Kernforschungszentrum Karlsruhe anfallende radioaktiv verunreinigte Abwässer dekontaminiert.

Aufgrund der Ergebnisse einer Reihe von Versuchen mit den unterschiedlichsten Verfahren entschied man sich für den Bau einer Betriebsanlage in die ein Dünnschichtverdampfer eingebaut wurde.

Im Laufe der Jahre wurde diese Anlage, da sie den geänderten Anforderungen nicht mehr gerecht wurde, durch zwei Brüdenkompressionsverdampfer mit Zwangs-umwälzung für die Eindampfung leicht aktiver wässriger Abfälle und einem dampfbeheizten Naturumlaufverdampfer für die Eindampfung mittelaktiver wässriger Abfälle ersetzt.

Mittlerweile sinkt der Abwasseranfall seit Jahren stetig aufgrund der sinkenden Aktivitäten des Zentrums auf dem Gebiet der Kerntechnik. Wir machen uns deshalb z.Zt. mit dem Gedanken vertraut die jetzigen Anlagen durch eine kleine, z.B. einen Dünnschichtverdampfer zu ersetzen.

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangssituation
2. Erste Betriebsanlage 1961 - 1964
3. Zweite Betriebsanlage 1964 - 1968
4. Dritte Betriebsanlage ab 1968
5. Erste Betriebserfahrungen mit der Eindampfung von MAW
6. Sanierung der LAW-Eindampfung
7. MAW-Eindampfanlage
8. Zusammenfassung

1. Ausgangssituation 1959 - 1961

Begonnen hat man, wie einer Puplication in der Zeitschrift "Kerntechnik" aus dem Jahre 1959 zu entnehmen ist, Abwässer versuchsweise mit Hilfe der Verdampfung und Vakuumkristallisation, der chemischen Fällung, dem Ionenaustausch, der Elektro-dialyse, der flüssig-flüssig-Extraktion, der elektroionalen Abscheidung und der biologischen Aufbereitung von ihren radioaktiven Bestandteilen zu reinigen.

Aufgrund dieser Versuche wurden im Technikum der damaligen "Kernreaktor Bau- und Betriebsgesellschaft" Fällleinrichtungen, Ionenaustauscher und ein Dünnschicht-Wischblattverdampfer installiert und inaktiv mit Simulaten erprobt. **Abbildung 1**

2. Erste Betriebsanlage 1961 - 1964

Parallel zu diesen Versuchen im technischen Maßstab wurde eine Behandlungs-anlage für radioaktiv verunreinigte Abwässer geplant und gebaut. Diese Anlage, in die 1961 der Dünnschichtverdampfer, Fällleinrichtungen und Ionenaustauscher eingebaut wurden, nahm noch im gleichen Jahr den Betrieb auf. In der Folgezeit hat man in ihr in der Regel Abwässer mit Aktivitätskonzentrationen $>3,7 \text{ E5 Bq/m}^3$ durch Fällung und höher kontaminierte und stark salzhaltige Abwässer durch Ein-dampfung dekontaminiert.

Die bei der Abwasserdekontamination anfallenden Fällschlämme und Verdampferkonzentrate wurde durch Vermischen mit Zement verfestigt. Versuche mit der Einbettung der Salze in Bitumen wurden begonnen.

3. Zweite Betriebsanlage 1964 - 1968

Aufgrund der gemachten Erfahrungen und des vorhersehbaren steigenden Abwasseranfalles wurde 1963 mit der Planung für den Bau einer großen Betriebsanlage begonnen. Im Vorgriff auf diese ersetzte man 1964 den Dünnschichtverdampfer mit einer Ausdampfleistung von 150kg/ pro Stunde durch einen Brüdenkompressionsverdampfer mit einer Ausdampfleistung von 1,3 to/Std. Diese Anlage war die erste ihrer Art, die zur Eindampfung radioaktiv kontaminierter Abwässer eingesetzt wurde.

Im Jahr der Inbetriebnahme wurden schon ca. 700 m³ durchgesetzt. Es wurden Volumenreduktionsfaktoren von ca. 100 und Rückhaltefaktoren $>1,9\text{E}3$ für Alpha-Aktivität und $1,3\text{E}3$ Beta-Aktivität erreicht.

Zur gleichen Zeit wurde eine Versuchsanlage für die Fixierung des Konzentrates in Bitumen in Betrieb genommen.

4. Dritte Betriebsanlage ab 1968

Die vorhandene Anlage wies Mängel auf. Diese Mängel bezogen sich auf die technische Ausführung und die räumliche Anordnung. So waren z.B. die Sammel- und Zwischenbehälter zu klein, sodaß sie bei Betriebsstörungen nicht als Puffer dienen konnten. Überdimensionierte Abschirmungen behinderten die Instandhaltung. Obwohl in ihr in den folgenden Jahren alle im Zentrum anfallenden Abwässer konditioniert werden konnten, plante man eine neue Anlage.

Hierbei berücksichtigte man die bisher gemachten Erfahrungen. Die Anlage umfaßte in ihrer ersten Ausbaustufe zwei Eingangsbehälter a`150m³, zwei Vorlage- und Konditionierbehälter a`40m³, einen Brüdenkompressionsverdampfer mit einer Ausdampfleistung von 4,5 to/Std., vier Destillat-Sammelbehälter a` 60m³, drei Konzentrat-Sammelbehälter a` 9m³ und einen Dekantierbehälter von 10m³ Volumen zur Abtrennung von organischen Flüssigkeiten. Zusätzlich wurde die alte Fällungsanlage und die Ionenaustauscher, die für die Nachreinigung von Destillat vorgesehen waren, eingebaut. Platz für einen zweiten Verdampfer wurde vorgesehen. Diese Anlage ging 1968 in Betrieb. **Abbildung 2**

Bisher hatte man, da Abwässer im alkalischen Bereich (pH>10) stark zur Schaumbildung neigen, bei einem pH-Wert von 3 bis 4 eingedampft. Der Lochfraß durch Chloridionen weist in diesem Bereich ein Minimum auf. Trotzdem führte diese fahrweise zu Korrosionsschäden am Vorwärmer, an einem Behälter und dem Dünnschichtverdampfer.

Um diese Korrosionsschäden zu vermeiden, wurde der neue Brüdenkompressionsverdampfer bei einem pH-Wert von 10,5 - 11 betrieben. Die bei der Eindampfung von Detergentien enthaltenen Abwässer auftretende starke Schaumbildung sollte mit Hilfe von Antischaummitteln bekämpft werden. Hierfür wurde ein Dosiersystem installiert. Versuchsweise hat man wässrige Emulsionen von Silikonen, von kondensiertem Propylenoxid und Silikonöl eingesetzt. Silikonöl hat sich dabei bis heute als einzig verlässlich wirksames Mittel erwiesen.

Erstmals 1969 wurden alle Abwässer mit dem Brüdenkompressionsverdampfer eingedampft, insgesamt 8492 m³. Bei annähernd gleichem Abwasseranfall stieg die Aktivitätsfracht im Eingang fast um den Faktor 10 und sank im Ausgang um den Faktor 4. Die Anlage konnte trotz verschiedener Schwachstellen sicher betrieben werden. Nach ca. 100 Betriebsstunden mußte z.B. der Vorwärmer mit 30%iger Salpetersäure gespült werden, da er aufgrund der ungünstigen Geometrie das vorzuwärmende Rohwasser so stark erwärmte, daß Kesselstein ausfiel. Auch der Verdampfer mußte nach jeder Charge mit Säure gespült werden.

Im Eingangs- und Destillatbehälterbereich waren Leitungen aus Vulkatene eingebaut. Diese wurden, besonders im Destillatbereich, öfter undicht. Die verwendeten Schweissmuffen waren den hier auftretenden durch die Temperatur des Destillates hervorgerufenen Kräften nicht gewachsen. Die Wellenabdichtungen der Pumpen erfolgte auch im Konzentratbereich mit Stoffbuchsen. Diese haben eine betriebsbedingte Leckage, die zu Kontaminationen führte. Desweiteren traten durch Ablagerungen, welche sich aufgrund ungünstiger Rohrleitungsführungen nicht durch Spülungen entfernen ließen, Hotspots auf. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten ließen sich diese nicht oder nur sehr schwer abschirmen.

Für 1971 war die Inbetriebnahme der WAK geplant. Deshalb bereitete man sich 1970 auf den damit verbundenen steigenden Abwasseranfall vor. Hierzu zählt die Bestellung eines zweiten Brüdenkompressionsverdampfers.

Mittlerweile hatte man sich, aufgrund der Ergebnisse der durchgeführten Versuche, entschieden die Konzentrate in Zukunft in einem Zweiwellenextruder der Fa. Werner &

Pfleiderer zu trocknen und die trockenen Salze in Bitumen einzubinden. Die Anlage wurde vergeben und sollte 1971 in Betrieb gehen.

Die Situation stellte sich so gut dar, daß man Verträge mit kerntechnischen Anlagen über die Behandlung flüssiger Abfälle abschloß. Im Rahmen eines solchen Vertrages wurden erstmalig 120m³ Filtrerrückstände aus Gundremingen mit 7,4E13Bq übernommen. Welche Probleme man sich hiermit aufgehalst hatte, wurde bei der Übernahme klar. Die durchschnittliche Jahresdosis der Mitarbeiter betrug, verursacht durch die Übernahme, 42 mSv im Jahr. In der Folgezeit vergingen 23 Jahre bis diese Abfälle verfestigt werden konnten.

5. Erste Betriebserfahrungen mit der Eindampfanlage von MAW

1971 ging planungsgemäß die WAK in Betrieb. Hierdurch stieg der Abwasseranfall um ca. 2500m³ pro Jahr. Zum ersten Mal wurden auch mittelaktive Abwässer angeliefert, insgesamt 226m³ mit einer durchschnittlichen Aktivitätskonzentration von 1,7E11Bq/m³. Die als wässrig deklarierten Abfalllösungen enthielten Kerosin und Tributylphosphat. Diese Bestandteile destillierten teilweise mit über, griffen die Beschichtungen der Destillatbehälter an und senkten den Rückhaltefaktor der Anlage. Deshalb mußte erstmals Destillat rezykliert werden. In Zukunft wurde grundsätzlich der MAW der WAK über den Dekantierbehälter und ein Phasentrenngefäß übernommen.

Im Jahr 1972 stieg die Abwassermenge nur noch geringfügig um 14%, die durchschnittliche Aktivitätskonzentration aber um 860%. Hierdurch ergaben sich für den Betrieb der Anlage, aufgrund der hohen Dosisleistung vor Ort, große Schwierigkeiten. So konnte z.B. das Personal die Verdampferkabine zu Kontrollgängen nicht mehr betreten.

Diese Entwicklung zeigte sich frühzeitig an.

Man versuchte ihr durch verschiedene Maßnahmen wie z.B.

- Einbau von Fernsehkameras in die Verdampferkabinen zur Früherkennung von Schaumbildung
- Einbau von Fernbedienungen für Armaturen im Maschinengang
- Montage von Abschirmungen

Einhalt zu gebieten.

Trotzdem erhöhte sich die Jahresdosis um ca. 67% auf 70 mSv je Mitarbeiter

Alle Destillate aus Kampagnen in denen MAW eingedampft wurde, mußten rezykliert werden.

Die Umwälzpumpe, die bisher nur eine Aufkonzentrierung bis zu einem Trockenrückstandsgehalt von 20% zuließ, wurde nach einem Wellenschaden mit einem Laufrad mit veränderter Schaufelstellung ausgerüstet. Danach konnte ein Trockenrückstand von 25% bei gleicher Motorenleistung erreicht werden. Heute erreichen wir mit nochmals verändertem Laufrad und gleichem Motor problemlos bis 30% Trockenrückstand.

Im Laufe des Jahres wurde mit der Montage des zweiten Verdampfers begonnen, die anfallenden Konzentrate wurden ab April des Jahres mit der neuen Bituminiermaschine verfestigt.

Die bisher aus der Verarbeitung von MAW herrührenden Schwierigkeiten verstärkten sich im folgenden Jahr weiter. Durch die erstmalige Anlieferung von Dekowässern aus der WAK stieg die durchschnittliche Aktivitätskonzentration um 450%.

Die anfallenden Konzentrate wurden in Bitumen eingebunden. Hierbei kam es erstmals zu einer Störung durch die Verstopfung des Produktauslaufes.

Um die Dosis der Mitarbeiter zu senken wurden zahlreiche Maßnahmen ergriffen wie z.B.:

- Austausch von Vulkateneleitungen gegen Edelstahlleitungen.
- Anbringen von weiteren Abschirmungen u.a. an den Wärmetauschern.
- Einbau von Motorventilen im Eingangsbereich.
- Einbau von Gleitringdichtungen in Pumpen im Konzentrationsbereich.
- Verstärkung der Abschirmung der Vorlagebehälter durch Verfüllen des Zwischenraumes zwischen den Behältern und Raumwänden mit Beton.

Durch diese Maßnahmen, die zum überwiegenden Teil von externem Personal durchgeführt wurden, sank die durchschnittliche Jahresbelastung des Betriebspersonals um 10%.

Beim Einbringen des Abschirmbetons in die Vorlagebehälterkabine entzündete sich der vorher auf die Behälter als Trennschicht aufgebrauchte Kunststoffschaum selbst. Hierdurch entstand, aufgrund der Rauchentwicklung, im Raum und in den angrenzenden Räumen, erheblicher Sachschaden. Für das Ausstemmen dieses Abschirmbetons mußten später 1,1 Mio DM aufgewendet werden. Diese hohen Kosten sind zum großen Teil darauf zurückzuführen, daß man einen Beton mit ca. 300kg Zementanteil pro m³ eingebracht hat. Ein Magerbeton hätte bei geringerer Druckfestigkeit die gleiche Abschirmwirkung gehabt, wäre aber viel leichter abzubauen gewesen.

Bis zur Sanierung des Raumes wurden Zahlungen in Höhe von 2,26 Mio DM an Fremdfirmen geleistet. Interne Kosten und Rücklagen für die Endlagerung der angefallenen Abfälle sind hierin nicht enthalten.

Trotz dieser erschwerten Bedingungen gelang es den zweiten Verdampfer zu installieren und termingerecht in Betrieb zu nehmen.

6. Sanierung der LAW-Eindampfung

Der Zustand der Anlage, die ursprünglich geplant und gebaut wurde für die Dekontamination von leicht kontaminierten Abwässern, verschlechterte sich durch die Verarbeitung von MAW so weit, daß sie eine Gefahr für ihre Umgebung und die in ihr beschäftigten Mitarbeiter wurde. Unsere atomrechtliche Aufsichtsbehörde mahnte aus diesem Grunde eine sofortige Behebung des Mißstandes an. Noch im Jahr 1973 wurde deshalb mit der Planung für eine Anlage zur Eindampfung von mittelaktiven wässrigen Abfällen begonnen. Erste Diskussionen über die Frage: "Minimale Kollektivdosis und Gefährdung des Personals und der Umwelt / maximaler Zuwachs an Entsorgungssicherheit" und "Totale Sanierung der LAW-Eindampfung oder Teilsanierung zur Aufrechterhaltung des Betriebes und Bau einer neuen Anlage" begannen. 1974 wurde entschieden, die LAW-Eindampfanlage bei Aufrechterhaltung des Betriebes technisch umfassend zu ertüchtigen und keine neue Anlage zu bauen. Damit wurde zum damaligen Zeitpunkt Neuland beschritten. Bisher war kein Fall bekannt in dem eine hochkontaminierte Anlage ohne Einstellung des Betriebes dekontaminiert, bau- und haustechnisch weitgehend erneuert und verfahrenstechnisch zum großen Teil neu ausgerüstet wurde. Da die Gesamtmaßnahme im Sinne eines

Neubauprojektes vor der Inangriffnahme des Vorhabens nicht planbar war konnten wir ganz unvoreingenommen an die Sache herangehen. Die gesamte Maßnahme wurde in einzelne Aufgaben unterteilt, die nach der Aufwand/Nutzen-Analyse festgelegt wurde. Die Teilaufgaben waren in logischer Reihenfolge in einen Rahmenplan eingegliedert.

Die durch Betrieb und gleichzeitige Sanierung entstehenden Probleme wurden in enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden, dem TÜV Baden, und den beteiligten Organisationseinheiten der KfK diskutiert und von Fall zu Fall das weitere Vorgehen festgelegt. Hierzu wurde der "Sicherheitsbeirat HDB" eingerichtet. Die Sitzungen dieses Beirates fanden nach Bedarf statt. Daß diese Vorgehensweise Erfolg hatte, zeigen die Tabellen 1, 2 und 3

Auf Grund der Erschwernisse durch Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft, Oberflächen- und Luftkontamination sowie Dosisleistung traten für diese Arbeiten Verlängerungsfaktoren gegenüber den Zeiten auf einer freizugänglichen Baustelle zwischen 3,5 und 11 auf. Hieraus resultieren teilweise die Umbaukosten. Tabelle 4

7. MAW-Eindampfanlage

Trotz der Inbetriebnahme des zweiten Verdampfers mußte dafür Sorge getragen werden, daß der Wasseranfall nicht weiter stieg sondern sank. Durch exaktere Trennung der Abwassersammelsysteme in den Organisationseinheiten gelang es 1974 den Anfall an Abwasser auf ca. 6.000m³ zu senken ohne daß die Forschungseinrichtungen in ihrer Arbeit behindert waren. Bis Ende 1981 dauerte das Sanierungsprogramm. Allerdings trat eine spürbare Entlastung im März 1976 ein. Zu diesem Zeitpunkt ging die neue MAW-Eindampfanlage in Betrieb. Installiert wurde ein Naturumlaufverdampfer mit außenliegendem Heizbündel und Siebbodenkolonne (Abbildung 3). Seine Ausdampfleistung beträgt 1 to/h. Mit dieser Anlage wurden bisher ca. 1,5E16 Bq durchgesetzt. Schwierigkeiten traten mit der Regelung des kontinuierlichen Überlaufes auf. Diese wurden durch Austausch des die Meßrohre enthaltenden Standrohres beseitigt. Seither arbeitet sie sicher und zuverlässig.

Auf den Bau einer großen Anlage bei der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe wurde deshalb verzichtet.

Die Verfestigung der Verdampferkonzentrate erfolgte 1977 durch Bituminieren. Die Bituminierung arbeitete, abgesehen von gelegentlichem Schäumen und Verstopfung des Auslaufkopfes zunächst einwandfrei. Im April 1974 mußte sie durch eine Verpuffung mit anschließendem Brand außer Betrieb genommen werden. Die Ursache war in Inhomogenität des Konzentrates begründet, da der Rührer der Vorlage ausgefallen war.

Die Anlage wurde daraufhin ertüchtigt und bis Mai 1977 weiterbetrieben. Im Anschluß sollte sie, unter Berücksichtigung der bisherigen Betriebserfahrung, total neu errichtet werden. Für die Übergangszeit wurden die Konzentrate wieder durch Zementierung verfestigt. Nach Schließung der ASSE im Jahr 1978 wurde, da brennbare Produkte in dem Zwischenlager der HDB nicht gelagert werden durften, die fast fertige Bituminier-anlage wieder umgebaut zur Zementieranlage. Diese ging 1987 in Betrieb.

8. Zusammenfassung

Der Rückblick bestätigt, daß die schon 1960 getroffene Entscheidung, die radioaktiv kontaminierten Abwässer des Kernforschungszentrums durch Eindampfung zu dekontaminieren, richtig war.

Gelernt haben wir in all den Jahren, daß die hierfür vorgesehenen Anlagen den besonderen Anforderungen, wie sie aus dem Umgang mit radioaktiven Stoffen herrühren, gerecht werden müssen. Anlagen der chemischen Industrie sind nicht ohne Anpassung zu übernehmen. Nachrüstungen sind in der Regel nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand an Dosis und an finanziellen Mitteln durchführbar. Desweiteren ist ohne eine vorbeugende Instandhaltung ein problemloses Betreiben nur kurze Zeit möglich. Hierfür benötigen wir jährlich Mittel in Höhe von ca 4% der Investitionssumme. Wir werden auch weiterhin konsequent die Fahrweise der Anlage an die gemachten Erfahrungen, und soweit sinnvoll, dem neuen Stand der Technik anpassen. Nur so ist es möglich bei gleichbleibendem Durchsatz an Aktivität die radioaktiven Abwässer des Zentrums mit einem Minimum an Dosis zu dekontaminieren. So fielen z.B. im letzten Jahr, für 22 Mann Betriebspersonal, eine jährliche Kollektivdosis von nur 16,8 mSv entsprechend 0,78 mSv/pro Mann an. Im Rahmen von Instandhaltungs- Umbau und Erweiterungsmaßnahmen waren im letzten Jahr zusätzlich 94 Mann welche eine Kollektivdosis von 32,2 mSv, entsprechend 0,34 mSv pro Mann erhielten, tätig. Der Spitzenwert lag bei einem Mitarbeiter bei 3 mSv. Solche Werte lassen sich natürlich nicht nur durch Einsatz

Für die Zukunft gehen wir, entsprechend dem Fortschritt der Stilllegungsmaßnahmen im Zentrum, von stark sinkendem Abwasseranfall aus. Falls es sich als wirtschaftlich erweist, werden dann die bestehenden Anlagen durch eine kleine Anlage ersetzt. Das Herz dieser Anlage könnte z.B. ein Dünnschichtwischblattverdampfer sein, in dem die Eindampfung bis zum Trockenprodukt, welches direkt in Fässer abgefüllt wird, erfolgt. Sollte sich diese Vorstellung durchsetzen, wäre der Kreis der Verfahren für die Dekontamination radioaktiver Abwässer, die im Kernforschungszentrum Karlsruhe ausprobiert und angewendet wurden, wieder geschlossen.

moderner Tecgnik erreichen. Gut ausgebildetes, mit den Anlagen vertrautes Personal ist ebenfalls unabdingbar.

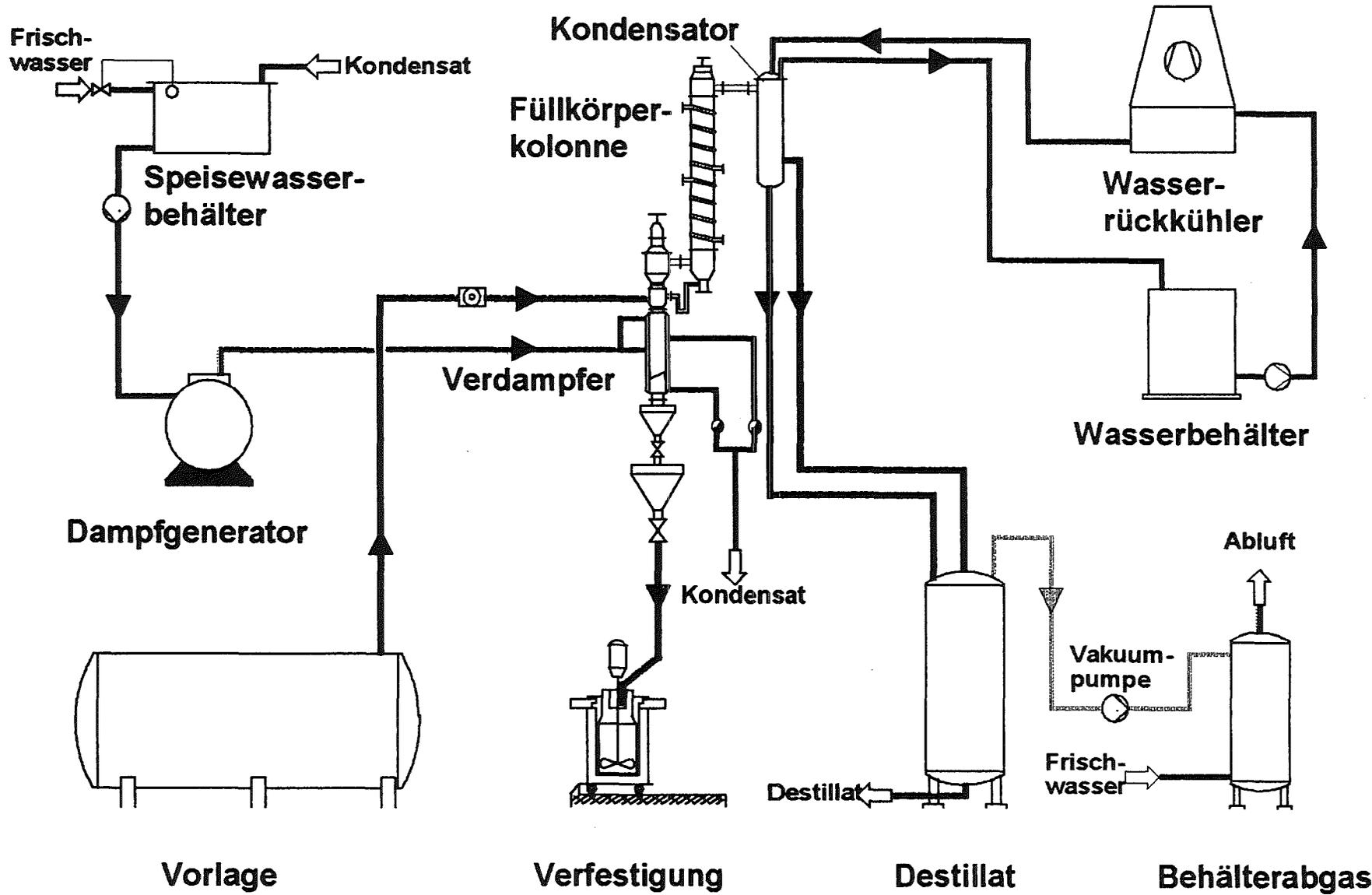
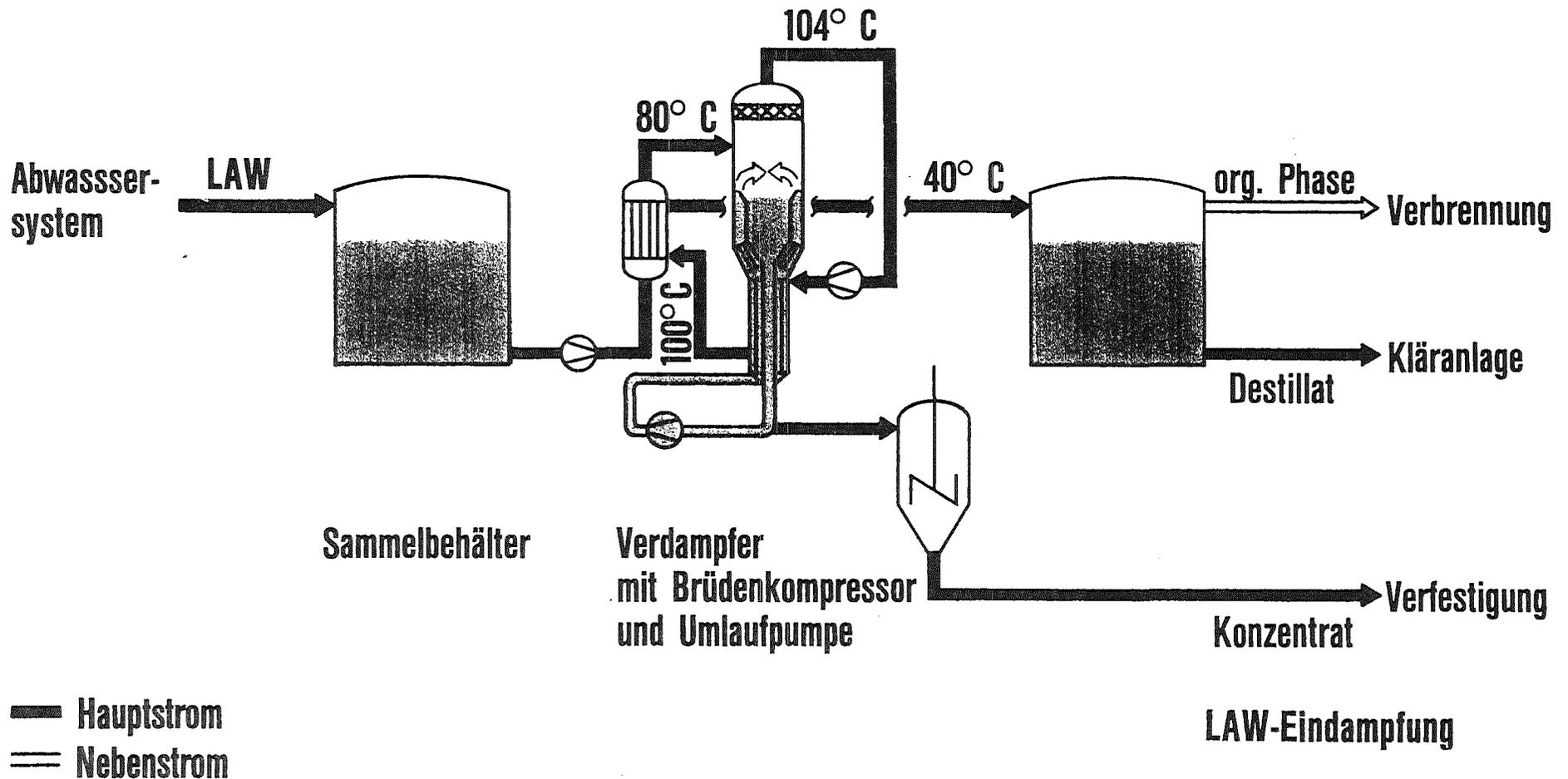


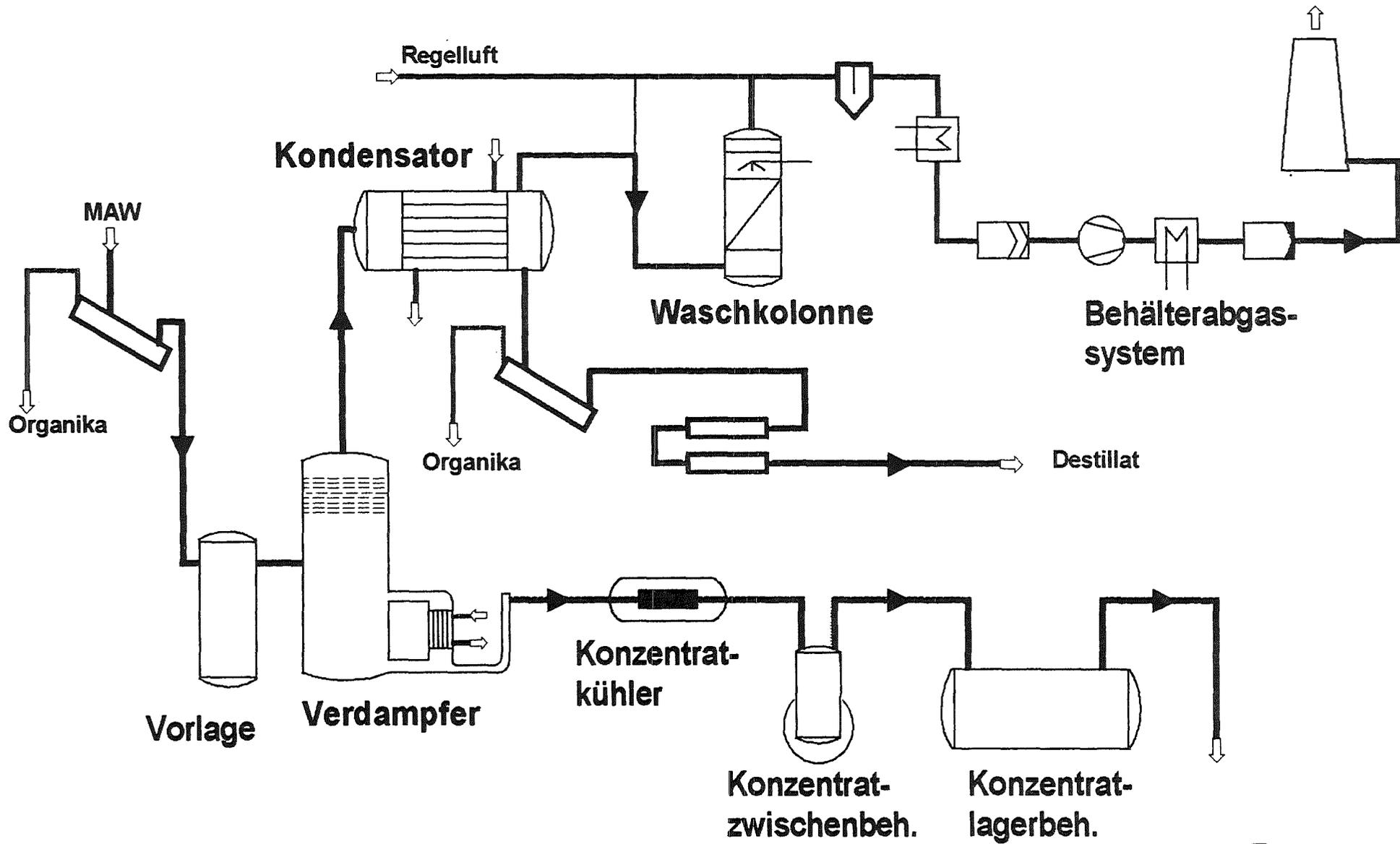
Abb.1: Versuchsanordnung Abwasserdekontamination



3.9

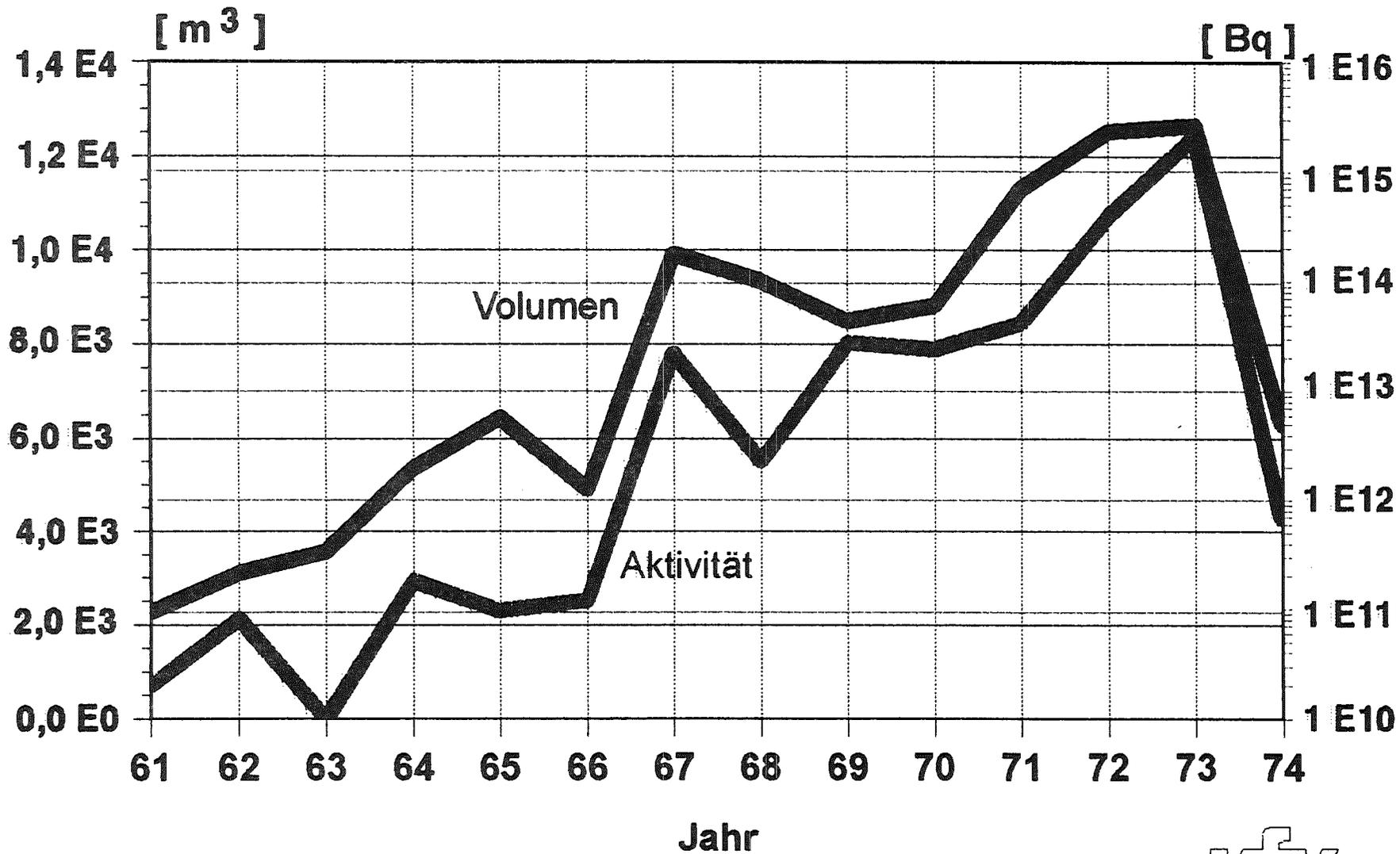
kfk

Abb.2: Verdampfung von kontaminiertem Abwasser



3.10

Abb.3: MAW-Eindampfung



3.11

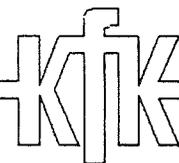
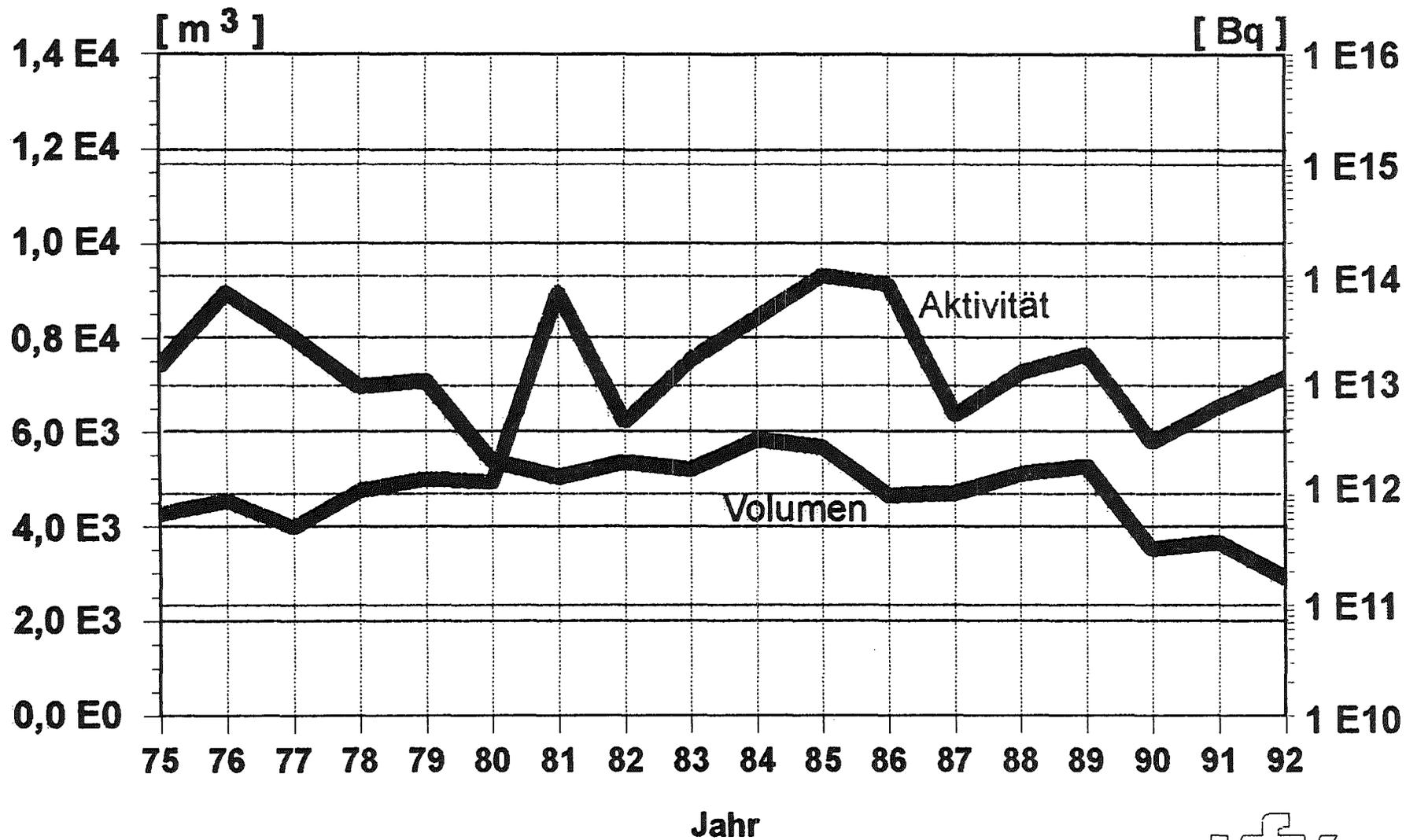


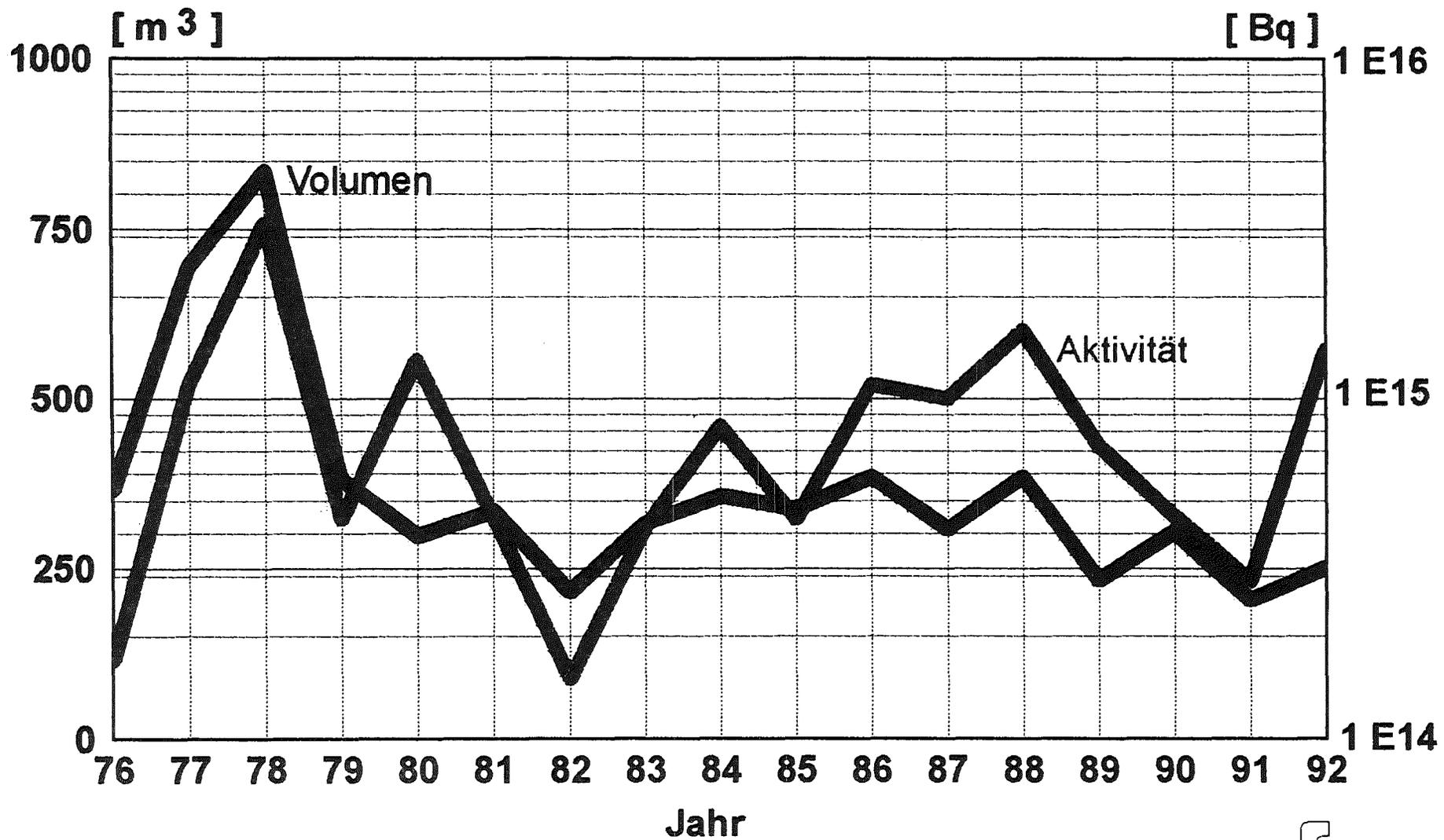
Abb.4: LAW-Verdampfer, Durchsatz



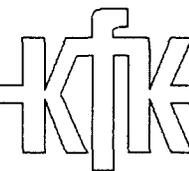
3.12



Abb.5: LAW-Verdampfer, Durchsatz



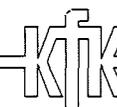
3.13



R. Pfeifer HD1_0183

Abb.6: MAW-Verdampfer, Durchsatz

Zeit- raum	Kollektivdosis (mSv)	
	Alle Mitarbeiter in HDB	Mitarbeiter der LAW-Eindampfung und Bituminierung
1974	3.035	592
1975	3.745	655
1976	2.833	508
1977	2.538	370
1978	1.843	243
1979	1.230	90
1980	1.350	161
1981	833	174
1992	49	16,8



Tab. 1: Strahlendosen versch. Mitarbeitergruppen während der Sanierung

Zeit- raum	Anzahl in der Anlage beschäftigter Mitarbeiter	Anzahl der Inkorporationen ¹⁾	Anzahl der Pers. Kontaminationen
1974	40	2)	102
1975	170	150	93
1976	400	50	76
1977	120	40	69
1978	120	20	63

1) Größtenteils <1% JAZ

2) nicht separat erfaßt

Tab.2: Inkorporation und Personenkontamination

Zeit- raum	Oberflächenkontamination		Raumlufthkontamination	
	Anteil der ¹⁾ Räume mit dauernder Kontam.	Verhältnis vorh./zul. Kontam.	Anteil der ¹⁾ Räume mit dauernder Kontam.	Verhältnis vorh./zul. Kontam.
1974	100 %	100	100 %	1.000
1975	100 %	100	90 %	1.000
1976	80 %	100	60 %	500
1977	40 %	100	30 %	500
1978	5 %	100	5 %	100

1) am Ende des Jahres

Tab.3: Permanente Oberflächen-und Raumlufthkontamination

Bautechnik	11,0 Mio DM
Haustechnik	
- Sanitär	1,2 Mio DM
- Lüftung	3,0 Mio DM
- E-Technik	8,7 Mio DM
Verfahrenstechnik	35,6 Mio DM
Deko und Demontage	2,5 Mio DM
<hr/>	
Insgesamt	62,0 Mio DM



Tab.4: Kosten des Projektes (ohne Eigenleistungen)

Behandlung radioaktiver Reststoffe

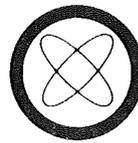
Verfestigung von Verdampferkonzentraten durch Vakuumdestillation

Zusammenfassung:

In dem nachstehenden Vortrag wird die Behandlung von flüssigen, anorganischen Reststoffen, besser bekannt als Verdampferkonzentrat, mit dem Schwerpunkt: "Verfestigung durch Wasserentzug", dargestellt.

Nach einer allgemeinen Übersicht der in Deutschland praktizierten Verfahren und eingesetzten Anlagen, werden die beiden bekanntesten Entsorgungsanlagen "Robe und FAVORIT" näher vorgestellt.

Neben einer kurzen Verfahrensbeschreibung und den wichtigsten Daten dieser Anlagen, wird ein historischer Überblick über die Entwicklung des FAVORIT-Systems gegeben. Dieser historische Überblick verdeutlicht, daß auch solche Behandlungsverfahren ständig weiterentwickelt werden, um den Gegebenheiten des Abfallmarktes gerecht zu werden.



"Behandlung radioaktiver Reststoffe"

Thema :

- Verfestigung von Verdampferkonzentraten durch Vakuumdestillation - (Anlage 1)

I.) Inhalt:

- Einleitung
- Definition flüssiger Reststoffe
- Übersicht der Behandlungsverfahren
- Behandlung mit ROBE
- Behandlung mit FAVORIT

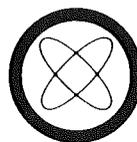
II.) Definition "Flüssige Abfälle"

Was ist unter flüssigen Reststoffen bzw. Verdampferkonzentraten zu verstehen?

Im weitesten Sinne alle anorganischen Flüssigkeiten, die beim Betrieb einer kerntechnischen Anlage anfallen, wie

(Anlage 2)

- Verdampferkonzentrate aus DWR-Anlagen
- Verdampferkonzentrate aus SWR-Anlagen
- Dekontlösungen
- Filterhilfsmittel
- Schlämme
- sowie Mischungen aus den vorgenannten Abfallströmen.



III.) Behandlungsverfahren (Anlage 3)

In Deutschland werden zwei "Hauptverfahren" praktiziert.

Zum einen, die Verfestigung durch Zementierung, über die in einem separaten Vortrag vorgetragen wird, und zum anderen, die Verfestigung durch Wasserentzug, kurz "Trocknung oder Verdampfung" genannt, auf die im folgenden näher eingegangen wird.

Es gibt, wie bei der "Zementierung" auch bei der "Trocknung" verschiedene Varianten zur Verfestigung bzw. zur Entziehung des Wassers, die sich in der Anlagentechnik / -ausführung niederschlagen

Die bekanntesten Anlagen sind wohl

- ROBE (Biblis, Gundremmingen)
 - FAVORIT (GNS)
 - RDVA (EWN-Greifswald)
 - KKV-Trocknungsanlage (KKI1, GKN)
- (sortiert nach Inbetriebnahme)

Im folgenden wird kurz näher auf die ROBE und anschließend auf die FAVORIT eingegangen.

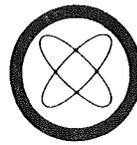
III.1) ROBE (Anlage 4)

"Einengungsanlage BOR"

Dieser Anlagentyp ist in den Kernkraftwerken Biblis und Gundremmingen installiert. Das Bild zeigt ein vereinfachtes Fließschema.

Verfahrensbeschreibung:

Die Konzentrate können einzeln oder nach einer vorgegebenen Rezeptur gemischt konditioniert werden. Sie werden batchweise in den Eindampfbehälter mit beheiztem Doppelmantel eingefüllt und unter Rühren und Unterdruck bis zur vorgegebenen Restfeuchte getrocknet.



Die behandelten Abfälle werden in die Abfallgebinde abgelassen, in denen sie mit abnehmender Temperatur zu festen Körpern hoher Druckfestigkeit erstarren.

Die Brüden werden von Aerosolen gereinigt, kondensiert und das Destillat an das Abwassersystem abgegeben.

Technische Daten (**Anlage 5**):

	Biblis	Gundremmingen
Inbetriebnahme	: 14.04.1981	01.07.1989
Verarbeitete Abfallmenge	: ca. 700 m ³	ca. 400 m ³
Erzeugte Gebinde	: ca. 550	ca. 70
Betriebstemperatur	: 60 - 70°C	80 - 90°C
Betriebsdruck	: 50 mbar	25 - 100 mbar
Überwiegend eingesetzt	: VDK	VDK plus Zugabe von Filterhilfsmitteln

III.2) FAVORIT

"Fahrbare Anlage zur volumenreduzierenden Trocknung"

(Anlage 6)

Diese Anlage ist die Entwicklung einer deutschen Entsorgungsfirma.

Anlagen dieses Typs wurden bislang zur

- Abfallbehandlung vor Ort (beim Erzeuger)
- Abfallbehandlung extern (bei der KfK/HDB)

eingesetzt.

Die nächste Anlage (**Anlage 7**) zeigt ein vereinfachtes Fließschema.



Nunmehr erfolgt mit Hilfe der Anlagen 8 - 16 ein historischer Überblick über die Entwicklung des FAVORIT-Systems

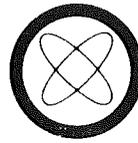
- Anlage: 8** - Die Geburtsstätte des FAVORIT-Systems
(GNS-Halle Shamrock)
- 9** - Die ersten zwei inaktiv erzeugten Gebinde
- 10** - Der Leitstand einer FAVORIT-Anlage
- 11** - Die Verpackung und die Seitenansicht
- 12** - Erstes Heizsystem
- 13** - Der Standardbehälter
- 14** - 400 l Fässer "früher"
- 15** - 400 l Fässer "heute"
- 16** - Datenblatt

Technische Daten: **(Anlage 17)**

Inbetriebnahme	:	IV. Quartal 1982 in KKS
Verarbeitete Abfallmenge	:	> 1.200 m ³ *
Erzeugte Gebinde	:	> 450
Betriebstemperatur	:	ca. 35 - 45°C
Betriebsdruck	:	20 - 100 mbar (Enddruck < 50 mbar)
Eingesetzt	:	für die gesamte Abfallpalette

* mit allen hier in Deutschland eingesetzten Anlagen, wobei bei externer Behandlung die Transportmenge berücksichtigt wurde.

In Deutschland sind zur Zeit vier FAVORIT-Anlagen im Einsatz bzw. stehen für einen Einsatz zur Verfügung. Von diesen vier Anlagen stehen zwei stationär in der KfK/HDB. Die beiden weiteren Anlagen werden mobil zur Abfallverarbeitung bei den Erzeugern eingesetzt.



Erwähnenswert ist ferner, daß ca. 50 % der "Altlasten" der in Mol lagernden flüssigen Abfälle, nach Vorbehandlung mit dem HDB-Verdampfer, mit den in der KfK/HDB stehenden FAVORIT-Anlagen erfolgreich behandelt werden konnten und die somit erzeugten Gebinde sowohl in Mitterteich wie auch in Gorleben bereits eingelagert wurden.

Zum Abschluß zeigt die letzte Anlage (Anlage 18) nicht ganz typischen Abfall. Bei Betrachtung dieses Fotos wird deutlich, daß die Konditionierungsverfahren und -anlagen noch so durchdacht, sicher und leistungsfähig sein können, jedoch auch ihre Grenzen, spätestens bei Vorliegen eines solchen Abfalls, erreicht werden.

Autor : Herbert Engelage GNS BAB1

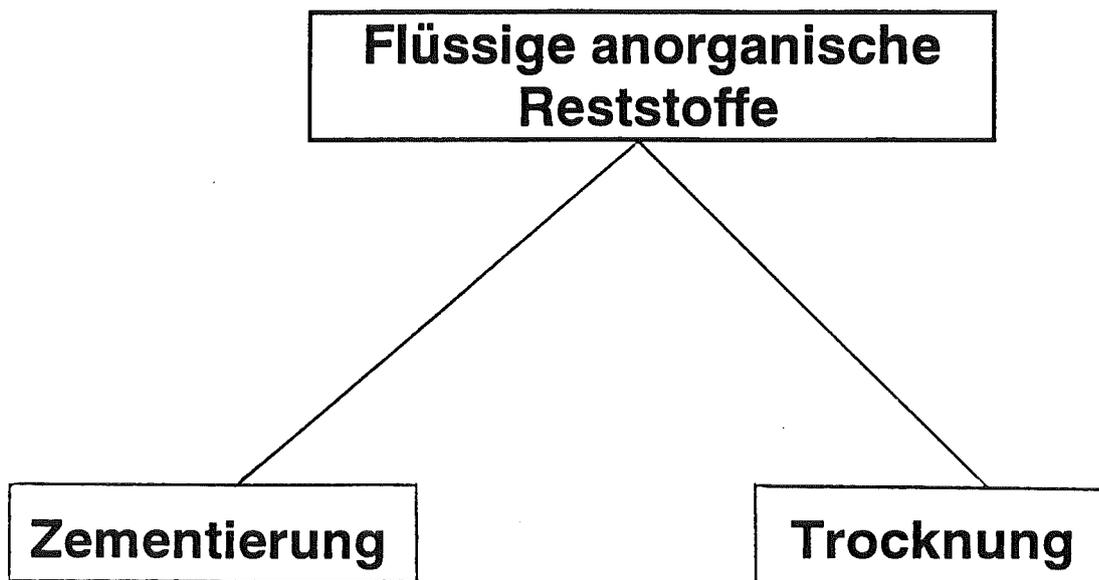
Datum : 26. August 1993

Verfestigung von Verdampferkonzentraten durch Vakuumdestillation

- * Einleitung**
- * Definition flüssiger Reststoffe**
- * Übersicht der
Behandlungsverfahren**
- * Behandlung mit ROBE**
- * Behandlung mit FAVORIT**

Übersicht der anorganischen flüssigen Reststoffe

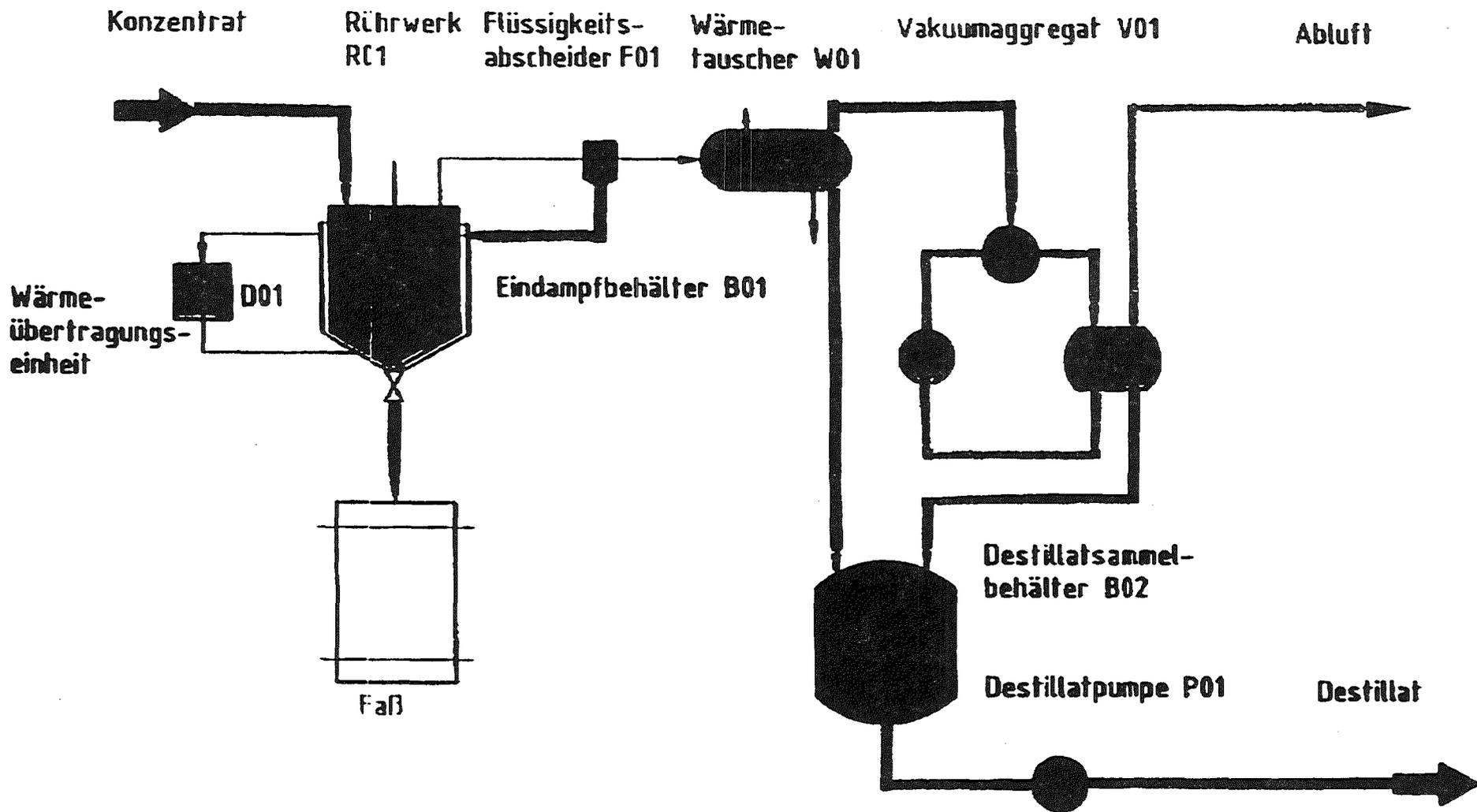
- * Verdampferkonzentrate
aus DWR-Anlagen**
 - * Verdampferkonzentrate
aus SWR-Anlagen**
 - * Dekontlösungen**
 - * Filterhilfsmittel**
 - * Schlämme**
- und Mischungen aus
vorgenannten Abfallströmen**



Trocknungsanlagen:

- ROBE (Biblis, Gundremmingen)
- FAVORIT (GNS)
- RDVA (EWN-Greifswald)
- KKV-Trocknungsanlage (KKI1, GKN)

(sortiert nach Inbetriebnahme)



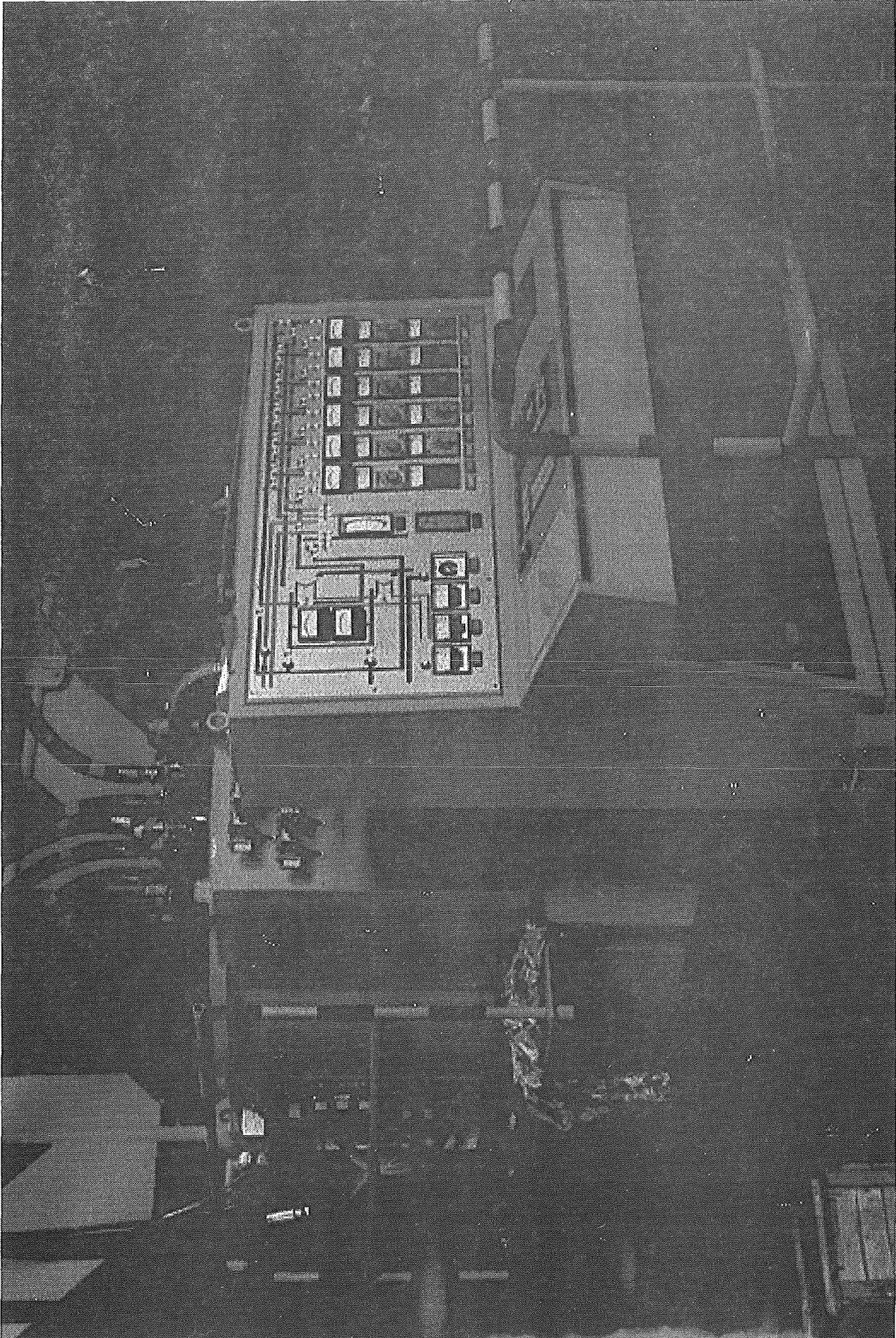
4.10

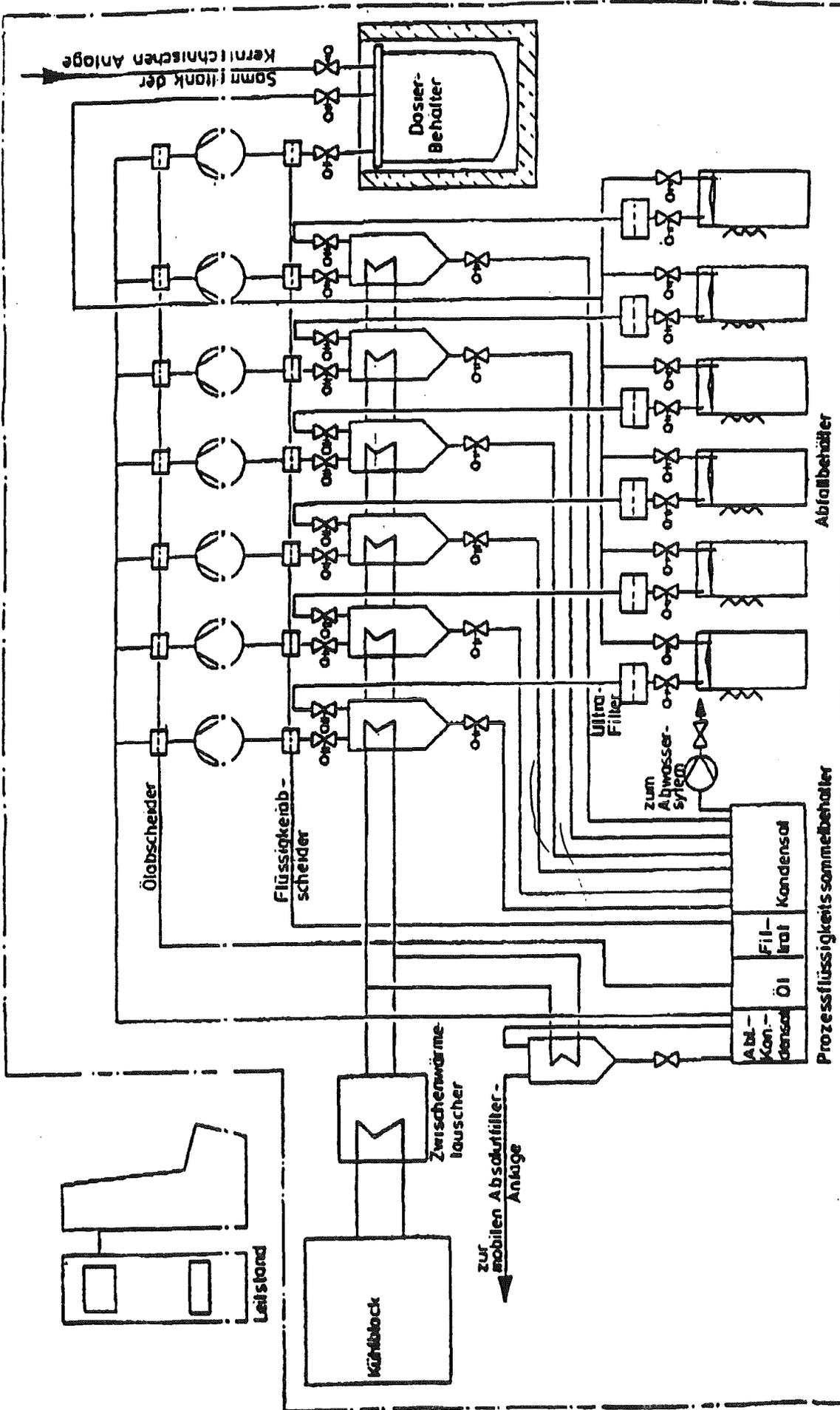
Anlage 4

ROBE

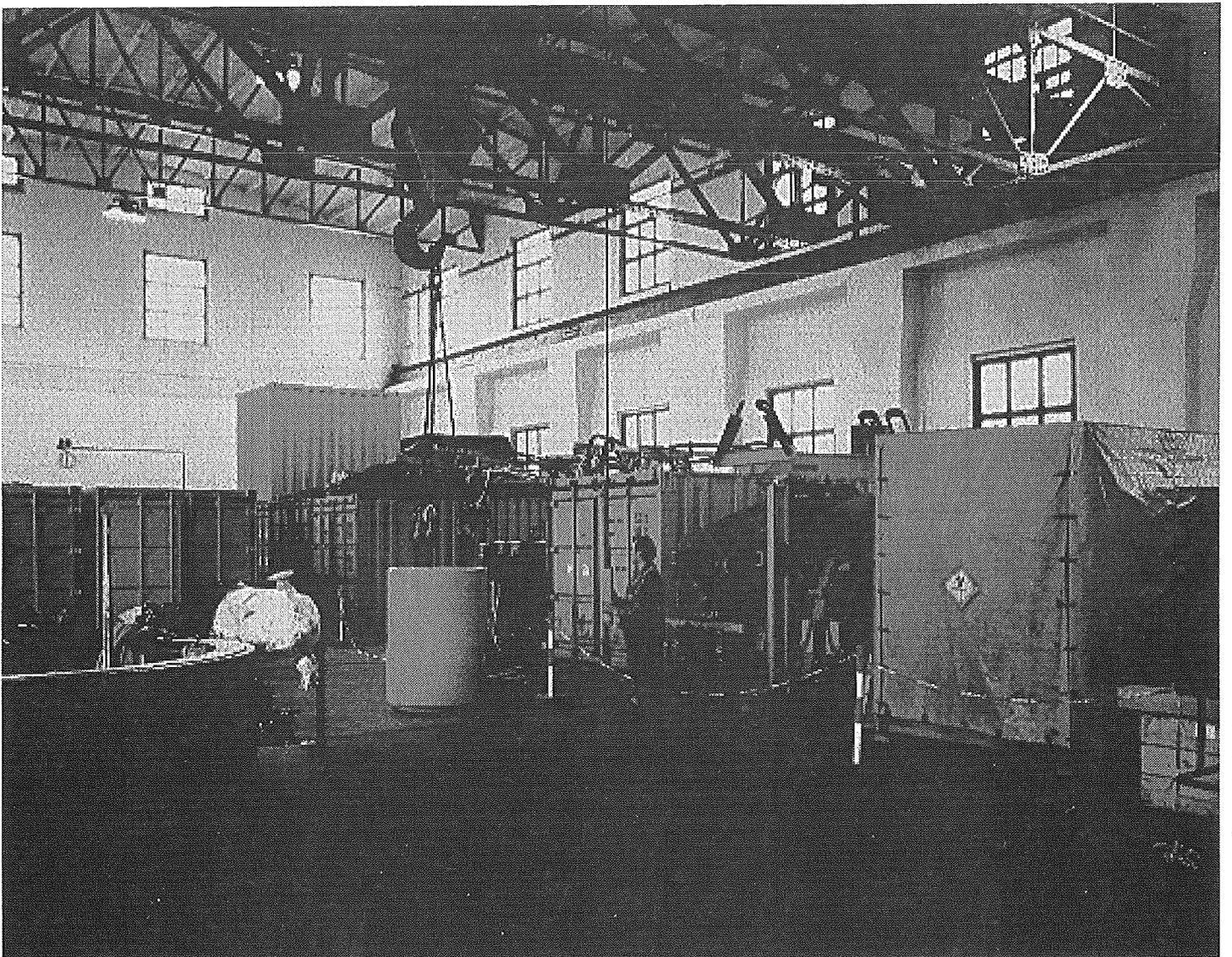
Technische Daten Robe

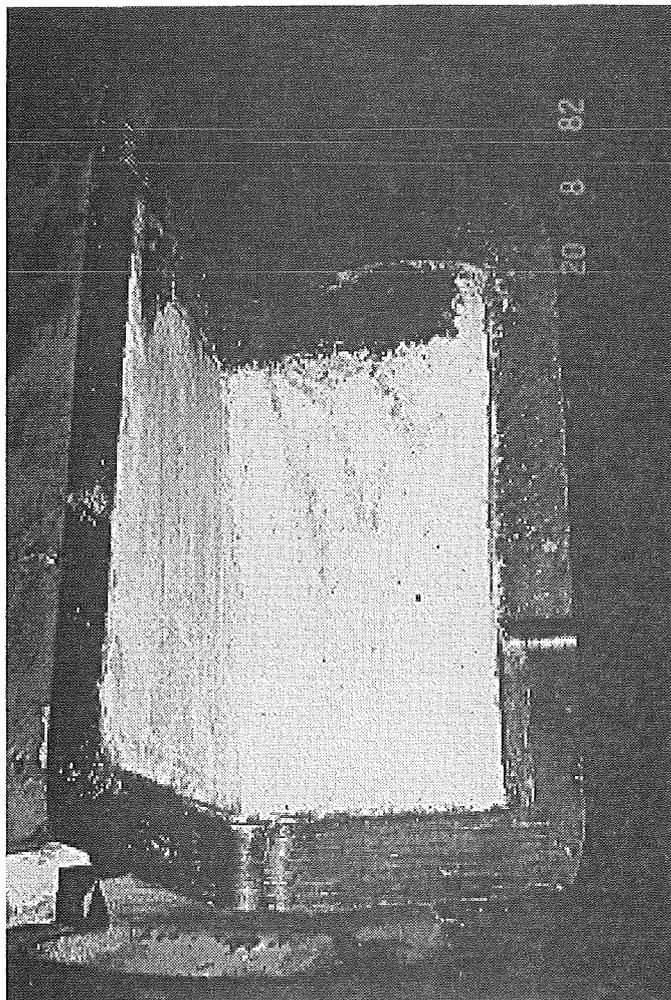
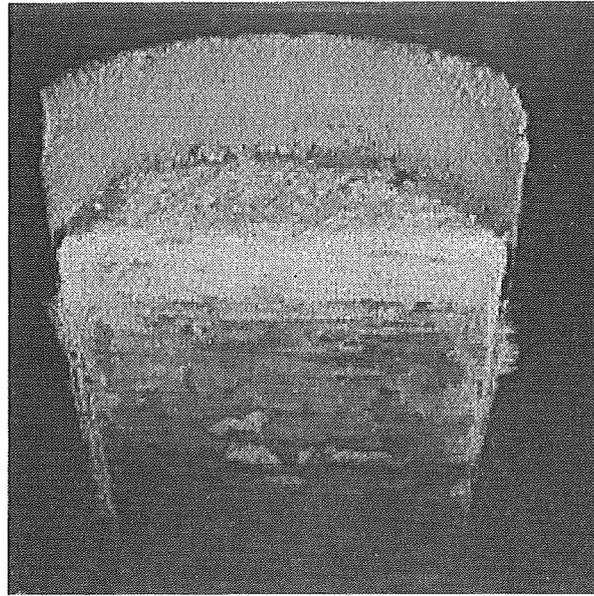
	<u>Biblis</u>	<u>Gundremmingen</u>
Inbetriebnahme	: 14.04.1981	01.07.1989
Verarbeitete Abfallmenge	: ca. 700 m³	ca. 400 m³
Erzeugte Gebinde	: ca. 550	ca. 70
Betriebstemperatur	: 60 - 70°C	80 - 90°C
Betriebsdruck	: 50 mbar	25 - 100 mbar
überwiegend eingesetzt	: VDK	VDK plus Zusätze von Filterhilfs- mitteln

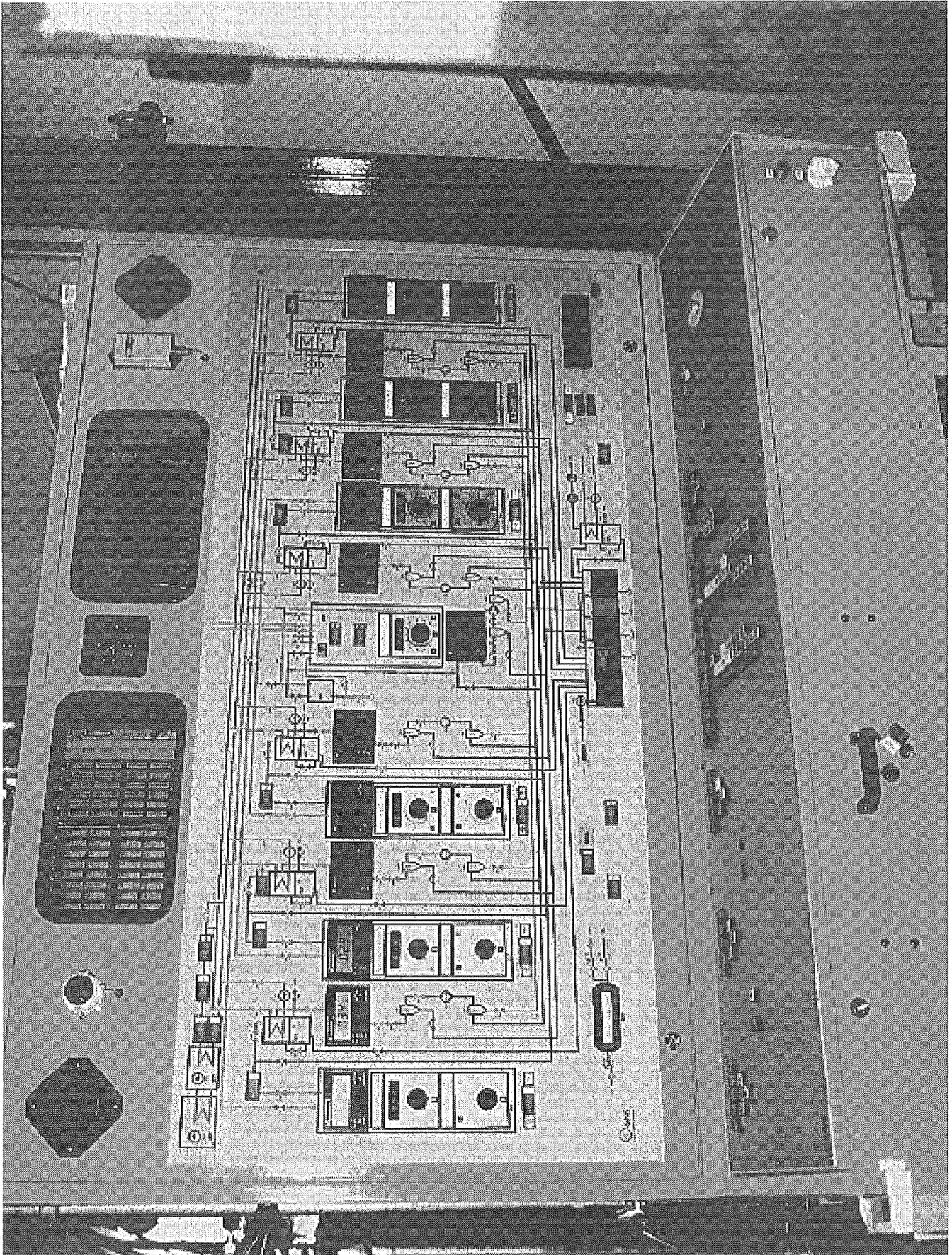


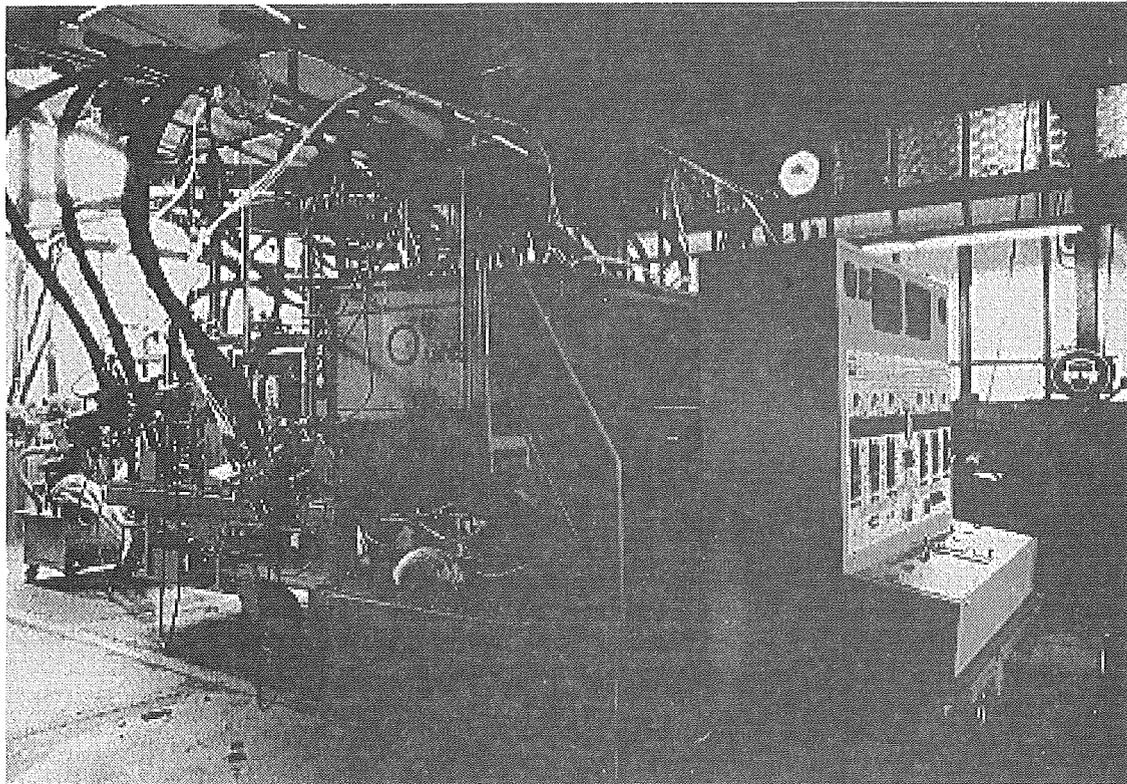
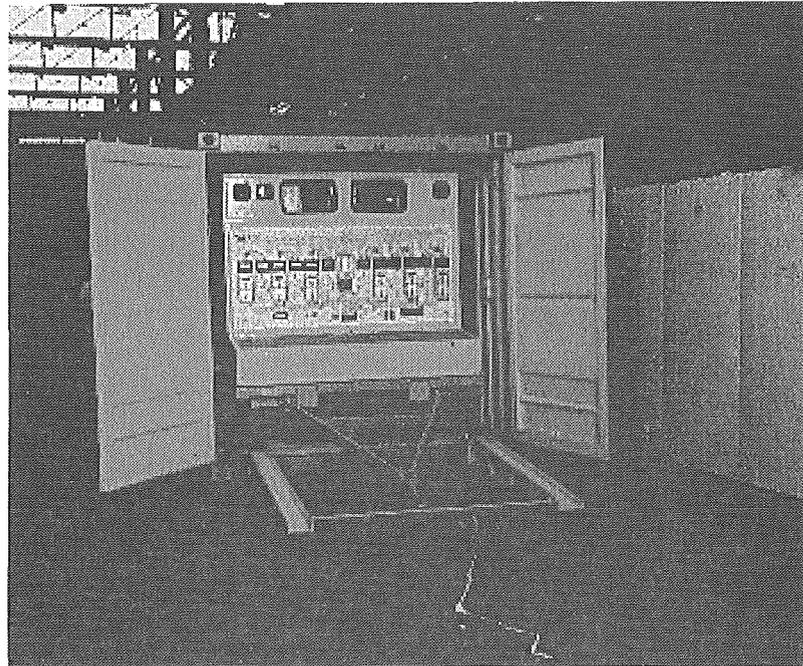


FAVORIT

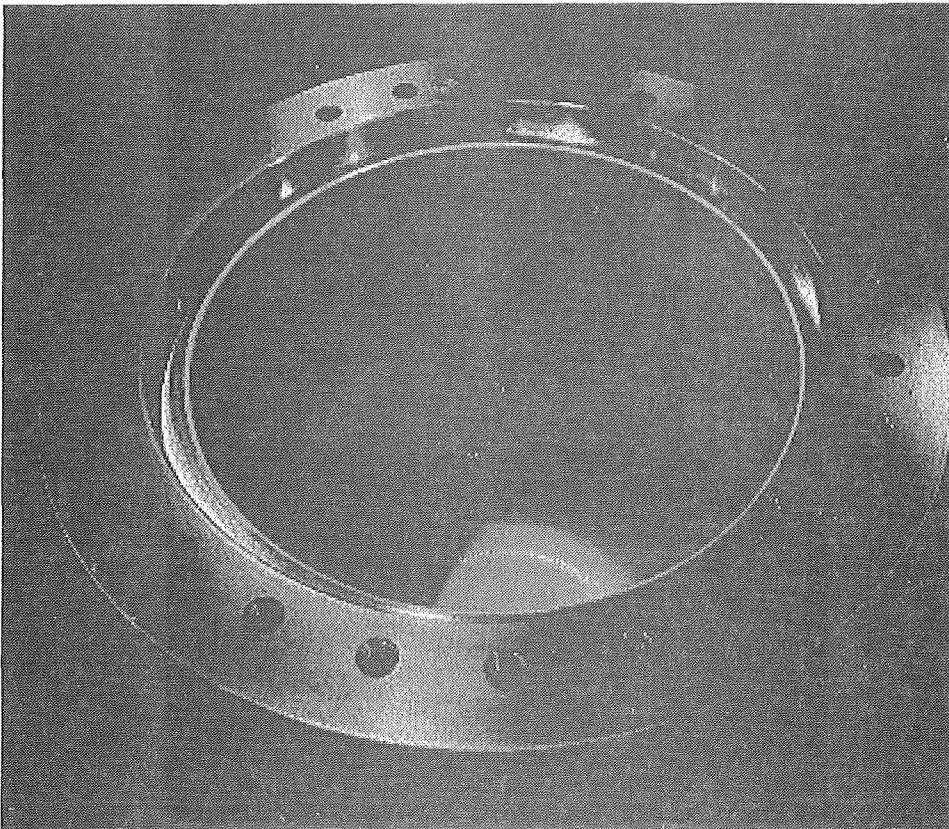
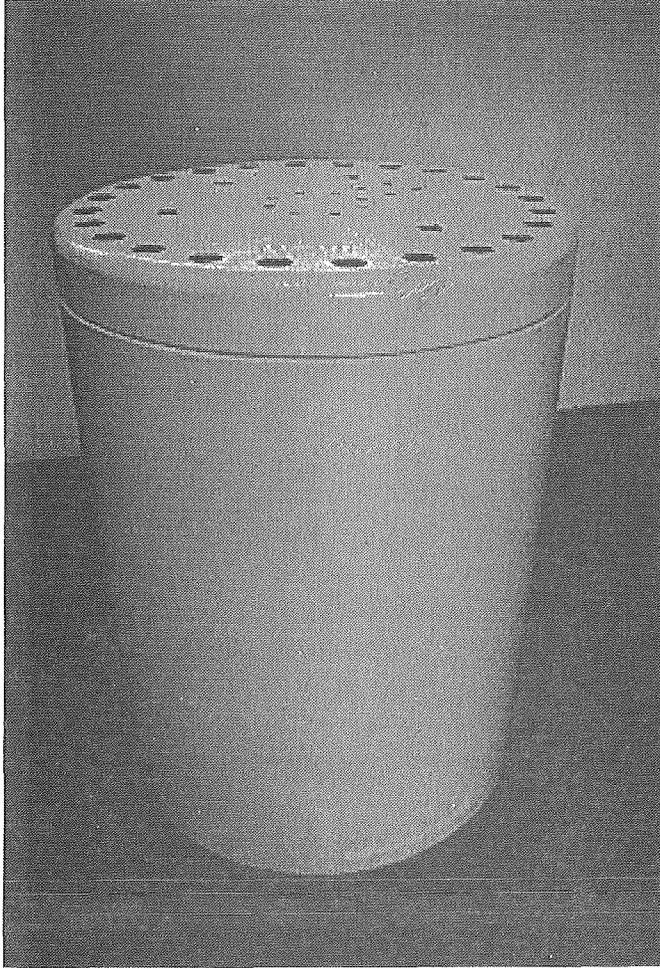


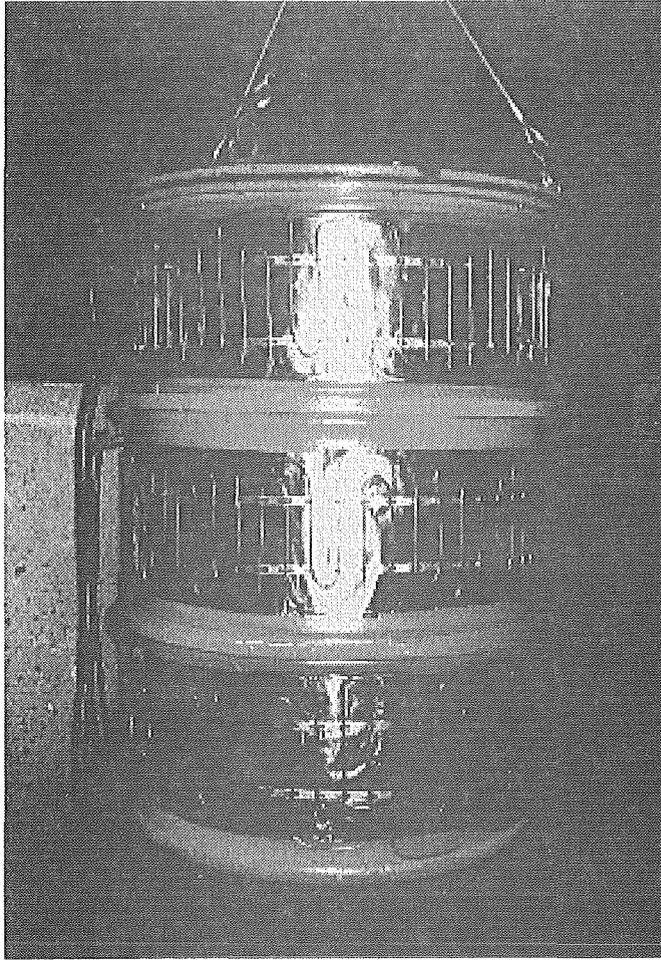


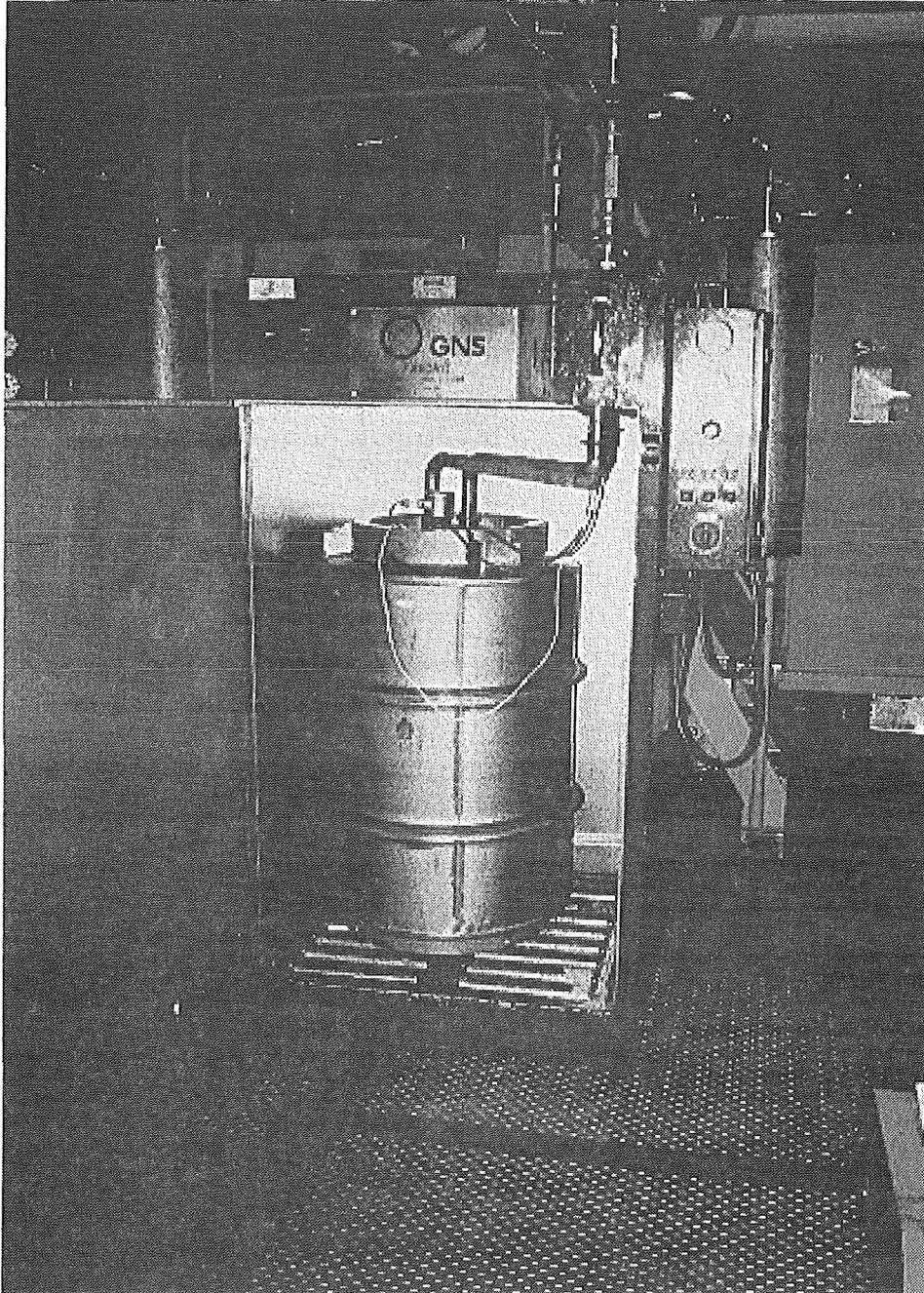


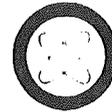
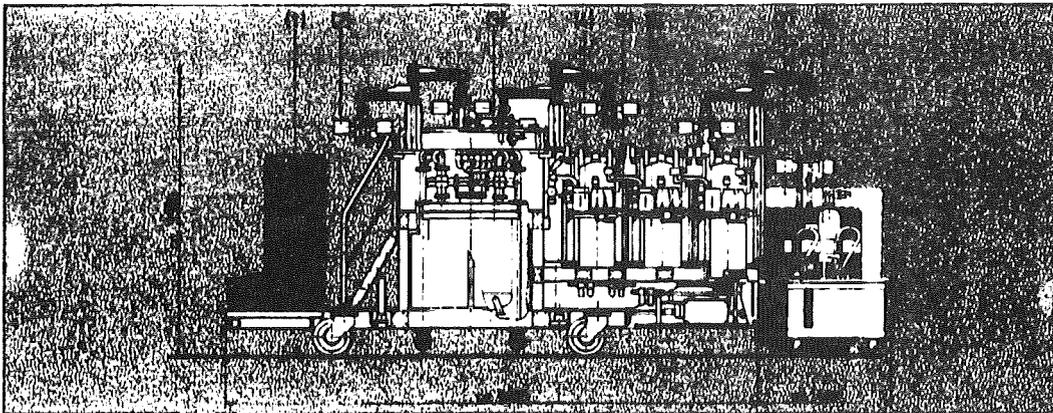










FAVORIT**GNS**

FAVORIT
Trocknungsanlage zur Volumenreduzierung flüssiger
radioaktiver Abfälle

- (1) Schalt- und Überwachungspult
Switch and control board
- (2) Behälter-Ankopplungsstation
Cask coupling station
- (3) Dosiereinrichtung
Dosing tank
- (4) Vakuumpumpe
Vacuum pump
- (5) Kondensator
Condenser

FAVORIT
Drying facility for the Volume Reduction of Liquid
Radioactive Wastes

- (6) Druckluftspeisung
Compressed air supply
 - (7) MOSAIK-Behälter mit Heizung
MOSAIK cask with heating
 - (8) Kondensat-Sammelbehälter
Condensate collecting tank
- Nicht abgebildet:
Kühlblock und Zwischenwärmetauscher
Not depicted:
Cooling block and intermediate heat exchanger

Abmessungen/Dimensions:	Länge ca. / Length approx. 6,00 m
	Höhe ca. / Height approx. 2,50 m
Gewicht / Weight:	ca. 1000 kg
Raumbedarf / Space requirement:	ca. 6,00 m x 2,50 m
Strahlendosis / Dose consumption:	ca. 1000 Gy/h
Kapazität / Capacity:	ca. 100 l/h
Gasverbrauch / Gas consumption:	ca. 100 l/h

Abkürzungen / Abbreviations: m t: Metric tonnes

Technische Daten FAVORIT

Inbetriebnahme	: IV. Quartal 1982 in KKS
Verarbeitete Abfallmenge	: > 1.200 m ³ *
Erzeugte Gebinde	: > 450
Betriebstemperatur	: ca. 35 - 45°C
Betriebsdruck	: 20 - 100 mbar (Enddruck < 50 mbar)
Eingesetzt	: für die gesamte Abfallpalette

* mit allen hier in Deutschland eingesetzten Anlagen, wobei bei externer Behandlung die Transportmenge berücksichtigt wurde.



Verfestigen von Verdampferkonzentrate durch Zementieren

Vogt/KfK-HDB

Zusammenfassung

Es werden die in der HDB durchgeführten Verfahren zur Verfestigung von Verdampferkonzentraten durch Zementieren von ihren Anfängen bis Heute dargestellt. Es folgt die verfahrenstechnische und apparative Beschreibung der in Betrieb befindlichen Zementieranlage bei HDB.

Das Erfassen, Analysieren und Konditionieren von Konzentraten nach dem Konditionierhandbuch, wie die Ermittlung von zementierspezifischen Daten zur Verfahrens- und Produktoptimierung werden erleutert.

Zum Schluß werden neue Verfahren zur Verfestigung von Konzentraten aufgezeigt, wobei die Abfallminimierung ein wichtiger Aspekt darstellt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Überblick über die im KfK erprobten Zementierverfahren	3
2. Beschreibung des Verfahrensablaufes in der Anlage	3
3. Erfüllung der Anforderungen gemäß Konditionierhandbuch	5
4. Ermittlung der chargengerechten Reststoff- und Bindemittelmengen	7
5. Ausblick	8
6. Schlußbetrachtung	8
7. Verzeichnis der Abbildungen	10

1. Überblick über die im KfK erprobten Zementierverfahren

Für das Verfestigen von flüssigen radioaktiven Reststoffen wurde bereits vor 34 Jahren mit dem Zementieren begonnen. Nach Vorversuchen kam man auf die aus dem Jahr 1968 stammende Zementiereinrichtung, in der Konzentrat und Zement in einem Mischbehälter homogenisiert und das Produkt anschließend in das Faß abgelassen wurde. Dieses Verfahren hat sich wegen der problematischen Restentleerung des Mischbehälters und der umständlichen Rührwerksreinigung nicht durchgesetzt. Die Einrichtung ist in Abb.1 zu sehen.

Aus ähnlichen Gründen mußte auch das Zementieren der Konzentrate in einem Schneckenwellenmischer trotz erheblicher Entwicklungsarbeit verworfen werden.

Die erste autarke In-Faß-Zementieranlage für Verdampferkonzentrat wurde am 25.4.77 in Betrieb genommen. Die zweite Anlage, die derzeit für die Konzentratentsorgung eingesetzt ist, läuft seit dem 20.7.87.

2. Beschreibung des Verfahrensablaufes in der Anlage

Im Anlagenfließbild (Abb. 2) sind die Hauptkomponenten der Zementierung dargestellt.

Die Anlage verfügt über zwei Rührwerksbehälter mit je 4,4 cbm Nutzvolumen. In diesen wird die Vorkonditionierung der Konzentrate (Mischen, pH-Wertkorrektur, Beprobieren) vorgenommen. Mittels Vakuum wird das Konzentrat in einen Dosierbehälter transferiert. Dieser ist an einer Waage aufgehängt, so daß eine gewichtsspezifische Portionierung vorgenommen werden kann.

Das Reststofffaß wird über ein sogenanntes "Doppeldeckelsystem" an den Boden der Abfüllzelle angedockt. Das System verhindert, daß das Faß außen kontaminiert wird, eine wesentliche Voraussetzung für das weitere Faßhandling.

Die zuverlässige Funktion des Doppeldeckelsystem war dann wohl auch der entscheidende Grund dafür, daß man wieder zum In-Faß-Rühren zurückgekehrt ist. Das Konzentrat wird über eine flexible Rohrleitung in das Faß abgelassen. Da es in der Regel randvoll mit Zementpulver gefüllt ist, muß die Konzentrateinwaage in bis zu vier batches erfolgen. Die Teilfüllungen werden bei langsamer Drehzahl (108 U/min) vorsichtig eingerührt. Abschließend wird der Faßinhalt mit hoher Drehzahl (216 U/min) bei ganz abgetauchten Rührwerk acht Minuten lang homogenisiert.

Bevor das Faß abgedockt werden kann, müssen die Dichtflächen des Doppeldeckelsystems fernbedient sorgfältig gereinigt werden.

Das Faßhandling ist in Stichworten wie folgt zu beschreiben:

- Prüfung des Zustandes und der Maßhaltigkeit (Faßbeschädigungen)
- Einwiegen der vorgegebenen Zementmenge
- Transport zur Zementierung
- Aufsetzen mittels Hubstaplers auf die Rollenbahn
- automatischer Rollenbahntransport zur Schleuse
- Einschleusen bis unter die Abfüllzelle
- Abnehmen des lose aufgelegten Deckels mittels Magnethebezeug
- Verfahren und Andocken am Doppeldeckelsystem; Öffnen desselben

- Einrühren des Konzentrats
- Abdocken und Verfahren zum Deckel auflegen und anschließend zur Verschrauberposition (verschr. des Faßdeckels)
- Verfahren in die Wägeposition und ermitteln des Gesamtgewichtes
- Bei drei Fässern je Charge: Umsetzen mittels Hebezeug auf einen Drehteller und DL-Messung am Umfang in drei Ebenen zweck Homogenitätsnachweis
- Umsetzen in das Pufferlager oder direkt in den Endlagercontainer
- Fernbedientes Verfahren des Containers
- Ausmessen des Containers (DL- und Kontaminations-Messung)
- Nach Freigabe: Verfahren des Containerwagens aus dem Gebäude.

Dort wird der Container von einem Hubstapler aufgenommen und in das HDB-Zwischenlager transportiert.

Es ist ersichtlich, daß das Faßhandling sehr zeitaufwendig und personalintensiv ist. Im Einschichtbetrieb wird eine Tagesleistung von 10 Fässern erreicht. Bei Durchschnittlich 110l Konzentrat je Faß liegt die Leistung damit bei 1,1 cbm pro Tag.

3. Erfüllen der Anforderungen gemäß Konditionierhandbuch

Das Konditionierhandbuch ist eine verbindliche Vorgabe für das Betreiben der Zementierung. Es dient dazu, die wesentlichen Betriebsbedingungen festzulegen, den zu konditionierenden Rohabfall zu beschreiben, das Abfallprodukt gemäß den Anforderungen des BfS für die Schachanlage "Konrad" einzuordnen und festzulegen wie die endlagerrelevanten Eigenschaften bestimmt werden. Die produktrelevante Prozeßinstrumentierung und die Fahrweise werden vorgeschrieben.

In der Tabelle 3 aus dem Handbuch ist der abfallproduktgruppenbezogene Prüfaufwand für die endlagerrelevanten Produkteigenschaften enthalten. Die Prüfungen Nr.3, 4, 7 und 14 sind Gegenstandslos, weil wir in der Anlage nur Innenbehälter befüllen.

Die Einhaltung der radiologischen Grenzwerte gemäß GGVS und vorläufiger Endlagerbedingungen wird über Infos im EDV-Buchführungssystem "KADABRA", in dem die Chargenanalysen hinterlegt sind, vorab geprüft. Dabei ist eine Optimierung hinsichtlich Konzentratmischung und Kosten möglich.

Durch die spezielle Konstruktion und Arbeitsweise des doppelachsigen Planetenrührwerks und eine genügend lange Rührzeit gelingt die geforderte Homogenisierung des Konzentrats im Zement ebenfalls problemlos. In "kalten" Versuchen wurde nachgewiesen, daß eine Rührzeit von 6 Minuten ausreichend ist. In der Zementierung 2 sind 8 Minuten vorgeschrieben.

Anders ist die Situation bei der Sicherstellung der sonstigen Bedingungen:

- Abbinden des Produktes ohne Wasserüberstand
- Druckfestigkeit des Produktes größer 10 N/qmm nach 28 Tagen (bei APG 05)
- Faßfüllgrad 90 bis 95% (aus wirtschaftlichen Gründen)

Die stark differierende Chemie der Mischkonzentrate hat naturgemäß ein ebenso vielfältiges Zementierverhalten zur Folge. Das Verhältnis zwischen Konzentrat- und Bindemittelgewicht, der R/B-Faktor, muß von Charge zu Charge angepaßt werden. Die ganze Bandbreite ist aus folgendem Diagramm (Abb. 4) ersichtlich.

Die R/B-Faktoren können zwischen 0,52 und 0,87 liegen. D.h. das pro 200l-Faß erforderliche Zementgewicht kann zwischen 175 und 238kg, das Konzentratgewicht zwischen 153 und 123 kg schwanken. Mit den Kombinationen gemäß Diagramm wird der Faßfüllgrad von 90% erreicht.

Oberhalb eines R/B-Faktors von 0,87 ist wegen der niedrigen Zementmenge das Nichterreichen der Mindestdruckfestigkeit zu erwarten. Der untere Grenzwert ergibt sich dadurch, daß bei 238kg das 200l-Faß zu 100% mit Zementpulver gefüllt ist.

Ist die Hydratation der Zementminerale an sich schon eine Aneinanderreihung z.T. sehr komplizierter Vorgänge, so werden die Probleme bei der Konzentratzementierung noch potenziert.

Daß dennoch inzwischen brauchbare Entscheidungshilfen für die Vorgabe der chargenspezifischen Konzentrat- und Zementmengen vorliegen, hängt mit der konsequenten Auswertung der Produktionsparameter von ca. 2000 zementierten Reststofffäßern zusammen. Im Folgenden wird die Vorgehensweise beschrieben.

4. Ermittlung der chargengerechten Reststoff- und Bindemittelmengen

Die Rahmenbedingungen zur Sicherstellung der Produkteigenschaften sahen mit Inbetriebnahme der Zementierung 2 eine schriftliche Konditionierungsfreigabe vor. Darin muß u.a. chargenbezogen die in ein 200l-Faß einzubringende Konzentrat- und Zementmenge vorgegeben werden.

Um diese Rahmenbedingungen zu schaffen, wurden für die verschiedenen Reststoffarten empirisch relative Bewertungsfaktoren ermittelt. Unter Berücksichtigung der Teilmengen kann nun über eine einfache Mischungsgleichung ein Bewertungsfaktor für die jeweils vorliegende Mischung errechnet werden.

(Abb.6) In dieser Tabelle sind die verschiedenen relativen Bewertungsfaktoren f_z aufgeführt.

Faktor 1 wurde einer mit NaOH neutralisierten salpetersauren Lösung zugewiesen, einem Konversionsabwasser aus der Pu-Extraktion. Dieser Reststoff hatte stets die gleiche, chemisch definierte Zusammensetzung und konnte immer mit einem W/Z-Faktor von 0,45 verarbeitet werden.

Durch ständige Optimierung wurden zu den Bewertungsfaktoren der Einzellösungen Berechnungsmodi für chargenspezifische Korrekturfaktoren entwickelt. Durch diese analytische Arbeit ist es möglich die chargenspezifische Reststoff- und Bindemittelmenge genügend genau vorzuberechnen. Das galt und gilt natürlich nur, wenn die chemische Zusammensetzung nicht erheblich vom üblichen abweicht.

Trotz der genannten Bestimmungshilfen bleibt es natürlich erforderlich, besonders beim ersten Probefaß einer Charge den Mischvorgang und insbesondere den Faßfüllgrad sorgfältig zu beobachten. Vor Aufnahme der Chargenproduktion muß zunächst eine Kontrolle der Probefässer vorgenommen werden, und zwar frühestens 12 Stunden nach dem Mischvorgang. Während dieser Wartezeit ist ein Temperatur-

fühler am Faßmantel angelegt. Der Temperaturverlauf wird registriert. Der Beginn des Temperaturanstieges und das Maximum lassen Rückschlüsse auf den Hydratationsverlauf zu.

Abb.8 zeigt die langfristigen Verhältnisse des Abbindevorgang. In der Zementierung wird das Temperaturmaximum in der Regel bereits nach 10 Stunden festgestellt. Es wurden bisher maximal 85°C am Faßmantel gemessen. In der Zementierung wird ausschließlich der Portlandzement PZ 45 F verwendet.

Anfänglich wurde teilweise Hydraulikkalk als Zuschlagsstoff eingesetzt. Inzwischen wird auf Zuschläge, wie z.B. Verflüssiger oder ähnliche ganz verzichtet.

5. Schlußbetrachtung

In der in Betrieb befindlichen Zementieranlage wurden fast 9000 Fässer produziert. Nur 5 davon waren nicht spezifikationsgerecht (nicht APG 02 oder 05), die meisten aus der Anfangszeit und eines nach Bruch des Rührwerkzeugs.

Derzeit werden betriebsmäßig 35% Rückstand angestrebt. Kürzlich wurde sogar eine Charge mit über 40% problemlos transferiert und zementiert.

Beide Faktoren -Optimieren und Höherkonzentrieren- führten dazu, daß mittlerweile durchschnittlich 20% mehr Trockenrückstand in ein Faß eingebracht werden können.

6. Ausblick

Im Hinblick auf die Endlagerkosten und die terminliche Situation hinsichtlich der Endlagerung bemühen wir uns verstärkt das Abfallvolumen zu minimieren. Diese Anforderung kommt natürlich uns und den Kunden, die zur Rücknahme der konditionierten Abfälle verpflichtet sind, sehr entgegen. Zwei Wege sind angedacht:

- Trocknen der Verdampferkonzentrate durch Vakuumdestillation:
Dieses Verfahren, das sich in der Anlage "Favorit" großtechnisch bewährt hat, könnte prinzipiell auch für die Verdampferkonzentrate angewendet werden. Versuche mit MAW-Simulaten in der Anlage "Petra" wurden bereits durchgeführt. Versuche mit Law-Lösungen sind geplant.
- Paralell hierzu wurden Versuche zur thermischen Behandlung von Law-Konzentrat durch Eindüsen vor die Heißgasfilter der Abgasstrecke in der Verbrennungsanlage durchgeführt. Erste Ergebnisse liegen vor. Bis zum erfolgreichen Abschluß aller Versuche bleibt die Zementierung das universelle Verfestigungsverfahren.

7. Verzeichnis der Abbildungen

Abb.1 : Zementiereinrichtung (1968)

Abb.2 : Verfahrensablauf Zementierung

Abb.3 : Prüfungen und Kontrollmaßnahmen

Abb.4 : Rohabfall- und Bindemittelmassen

Abb.5 : Hydratation bei unterschiedlichen W/Z-Faktoren

Abb.6 : Reststoffkennbuchstaben und (Zementier-) Bewertungsfaktoren

Abb.7 : Zusammenhang zwischen LAW/MAW-Mischungsverhältnissen und f_c
(Zementierbewertungsfaktor)

Abb.8 : Hydratations- und Temperaturverlauf

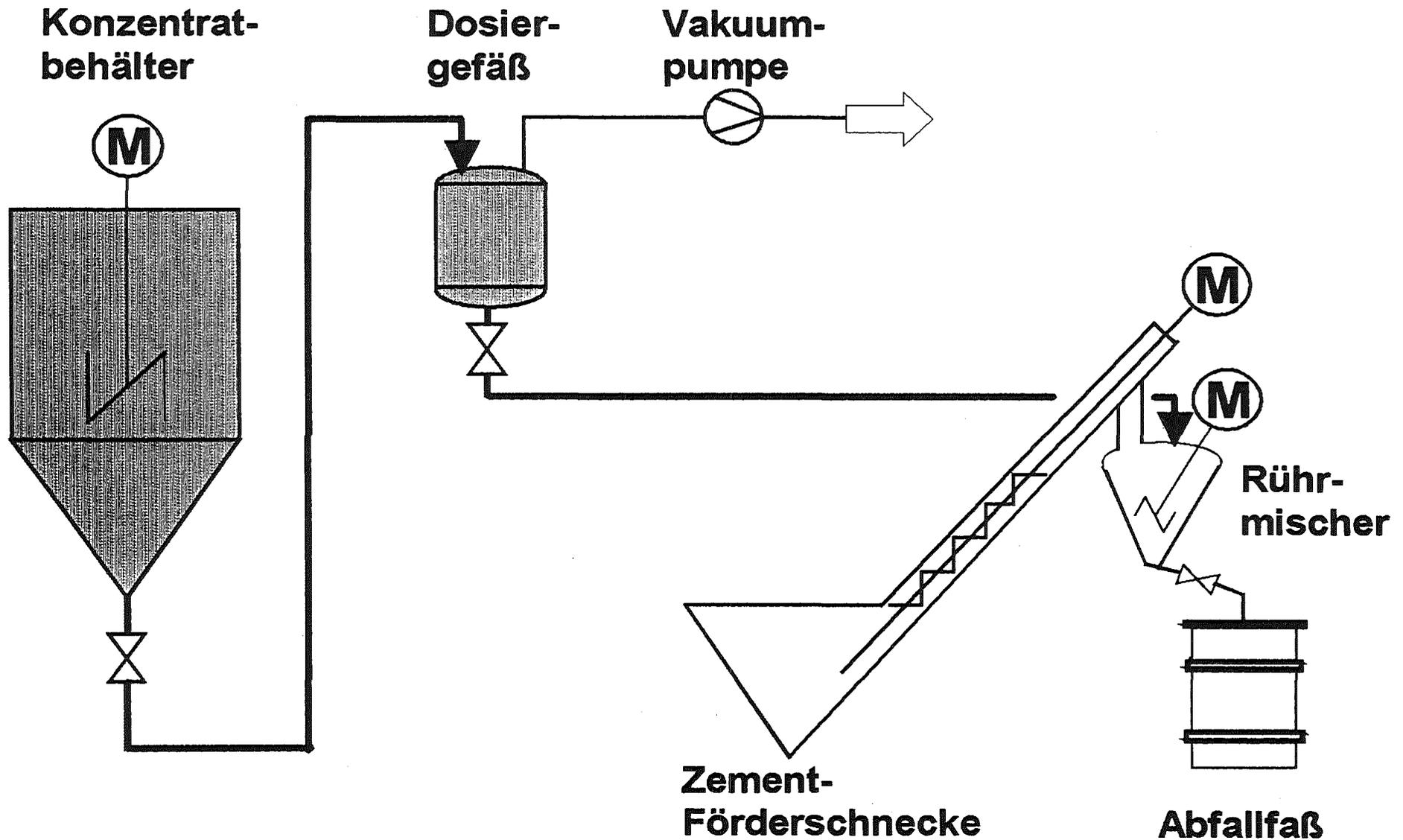
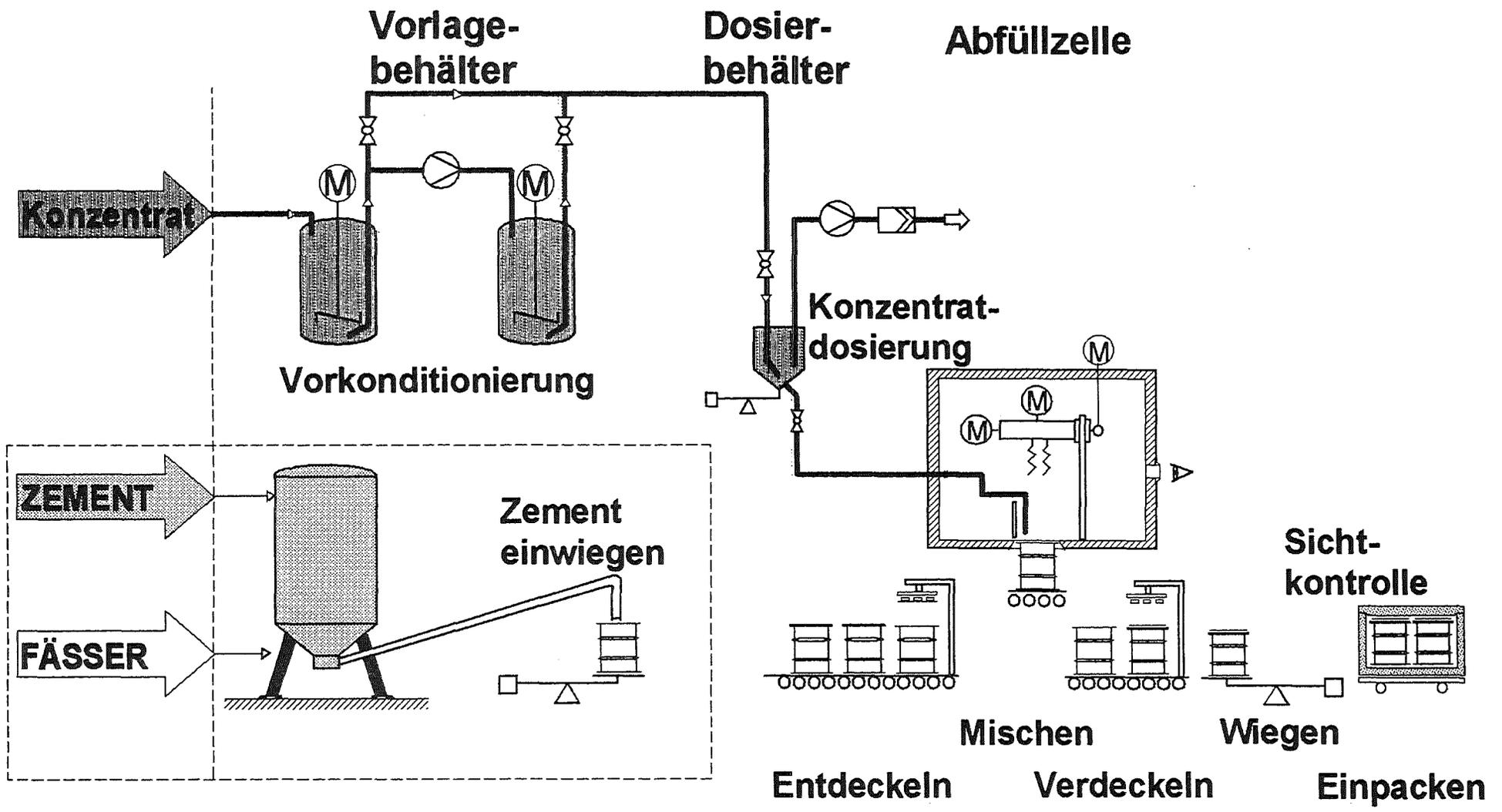
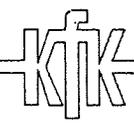


Abb. 1: Zementiereinrichtung (1968)



5.9



Funk D01_0193

Abb. 2 : Verfahrensablauf Zementierung 2

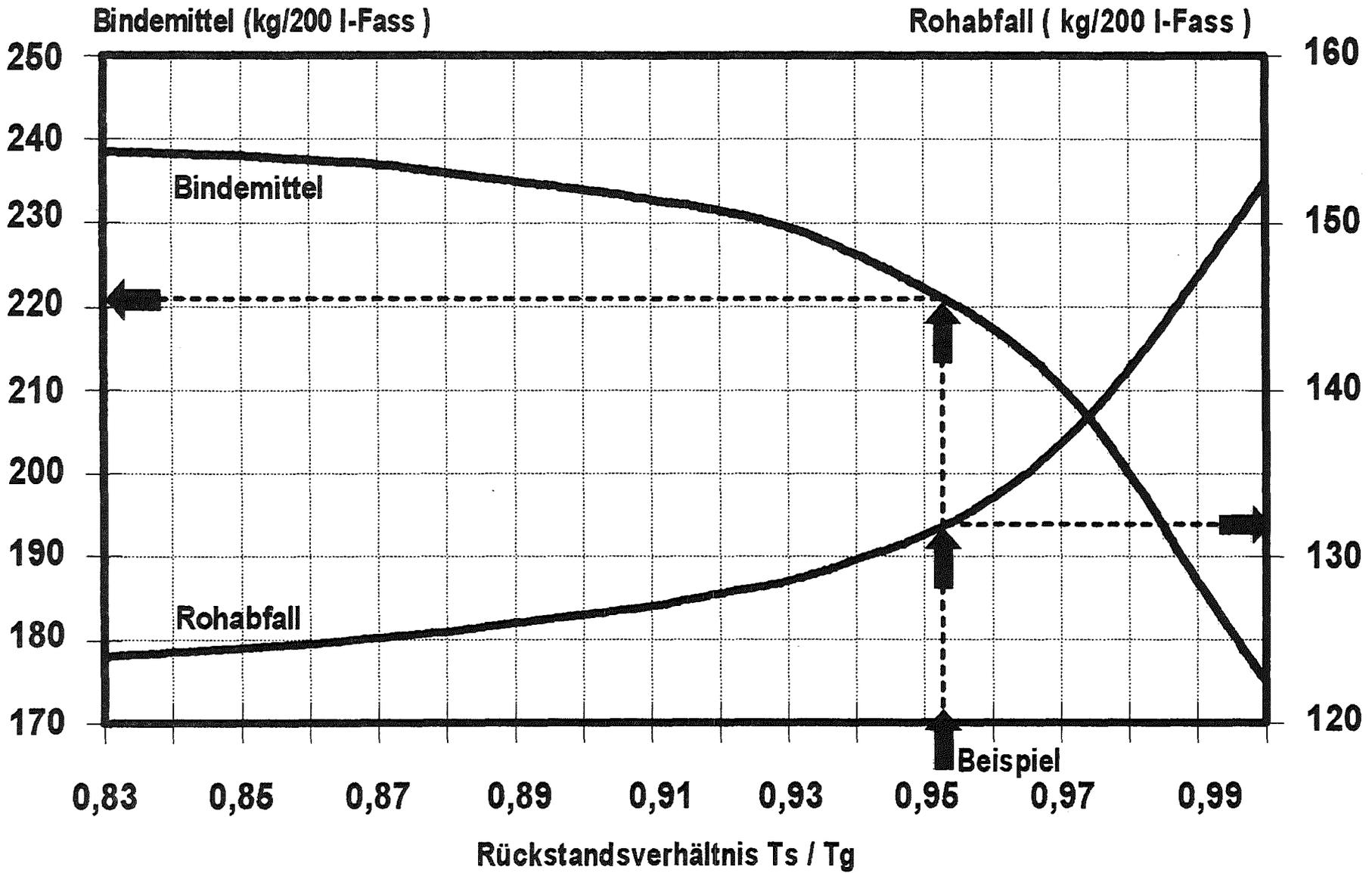
If. Nr.	Endlagerrelevante Eigenschaften	Abfallproduktgruppen		If. Nr.	Endlagerrelevante Eigenschaften	Abfallproduktgruppen	
		01	02 u.05			01	02 u.05
1	Gesamtaktivität	X	X	8	Massenverhältnis Rohabf./Fixierungsmittels/Wasser/Zuschlagstoffe	X	X
2	Aktivität relevanter Einzelnuclide	X	X				
3	Dosisleistung (Oberfl.u.in 1m Abstand)	-	-	9	Durchmischung (Konsistenz)	X	X
4	Oberflächenkont.	-	-	10	Masse	X	X
5	Chem. Zusammensetzung des Rohabfalls	X	X	11	Abbindezustand	X	X
6	Qualität (Zusammensetzung) des Fixierungsmittels	X	X	12	Wassergehalt (Restfeuchte)	-	-
7	Qualität des Behälters	-	-	13	Thermisches Verhalten	-	-
				14	Stapelbarkeit	-	-

5.10



Funk. D01-0483/17

Abb.3: Prüfungen und Kontrollmaßnahmen (Auszug)



5.11

Abb. 4: Rohabfall- und Bindemittel RB-Neu

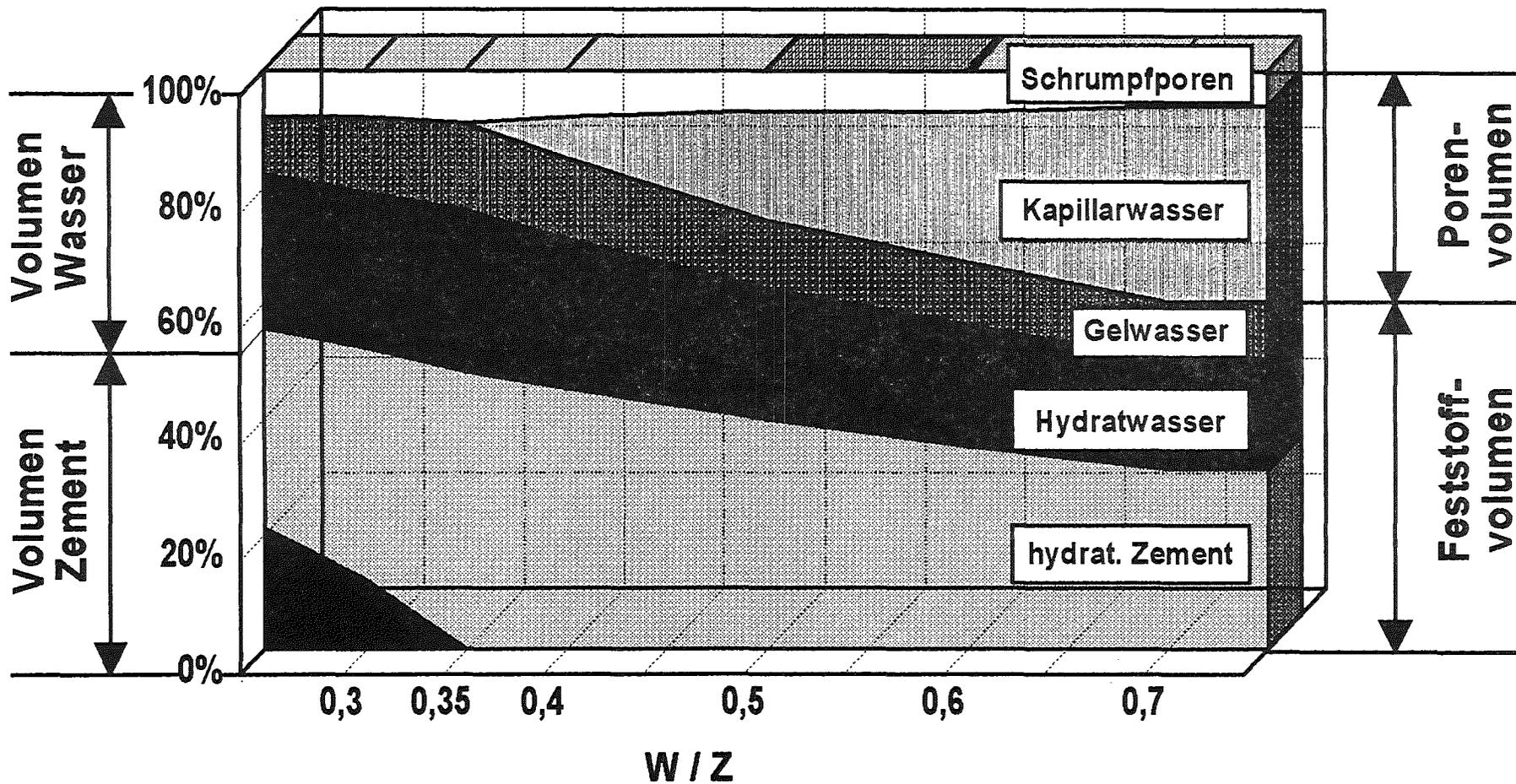
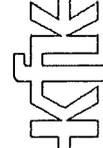
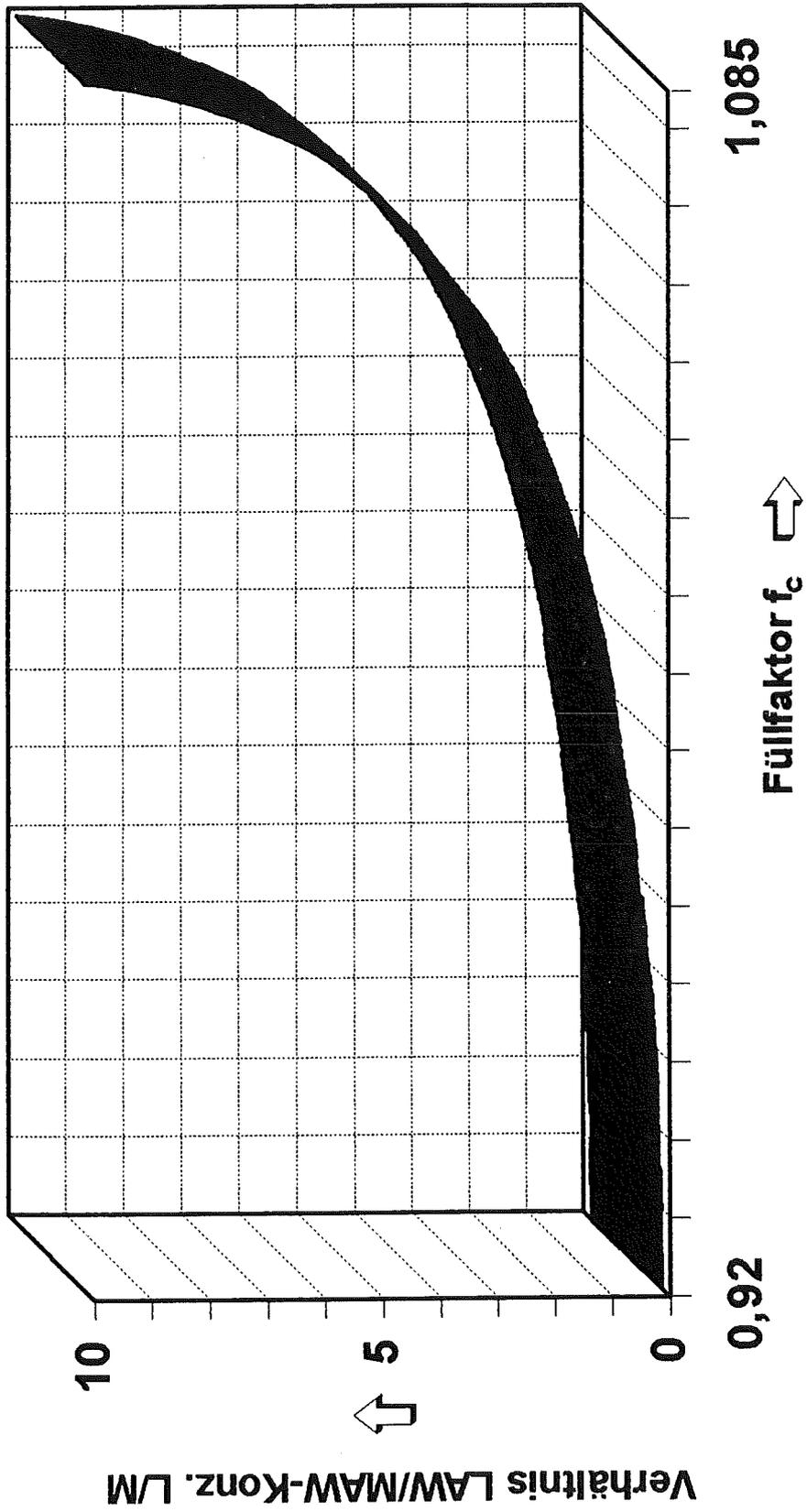


Abb. 5: Hydratation bei unterschiedlichen W / Z-Faktoren (Vol %)

Reststoffart	Relative Bewertungs- faktoren
Addukt (TBP/H ₃ PO ₄)	0,88
Boratkonzentrat	0,75
Pu-Konversionsabwasser	1,00
LAW-Konzentrat	0,84
MAW-Konzentrat	1,10
Phosphorsäure	1,15
Sodalösung	1,25
WAK-Labor-MAW	0,90

Abb.6: Reststoffarten und Bewertungsfaktoren f_z (Stand 09/88)



Funk D01_0693

Abb. 7: Zusammenhang zwischen L/M und f_M

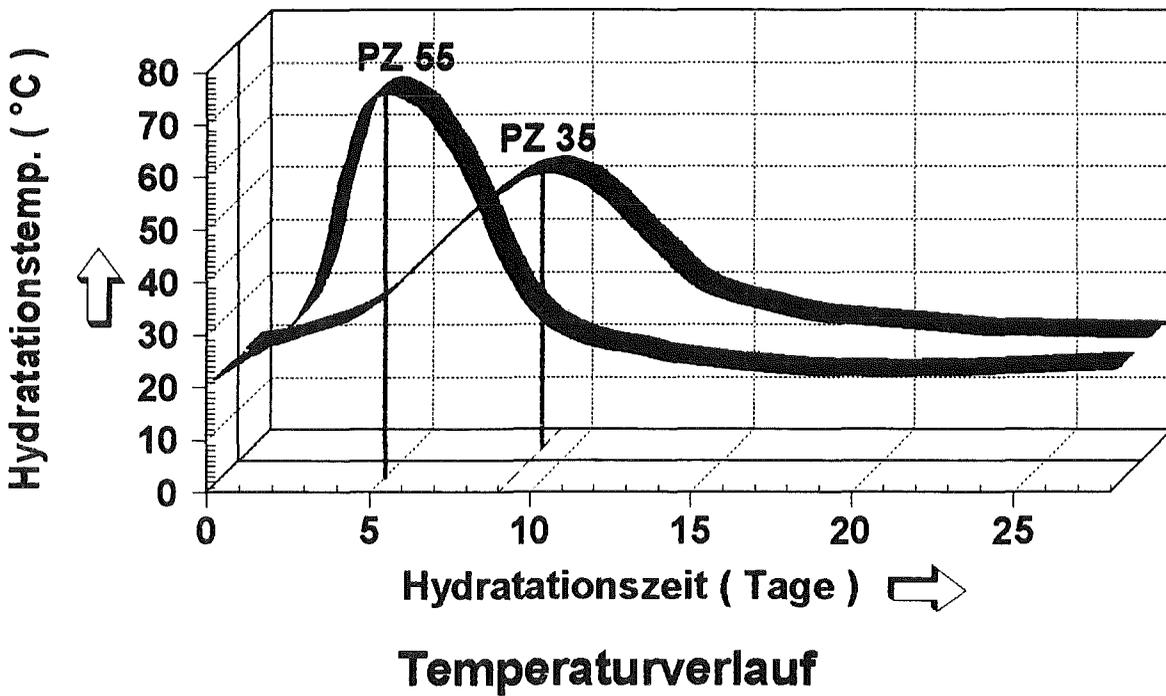
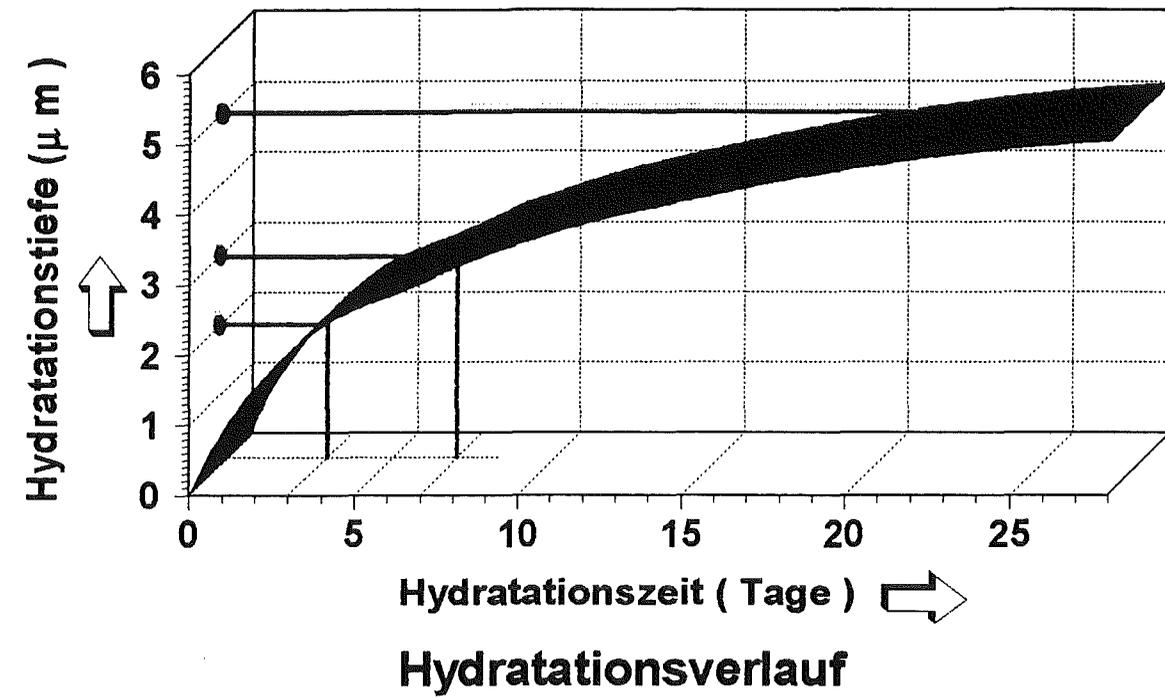


Abb. 8: Hydratations- u. Temperaturverlauf

Technischer Stand und Weiterentwicklung der HDB Verbrennungsanlagen

F. Dirks

Zusammenfassung

Seit 1972 betreibt die HDB Anlagen zur Verbrennung radioaktiv kontaminierter Reststoffe. Die Anlagen dienen der Entsorgung der KfK, der Landessammelstelle Baden-Württemberg und -bei freier Kapazität- Vertragspartnern aus anderen Bundesländern. In dem vorliegenden Bericht werden die Zusammensetzung und die Herkunft der radioaktiven Reststoffe, sowie die Verarbeitungsmöglichkeiten und Anlagenkapazitäten beschrieben. Der jetzige technische Stand der Anlagen wird dargestellt und die bis Dezember 1996 zu treffenden technischen Ergänzungen zur Erfüllung der Vorgaben der TA-Luft und 17. BimSchV werden erläutert.

Technischer Stand und Weiterentwicklung der HDB Verbrennungsanlagen

1. Einleitung

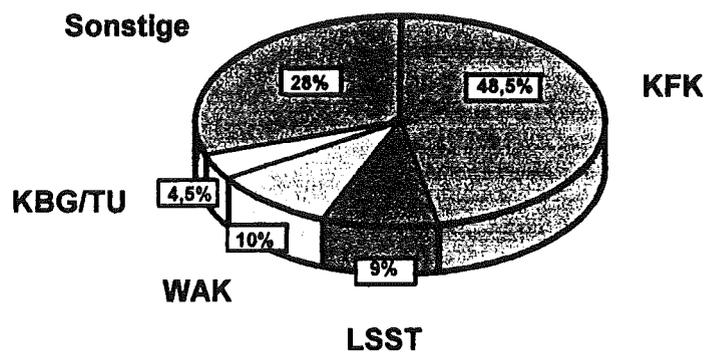
Ein zentraler Bereich der HDB ist die Verbrennung fester und flüssiger radioaktiv kontaminierter Reststoffe. Ziel dieser thermischen Behandlung ist die Volumenreduzierung der Reststoffe in Verbindung mit der Herstellung endlagerfähiger Abfallprodukte.

Einzuhaltende Randbedingungen sind:

- Die Genehmigung der HDB nach §9 ATG
- Die Genehmigung nach dem Bundes- Immissionsschutzgesetz
- Interne Dienst- und Betriebsanweisungen

Anlieferer von brennbaren kontaminierten Reststoffen sind im wesentlichen:

- Sämtliche mit radioaktiven Stoffen umgehende Organisationseinheiten des KFK.
- Die Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe bzw. das Projekt Stilllegung WAK.
- Die Landessammelstellen verschiedener Bundesländer.
- Verschiedene Institutionen und Firmen, auch Universitäten, Kernkraftwerke und Brennelementfabriken.



Anlieferung 1992 insgesamt 1155 m³

Abb.1 : Anlieferer von Reststoffen

Die aus sehr unterschiedlichen Forschungs- und Produktionsbereichen angelieferten radioaktiven Reststoffe weisen große Unterschiede in der radioaktiven Kontamination und der chemischen Zusammensetzung auf.

Eine durchschnittliche Zusammensetzung von angelieferten festen Reststoffen ist in Abb. 2 dargestellt.

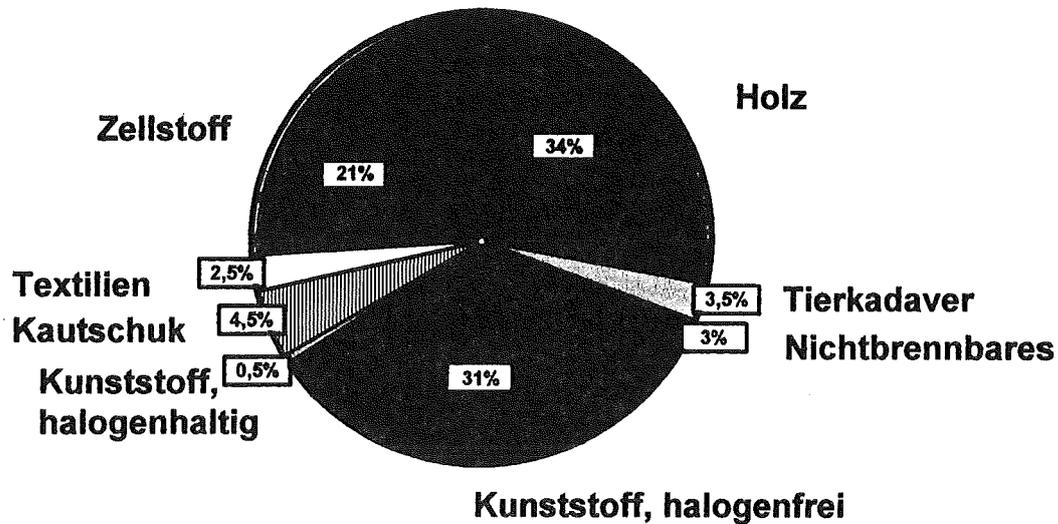


Abb.2: Zusammensetzung der Reststoffe

Zur Verarbeitung der brennbaren festen und flüssigen Reststoffe werden in der HDB drei Verbrennungsanlagen betrieben:

	Dimension	BETA/ GAMMA VERBRENN.	ALPHA- VERBRENN.	LÖSE- MITTEL- VERBRENN.
KAPAZITÄT	kg/h	40 - 50	40 - 50	25 - 30
ZUL. ALPHA-AKT.	Bq/m ³	5 E+07	5 E+10	5 E+09
ZUL. BETA-AKT.	Bq/m ³	1 E+10	1 E+12	1 E+11
INBETR.NAHME	JAHR	1971	1989	1988
BETRIEBSZEIT	h	> 65.000	> 13.000	> 9.000

Tab. I: KFK- Verbrennungsanlagen

Die Anlage für BETA / GAMMA kontaminierte feste Reststoffe ist für einen Durchsatz von 40 - 50 kg/h ausgelegt. Reststoffe mit einer

Alpha - Aktivität bis zu $5 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3$ und einer
Beta - Aktivität bis zu $1 \cdot 10^{10} \text{ Bq/m}^3$ ohne
Berücksichtigung von H-3

können ohne Einschränkung verarbeitet werden.

Die Anlage ging 1971 in Betrieb, wurde ständig dem neuesten Stand der Technik angepaßt und hat bis heute mehr als 65.000 Betriebsstunden erreicht.

Die Anlage für die Verbrennung von festen Alpha- kontaminierten Reststoffen ist ebenfalls für 40 - 50 kg/h ausgelegt. Reststoffe mit einer

Alpha - Aktivität bis zu $5 \cdot 10^{10} \text{ Bq/m}^3$ und einer
Beta - Aktivität bis zu $1 \cdot 10^{12} \text{ Bq/m}^3$ ohne
Berücksichtigung von H-3

können ohne Einschränkung verarbeitet werden. Diese Anlage ging 1989 in Betrieb und hat bisher mehr als 13.000 Betriebsstunden erreicht.

Die Verbrennungsanlage für flüssige kontaminierte Reststoffe besitzt eine Kapazität von 25 - 30 kg/h. Reststoffe mit einer

Alpha - Aktivität bis zu $5 \cdot 10^9 \text{ Bq/m}^3$ und einer
Beta - Aktivität bis zu $1 \cdot 10^{11} \text{ Bq/m}^3$ ohne
Berücksichtigung von H-3

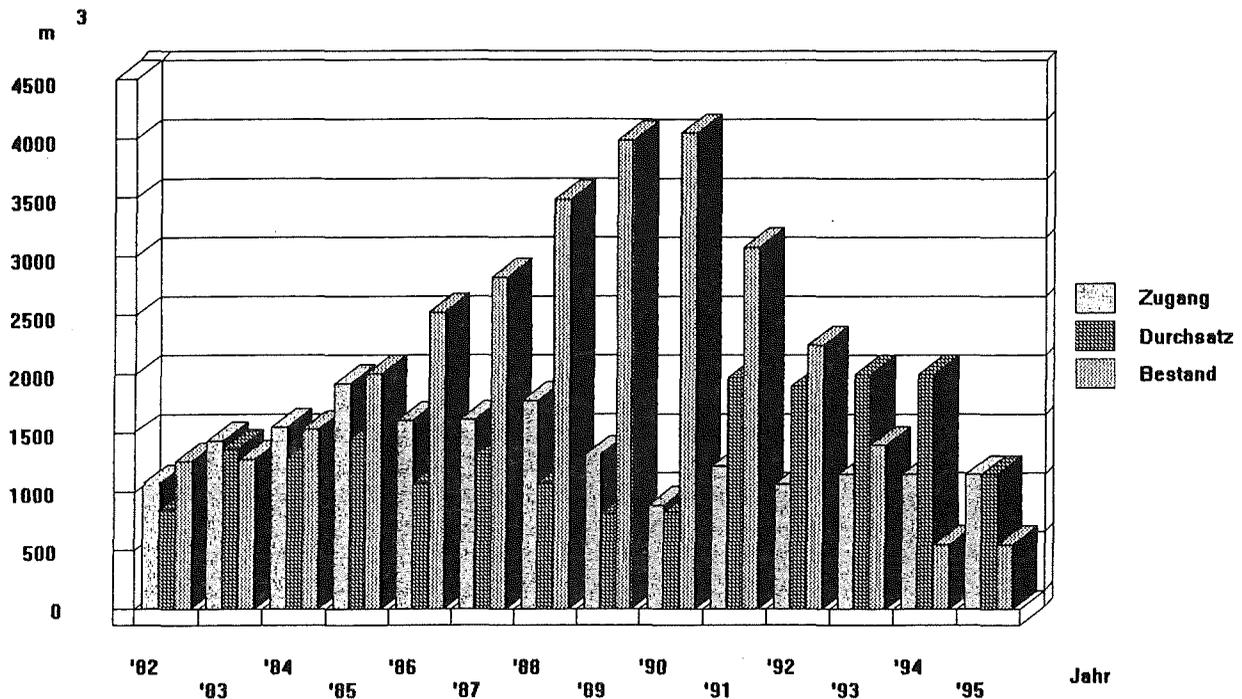
können ohne Einschränkung verbrannt werden. Seit 1988 hat diese Anlage mehr als 9.000 Betriebsstunden erreicht.

Wesentliche Konstruktions- und Verfahrensmerkmale des KFK Verbrennungssystems sind u.a.

- Inhärent sicheres Verhalten der Anlage bei Störungen der Energie- und Medienversorgung, sowie bei Fehlbedienung.
- Konsequenz auf Sicherheit ausgelegte MSR- Technik
- Robuste und einfache Konstruktion, bedienungs-, wartungs- und reparaturfreundlich.
- Geringe Dosisbelastung und Kontaminationsgefährdung des Betriebspersonals.

Diese Merkmale haben zum kontinuierlichen Betrieb der letzten 22 Jahre beigetragen und zu einer internationalen Anerkennung und Anwendung dieses Systems geführt. Lizenznehmer für das KFK- Verfahren sind die japanische Firma NGK und die deutsche Firma NUKEM. In Japan sind bereits 23 Anlagen nach dem KFK- System gebaut und werden sehr erfolgreich betrieben.

In der Schweiz und Österreich sind jeweils 1 Anlage älterer Bauart in Betrieb. In Osteuropa, insbesondere in der Tschechei, Slowakei, Rußland und der Ukraine sind Anlagen nach dem KFK- Prinzip in Planung bzw. in Bau.



	cbm/a													
	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Zugang	1073	1436	1553	1921	1608	1618	1775	1318	887	1217	1108	1150	1150	1150
Durchsatz	549	1530	1290	1455	1662	1317	1090	813	627	1078	1557	2000	2000	1150
Bestand	1259	1280	1536	2003	2524	2625	3480	3985	4045	3062	2286	1430	580	580

Abb.3: Zugang /Durchsatz/Bestand

Die Abbildung 3 zeigt den Zugang, Durchsatz und Lagerbestand von festen brennbaren Reststoffen ab dem Jahre 1982. Der bis an die Kapazitätsgrenze reichende Lagerbestand in den Jahren 1988 bis 1991 ist zurückzuführen auf:

- Die um 3 Jahre verzögerte Inbetriebnahme der Alpha- Verbrennungsanlage
- Die nicht vorhersehbaren notwendig gewordenen Sofortmaßnahmen zur Reduzierung der Dioxin- und Furanemissionen.

Seit Inbetriebnahme der ersten Verbrennungsanlage wurden insgesamt ca. 26.200 m³ feste radioaktiv kontaminierte Reststoffe verbrannt und zu einem Endabfallvolumen von ca. 400 m³ reduziert. Die Gesamtmenge der bisher verarbeiteten flüssigen kontaminierten Reststoffe beträgt ca. 700 m³. Das zu erwartende Reststoffaufkommen für die kommenden Jahre liegt bei ca. 1150 m³ Feststoffen und ca. 50 m³ Lösemitteln pro Jahr.

Ab 1996 kann die Entsorgungssicherheit am Standort und bei den Landessammelstellen durch den Betrieb einer Feststoffverbrennungsanlage und einer Lösemittelverbrennungsanlage aufrechterhalten werden. Ein Weiterbetrieb der BETA- Anlage über diesen Zeitpunkt hinaus ist aus technischer und genehmigungstechnischer Sicht möglich, wird jedoch vom Bedarf abhängig gemacht.

2. Verfahrensbeschreibung

Im folgenden soll am Beispiel der Alpha- Verbrennungsanlage die Verfahrenstechnik des KFK Verbrennungssystem erläutert, der jetzige technische Stand dargestellt und die bis 1996 gesetzlich vorgeschriebene Ergänzung aufgeführt werden.

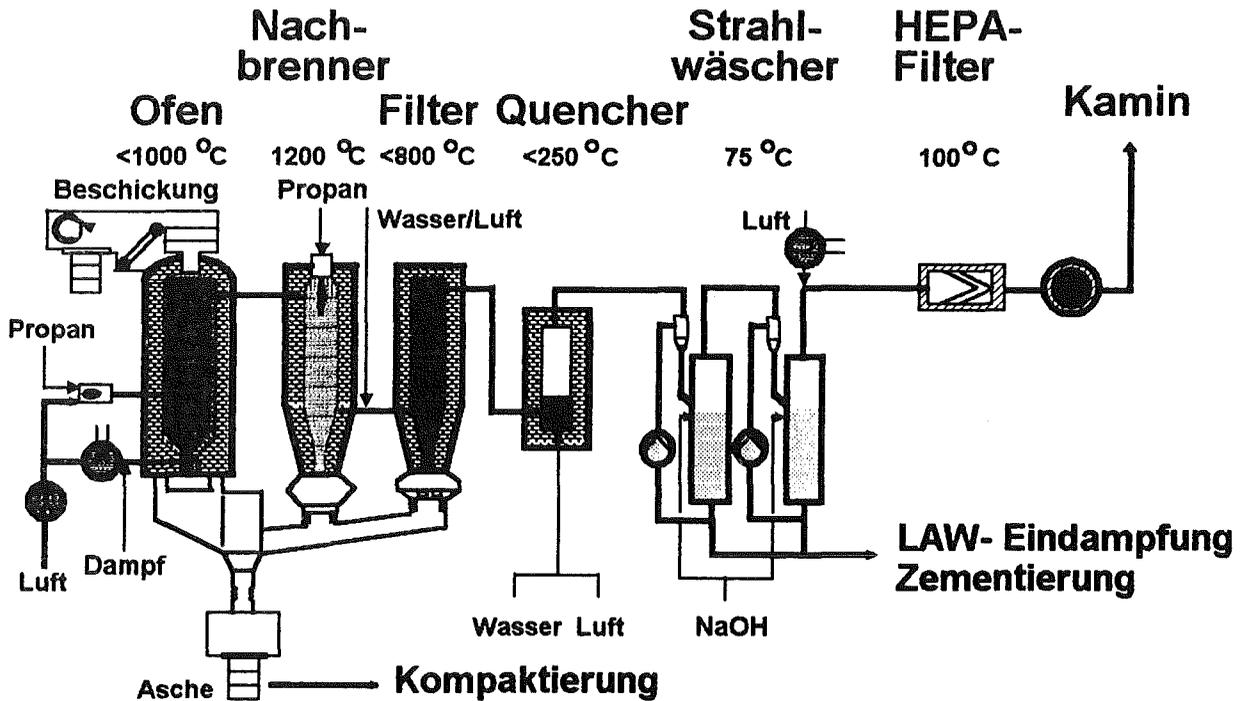


Abb.4: Anlagensystem Alpha- Anlage „ISTSTAND“

Die KFK- Anlage wird bestimmungsgemäß im 3- Schicht Betrieb an 5 Tagen pro Woche und ca. 36 Wochen pro Jahr betrieben.

Sie besteht aus folgenden Teilsystemen:

- 2.1 Beschickung
- 2.2 Verbrennung und Nachverbrennung
- 2.3 Heißgasfiltrierung
- 2.4 Rauchgaswäsche
- 2.5 Feinfiltrierung und Unterdruckhaltung
- 2.6 Ascheaustrag
- 2.7 Emissionsüberwachung

2.1 Beschickung

Schachtofen und Nachbrennkammer werden vor Beginn der Beschickung auf $>850\text{ °C}$ mittels Propangasbrenner aufgeheizt. Die Reststoffe werden in 200 ltr. Fässern angeliefert, über ein Doppeldeckelsystem in die Kontrollbox eingeschleust und der Beschickung zugeführt.

Der

Beschickungsvorgang läuft automatisch und diskontinuierlich ab. Der Ofen wird mit ca. 3 - 6 kg schweren Reststoffgebänden, abhängig von der Ofentemperatur, dem Unterdruck im Ofen, dem Sauerstoff- und Kohlenmonoxidgehalt der Rauchgase beschickt. Zur Temperaturregelung des Glut- und Aschebettes wird Dampf mit der Verbrennungsluft über die Unterwindzufuhr eingeblasen.

2.2 Verbrennung und Nachverbrennung

Die Verbrennungstemperatur im Ofen liegt zwischen 800 °C im unteren und ca. 1000 °C im mittleren Bereich des Ofens. In der Nachbrennkammer werden noch unverbrannte Rauchgase nachverbrannt. Ein mit Propangas betriebener Stützbrenner hält die in der Betriebsgenehmigung festgelegte Mindesttemperatur. Temperatur, Sauerstoff und Kohlenmonoxid der Rauchgase werden am Austritt der Nachbrennkammer gemessen. Vor Eintritt in die keramischen Heißgasfilter werden die Rauchgase durch Eindüsung von vollentsalztem Wasser oder alternativ durch Frischluftbeimischung auf $< 850\text{ °C}$ gekühlt.

2.3 Heißgasfiltrierung

Die keramischen Heißgasfilter dienen der Staubabscheidung und als weitere Nachverbrennungszone. Die Standzeit dieser als Sekundärabfall zu entsorgenden Heißgasfilter liegt zwischen 2500 und 3000 Betriebsstunden.

2.4 Rauchgaswäsche

Nach dem Passieren der Heißgasfilter werden die Rauchgase durch Eindüsen von vollentsalztem Wasser auf $< 250\text{ °C}$ abgekühlt. Das Auswaschen von HCl und Schwermetallen erfolgt in der 1. Wäscherstufe, SO_2 wird in der 2. Wäscherstufe zurückgehalten.

In Abhängigkeit von der Dichte wird die Waschflüssigkeit diskontinuierlich ausgetauscht und als Sekundärabfall der LAW- Abwasserbehandlung zugeführt.

Im Rahmen eines TT- Projektes werden z. Zt. Versuche mit dem Ziel, diese Abwässer im Heißgasfilter der Verbrennungsanlage zu verdampfen, durchgeführt.

2.5 Feinfiltration und Unterdruckhaltung

Vor Eintritt in die Schwebstofffilter werden die bei ca. 75 °C gesättigten Abgase auf ca. 100 °C erwärmt, um ein Feuchtwerden der Schwebstofffilter zu vermeiden. Die Filtergehäuse sind mit hochfesten Kompaktvorfiltern der Klasse EU8 und Nachfiltern der Sonderklasse S bestückt. Ein Saugzugventilator hält die gesamte Anlage bis hin zum Beschickungssystem unter Unterdruck und fördert die Abgase in den 70 m hohen Kamin.

2.6 Ascheaustrag

Für 2 Stunden pro Tag unterbleibt die Beschickung. In dieser Zeit wird die Asche aus dem Ofen ausgetragen. Die Asche wird in Preßtrommeln abgefüllt und mittels 200 ltr. Faß und Doppeldeckelsystem kontaminationsfrei ausgeschleust. Die Hochdruckverpressung erfolgt chargenweise zu einem späteren Zeitpunkt.

2.7 Schadstoffüberwachung

Das gereinigte Abgas aller 3 Verbrennungsanlagen wird über einen gemeinsamen, 70 m hohen Kamin, vermischt mit der Gebäudeabluft, abgegeben. Die Kaminabluft wird auf radioaktive und chemische Schadstoffe beprobt und überwacht.

2.7.1 Überwachung radioaktiver Emissionen

Die Gesamt Alpha-, Beta- und Tritium- Aktivität wird kontinuierlich gemessen und in der Schaltwarte auf einem Kontrollmonitor angezeigt. Für die amtliche Überwachung werden volumenstromabhängig Sammelproben gezogen und auf Alpha-, Beta-, Tritium-, Jod- und Kohlenstoff 14- Aktivität ausgewertet.

	Alpha u. Beta Aerosole	Tritium	Kohlen- stoff 14	Jod
Kontinuierliche Messung	ja	ja	nein	nein
Anzeige in Schaltwarte und an der Meßstation	ja	ja	nein	nein
Auswertung einer Sammelprobe	ja	ja	ja	ja
Glasfaserfilter	ja	nein	nein	nein
Spez. Aktivkohle	nein	nein	nein	ja
Spez. Absorbens	nein	ja	ja	nein
Auswertung täglich	ja	nein	nein	nein
Auswertung wöchentlich	nein	ja	ja	ja
Auswertung monatlich	nein	ja	ja	ja
Sonderbeprobung möglich	ja	ja	ja	ja

Tab. II: radioaktive Überwachung

2.7.2 Überwachung chemischer Emissionen

Für die Überwachung und Registrierung von Emissionen chemischer Schadstoffe stehen zwei kontinuierlich arbeitende Meßsysteme, jeweils eine für die Feststoffverbrennungsanlagen und eine für die Lösemittelverbrennungsanlage zur Verfügung.

Staub	Kontinuierliche Messung und Anzeigen der - Momentanwerte - Halbstundenwerte - Tageswerte
Chlorwasserstoff	
Schwefeldioxid	
Kohlenmonoxid	
Stickoxide	
Ges. Kohlenstoff	
Quecksilber	Sonderbeprobung 2x jährlich
Cadmium + Thallium	
andere Schwermetalle	
Dioxine + Furane	

Tab. III: Chemische Emissionsüberwachung

Kontinuierlich gemessen werden:

- Staub
- anorganisch gebundenes Chlor (angegeben als HCl)
- Schwefeldioxid (SO₂)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickoxide (NO_x) und
- Gesamt- Kohlenwasserstoffe (Ges. C)

Zusätzlich dazu werden die Abgasströme aller 3 Verbrennungsanlagen zweimal jährlich von einer unabhängigen Institution beprobt und auf

- Quecksilber
- Cadmium und Thallium
- andere Schwermetalle
- Dioxine und Furane

hin analysiert. Die Werte werden bezogen auf 0 °C, 1013 hPa, trocken und normiert auf 17 bzw. 11% Sauerstoff.

Substanzen	Dimension	Gemessene Konzentrationen pro 0,5h	Konzentrationsgrenzwerte	
			pro 0,5h	pro 24h
Staub	mg/m ³	1 - 5	30	10
Chlorwasserstoff	mg/m ³	2 - 11	60	10
Schwefeldioxid	mg/m ³	16 - 17	200	50
Kohlenmonoxid	mg/m ³	26 - 60	100	50
Stickoxide	mg/m ³	169 - 245	400	200
Ges. Kohlenstoff	mg/m ³	8 - 12	20	10
Quecksilber	myg/m ³	34 - 240 ¹⁾	-	50 ¹⁾
Cadmium + Thallium	myg/m ³	2 - 8 ¹⁾	-	50 ¹⁾
andere Schwermetalle	myg/m ³	61 - 146 ¹⁾	-	500 ¹⁾
Dioxine + Furane	ng/m ³	11 - 19 ¹⁾	-	<0,1 ¹⁾
1) während der Probennahmezeit				
0 °C, 1013 hPa, trocken, 11% O ₂		Gemessene Werte 1992	Grenzwerte gültig ab 1996	

Tab IV: Schadstoffkonzentration im Abgas

Die Tabelle IV zeigt:

- Eine Auflistung von chemischen Schadstoffen
- Unter Normbetriebsbedingungen gemessene Konzentrationen dieser Schadstoffe und
- die ab 1996 auch für Altanlagen gültigen Konzentrationsgrenzwerte dieser Schadstoffe.

Aus der Tabelle IV ist ersichtlich, daß Emissionsminderungen für die Schadstoffe Kohlenmonoxid (CO), Gesamtkohlenstoff (Ges. C) und Stickoxide wünschenswert, für Dioxine und Furane, sowie für Quecksilber unbedingt erforderlich sind.

Der Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben gemäß TA Luft und 17 BimSchV haben wir folgendes verfahrenstechnischen Konzept zugrunde gelegt:

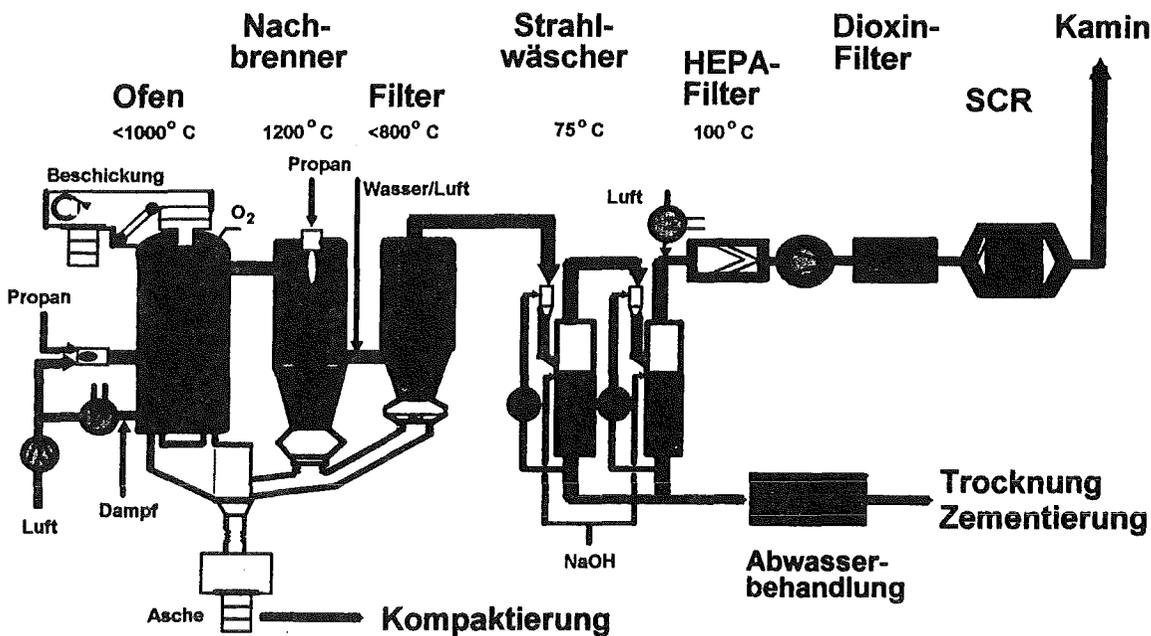


Abb.5: Anlagensystem Alpha- Anlage "NEU"

Die Reduzierung der Kohlenmonoxid- und Gesamtkohlenstoff- Emissionen wird erreicht durch:

- Verbesserung des Ausbrandes durch höhere Temperaturen im Ofen und der Nachbrennkammer.
- Ausreichende Verweilzeiten und gute Durchmischung der Verbrennungsgase.

Maßnahmen dazu sind:

- Zudosierung von reinem Sauerstoff in den Ofen zu Beginn eines jeden Beschickungsvorganges.
- Installation einer größeren Nachbrennkammer, ausgelegt auf ca. 1300°C .
- Betrieb des Nachbrenners mit einem Gemisch aus Propangas und auf 25% Sauerstoff angereicherter Verbrennungsluft.

Diese Primärmaßnahmen zur Optimierung des Verbrennungsprozesses führen gleichzeitig zu einer Minimierung von Dioxin- und Furanemissionen. Der ab 1996 gültige Konzentrationsgrenzwert von $<0,1 \text{ ng/m}^3$ läßt sich jedoch nach heutigem Stand der Technik nur mit einem Dioxinfilter oder einer katalytischen Zerstörung der Dioxine und Furane sicher erreichen.

Die HDB erprobt zur Zeit ein Festbettfilter auf Aktivkohlbasis. Versuchsergebnisse werden bis Jahresende vorliegen. Dann wird entschieden werden können, welches Verfahren den Vorrang erhält.

Die Erhöhung der Verbrennungstemperaturen hat zwangsläufig eine Steigerung der Stickoxid-emissionen zur Folge. Für die Reduktion von Stickoxiden hat sich die "Selektive katalytische Reduktion" (SCR - "Selective Catalytic Reduction") mit Ammoniak (NH_3) als Reduktions-mittel eindeutig durchgesetzt. Für die HDB- Verbrennungsanlagen wird der Einsatz dieses Verfahrens geprüft.

Die Quecksilberabscheidung erfolgt, abhängig vom pH- Wert, in der 1. Wäscherstufe. Die Waschflüssigkeit wird abhängig vom Salzgehalt diskontinuierlich ausgetauscht und soll ab 1996 in einer Abwasseraufbereitungsanlage einer Nachbehandlung unterzogen werden.

Hauptverfahrensschritte sind:

- Neutralisation
- Fällung und
- Filtration

Feststoffe und Schwermetalle verbleiben im Filtrat und können z.B. durch weiteres Trocknen oder Zementieren entsorgt werden.

Die beschriebenen Erweiterungsmaßnahmen

- Optimierung der Brenn- und Nachbrennkammer
- Maßnahmen zur Dioxinminimierung
- Maßnahmen zur NO_x - Reduktion und
- Installation einer Waschwasserbehandlungsanlage

müssen bis März 1996 realisiert werden, um einen Weiterbetrieb der Anlage entsprechend den gesetzlichen Vorgaben zu ermöglichen. Bezogen auf die Alpha- Verbrennungsanlage, ist mit einem Kostenaufwand von ca. 6 Millionen DM und einem Zeitaufwand von ca. 1 Jahr zu rechnen.

3. Zusammenfassung:

Die Betriebsergebnisse der Verbrennungsanlagen der HDB in den vergangenen 22 Jahren erlauben folgende Aussage:

Die thermische Behandlung radioaktiv kontaminierter brennbarer Reststoffe ist ein technisch erprobtes und sicheres Verfahren zur Volumenreduzierung und Herstellung endlagerfähiger Abfallprodukte. Es wird den Forderungen des Umweltschutzes gerecht und ist wirtschaftlich vertretbar. Für eine Reihe von radioaktiven Reststoffen ist eine thermische Behandlung unverzichtbar.

Die HDB wird auch in Zukunft Verbrennungsanlagen betreiben, weiterentwickeln und Verbrennungsleistung anbieten können. Als Betreiber dieser Anlagen hoffen wir auf eine weiterhin gute Zusammenarbeit mit unseren Vertragspartnern und unseren Aufsichtsbehörden.

**VOLUMENREDUZIERUNG
DER FLÜSSIGEN SEKUNDÄRABFÄLLE
AUS DER VERBRENNUNG
DURCH TROCKNUNG IM HEISSGASFILTER**

Autoren:

A. Chrubasik

G. Brünner

Alzenau, d. 23. August 1993

1. Einleitung

Die bei der Verbrennung von radioaktiv kontaminierten Abfällen entstehenden Rauchgase werden in einer Rauchgaswäsche von Schadstoffen gereinigt (Bild 1). Solche Schadstoffe sind z.B. Ascheteilchen, die nicht im Heißgasfilter zurückgehalten wurden, sowie gasförmige Bestandteile wie HCl, HF, SO₂ etc. Diese gasförmigen Bestandteile werden mit Natronlauge zu Salzen umgesetzt und im Waschkreislauf zu einer 10 - 15 %igen Lösung aufgesalzt. Diese Waschflüssigkeit wird normalerweise in der Verdampfung auf ca. 30 % aufkonzentriert und durch Zementierung in eine feste endlagerfähige Form überführt. Dabei entstehen aus 1 m³ Waschlösung ca. 0,7 m³ Zementprodukt.

Die Überlegung war nun, die in der Verbrennungsanlage vorhandene Wärmekapazität zur Trocknung der Waschflüssigkeit zu nutzen, das gebildete Salz zu verpressen und damit endlagerfähig zu machen. Das dabei entstehende Volumen beträgt nur etwa ein Sechstel der zementierten Menge. Als hierfür geeigneter Ort wurde der Heißgasfilter der Verbrennungsanlagen angesehen, weil hier genügend hohe Temperaturen zur Verdampfung herrschen und die dabei gebildeten Salzaerosole gleich an den Filterkerzen abgeschieden werden können.

Zusammen mit dem Laboratorium für Aerosolphysik und Filtertechnik wurde ein Versuchsprogramm erstellt, in dem die im Rahmen eines Technologietransfer-Vertrages erwarteten Ergebnisse niedergeschrieben wurden.

2. Versuchsablauf

Die Versuche begannen am 17.06.91 am mittleren der 3 Heißgasfilter der β -Verbrennungsanlage (Bild 2).

Mit einer Düse der Firma Caldyn, die einen maximalen Durchsatz von 40 l/h hatte, wurden ca. 450 l Waschflüssigkeit eingedüst, bis es Probleme mit der Düse in Form von Materialermüdung durch Risse, die geschweißt wurden und Verstopfen der Düsenöffnung gab (Bild 3).

Nachdem immer häufiger Filterkerzenbrüche auftraten und der

Druckverlust über den Filter angestiegen war, wurde die Eindüsung am 11.07.91 beendet. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden insgesamt 1715 l Waschflüssigkeit eingedüst. Nach dem Öffnen des Filtergehäuses war an den Filterkerzen ein dicker und fester Salzbelag festzustellen (Bild 4). Die Ursache dafür war, daß durch die abgasseitige Parallelschaltung der 3 Filtergehäuse der belastete Filter mit dem Ansteigen des Druckverlustes immer weniger Abgas zum Trocknen der Aerosole zur Verfügung hatte und die Trocknung durch die Speicherwärme des Filters erfolgte. Die Versuche sollten deshalb am Heißgasfilter der α -Anlage fortgesetzt werden, da hier die gesamte Filterfläche in einem Gehäuse untergebracht ist. Wegen der Materialschwierigkeiten mit der Düse sollte eine wassergekühlte Düse eingesetzt werden.

Die Neubeschaffung und Installation des neuen Equipments machte die Fortsetzung der Versuche erst am 11.06.92 möglich.

Der Einbau der Lanze (Bild 5) erfolgte seitlich versetzt oberhalb des Rauchgaseintrittsstützens. Die Waschflüssigkeit wurde aus einem Druckbehälter durch Anlegen eines Druckluftpolsters gefördert. (Bild 6)

Zur Kontrolle des Heißgasfilters wurde über jeder Sektion ein Thermoelement installiert. Eine Differenzdruckmessung war nur über den Gesamtfilter möglich, da die vier Filtersektionen miteinander verbunden sind. Die Rauchgastemperatur wurde vor dem Filter durch Eindüsen von VE-Wasser durch eine ebenfalls wassergekühlte Lanze auf ca. 700 °C abgekühlt. Diese Temperaturabsenkung war nötig, um den in Vorversuchen ermittelten Schmelzpunkt der Salze mit 750 °C nicht zu überschreiten.

Zur Inbetriebnahme der neuen Versuchsanordnung wurde die Waschflüssigkeitsdüse mit VE-Wasser betrieben. Angefangen wurde mit 10 l/h und in Zehnerschritten auf 40 l/h gesteigert, um das Verhalten des Filters zu sehen. Es war aber keine Beeinflussung festzustellen, aber schon zu Beginn waren an den Lanzen Dampfschläge zu vernehmen, die auf eine schlechte Wasserführung in den Lanzen zurückzuführen waren und später zu Materialermüdung und zum Verlust des Düseneinsatzes an der Quenchlanze führte (Bild 7).

Vor Beginn der Waschflüssigkeitseindüsung wurde jeweils eine Probe genommen, die im Radiochemischen Labor der HDB auf Chlorid-, Sulfat-, Fluorid- und Nitratgehalt, sowie pH-Wert und Dichte untersucht wurde. Es wurden folgende Durchschnittswerte ermittelt (in kg/m^3): Chloride 70 - 100, Sulfate 1-4, Fluoride 0,6-1, Nitrate 0-0,3. Die aus dem Filter ausgetragenen Asche und Salze wurden ebenfalls auf die o.g. Anteile untersucht. Ein direkter Vergleich zwischen Eintrag und Austrag war aber nicht möglich, weil die Probenahmezeiträume zu unterschiedlich auseinander lagen.

Nachdem ca. 900 l Waschflüssigkeit eingedüst worden sind, ist der Differenzdruck am Filter von ursprünglich 15 auf 50 mbar gestiegen. Die Abnahme der Temperatur hinter den Filtersektionen in Sprührichtung der Düse läßt auf eine stärkere Belegung der Kerzen und somit auf einen verminderten Gasdurchsatz schließen. Es wird vermutet, daß der Druckanstieg auf einen zu hohen pH-Wert zurückzuführen ist; daraufhin wurde genauer kontrolliert, so daß der Maximalwert pH 7 nicht überschritt. Die Versuche wurden am 9.7.92 vorzeitig abgebrochen.

Während der Betriebsferien wurde nach dem Abkühlen der Anlage der Filterinnenraum endoskopisch untersucht. Die Filterkerzen zeigten noch ihre zylindrische Form; irgendwelche Anbackungen waren nicht zu erkennen. Die ausgetragenen Asche- und Salzreste zeigten deutliche Strukturen der Filterkerzen, was darauf schließen ließ, daß sich das Salz an den Filterkerzen abgelagert hat und beim Abkühlen abplatzte.

Aus jeder Filtersektion wurden 2 Kerzen gezogen, aus denen Ringe zur Festigkeitsuntersuchung geschnitten wurden. Im Vergleich zu den Probestücken von neuen Kerzen ergaben sich keine Unterschiede, so daß chemische und thermische Einflüsse auf das Siliziumkarbid auszuschließen sind.

Die seitherigen Erfahrungen führten zu einigen Änderungen an der Anlage. So wurden die bisher wassergekühlten Düsenlanzen durch einfache mit außenliegender Mischkammer ersetzt (Bild 8). Um eine gleichmäßigere Verteilung der Salzaerosole auf die Filtersektionen zu bekommen, wurde die Lanze auf die schmale Seite des

Filtergehäuses verlegt mit Sprührichtung auf die Rauchgaseintrittsöffnung.

Weiterhin wurden auf die beiden mittleren Filtersektionen Vorrichtungen zum Rückblasen der Filterkerzen installiert. Die neue Einrichtung ging am 11.11.92 in Betrieb. Unterbrochen durch kleinere Reparaturen an der Verbrennungsanlage und an der Steuerung der Versuchsanordnung konnten bis zum 16.12.92 ca. 3300 l Waschflüssigkeit eingedüst werden. Die Salzmengen, die aus dem Filter beim routinemäßigen Entleeren ausgetragen wurden, entsprachen mit über 400 kg einer etwas über 10 %igen Salzlösung. Die Form der Salzstücke zeigte zu Anfang, als in längeren Abständen zurückgeblasen wurde, die Konturen der Filterkerzen, später war dies nicht mehr zu erkennen.

Der Differenzdruck am Filter ging anfänglich nach dem Rückblasen etwas zurück, stieg aber zunehmend bis auf über 40 mbar an, so daß die Eindüsung im Interesse des Betriebes gestoppt werden mußte. Nach einer betrieblichen Unterbrechung wurde am 17.02.93 die Eindüsung fortgesetzt. Die anfänglich noch der Wassermenge entsprechende Salzmenge, die ausgetragen wurde, wurde mit der Zeit geringer. Beim routinemäßigen Filterkerzenwechsel im April wurde im Bereich der Eindüsstelle eine erhebliche Salzmenge festgestellt, die sich wahrscheinlich durch Walzenbildung des Sprühstrahles gebildet hatte, an der Ausmauerung festhaftete und nur durch Abschlagen zu entfernen war; es handelte sich um insgesamt 650 kg.

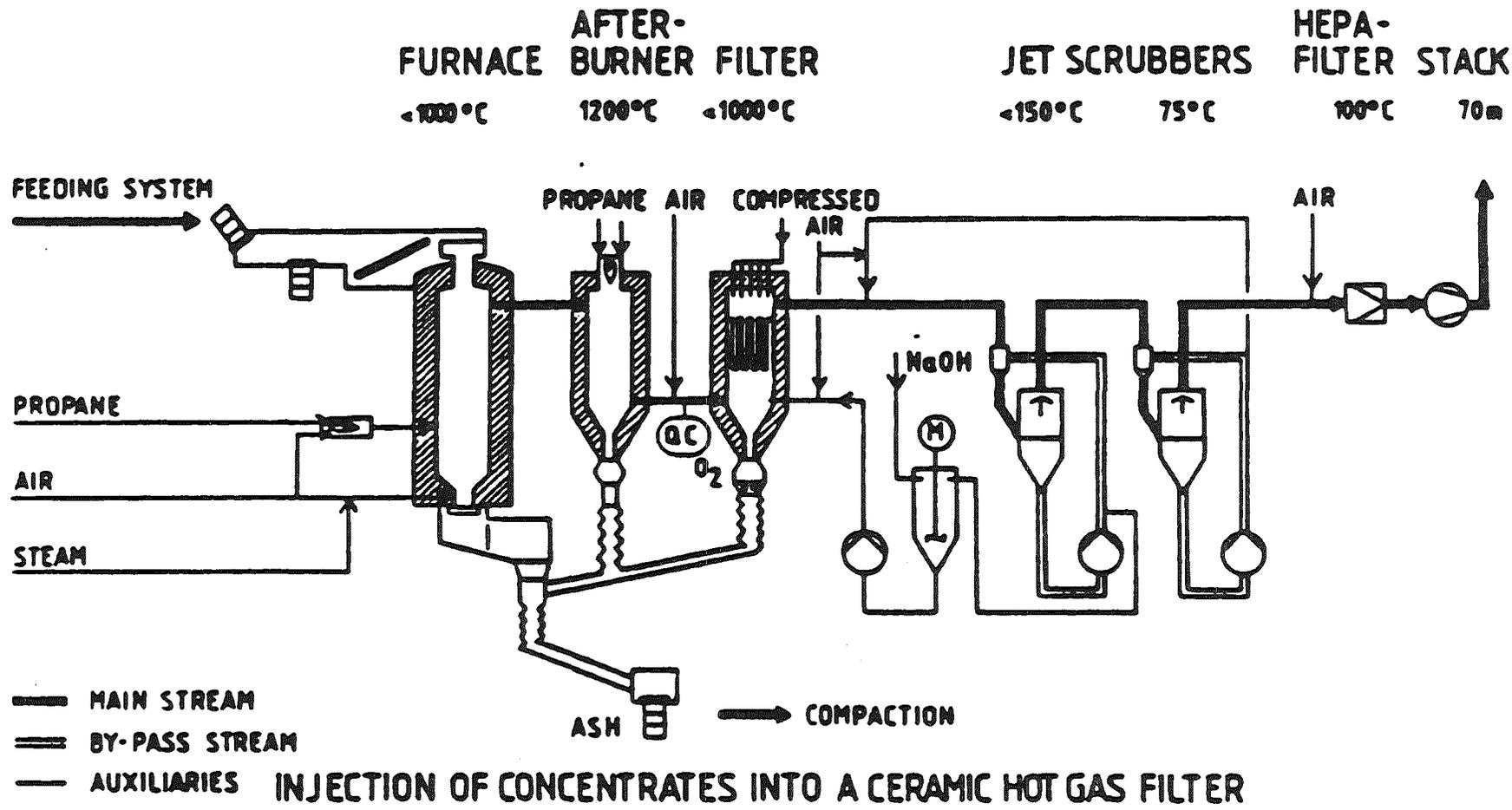
Bis zu diesem Zeitpunkt sind ca. 10.000 l Waschflüssigkeit eingedüst und 1400 kg Salze ausgetragen worden.

Nach dem Filterkerzenwechsel wurde die Düse um 500 mm in den Filterraum hineingeschoben, um den vermuteten Walzeneffekt zu vermeiden. Am 4. Mai begann die Eindüsung erneut. Trotz mehrmaligen Rückblasens, zuletzt bei laufendem Betrieb, da jede Reinigungskampagne eine halbstündige Unterbrechung der Abfalleinspeisung notwendig machte, stieg der Differenzdruck am Filter innerhalb eines Tages auf über 50 mbar. Die Eindüsung wurde im Interesse des Betriebes daraufhin beendet.

3. Fazit und Ausblick

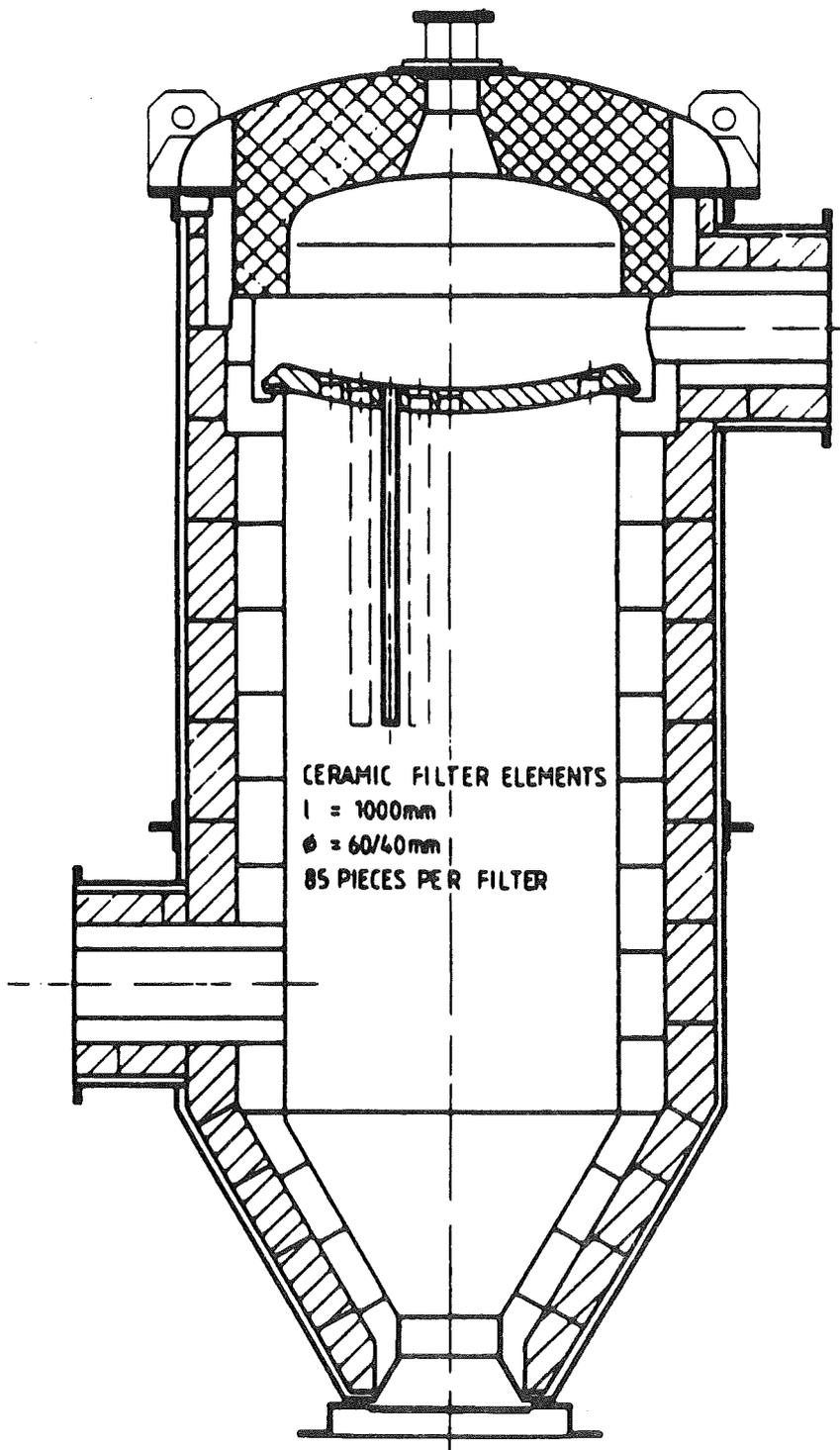
Das schnelle Verstopfen der neuen Filterkerzen ist auf das Eindringen der Salzaerosole in die Filterporen zurückzuführen, die bei den alten Filterkerzen wahrscheinlich durch Ascheteilchen belegt waren. 98 % der Tropfen sind kleiner als 50 μm , das ergibt bei abnehmendem Salzgehalt der Waschlösung noch kleinere Salzaerosole. Deshalb wäre bei Fortsetzung der Versuche ein größerer Tropfendurchmesser erforderlich, dem steht jedoch ein zu kleiner Raum zum Trocknen der Tropfen entgegen, der durch einen separaten Sprühturm geschaffen werden müßte.

4. Bilder



INCINERATION OF SOLID RADIOACTIVE WASTE

Bild 1



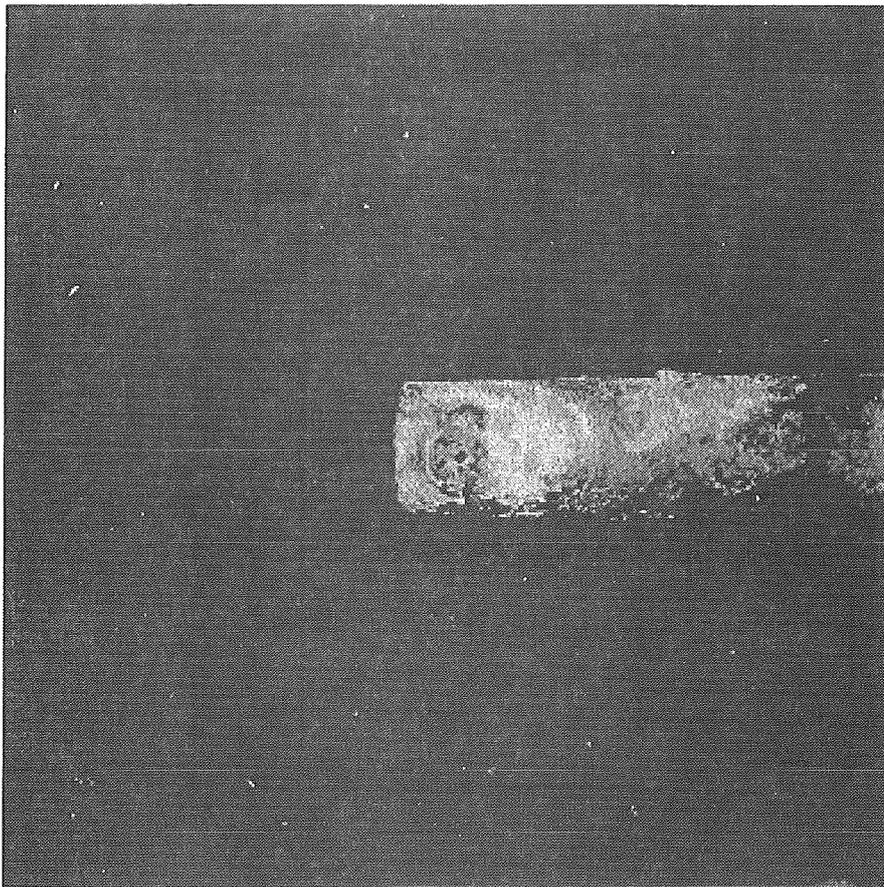


Bild 3

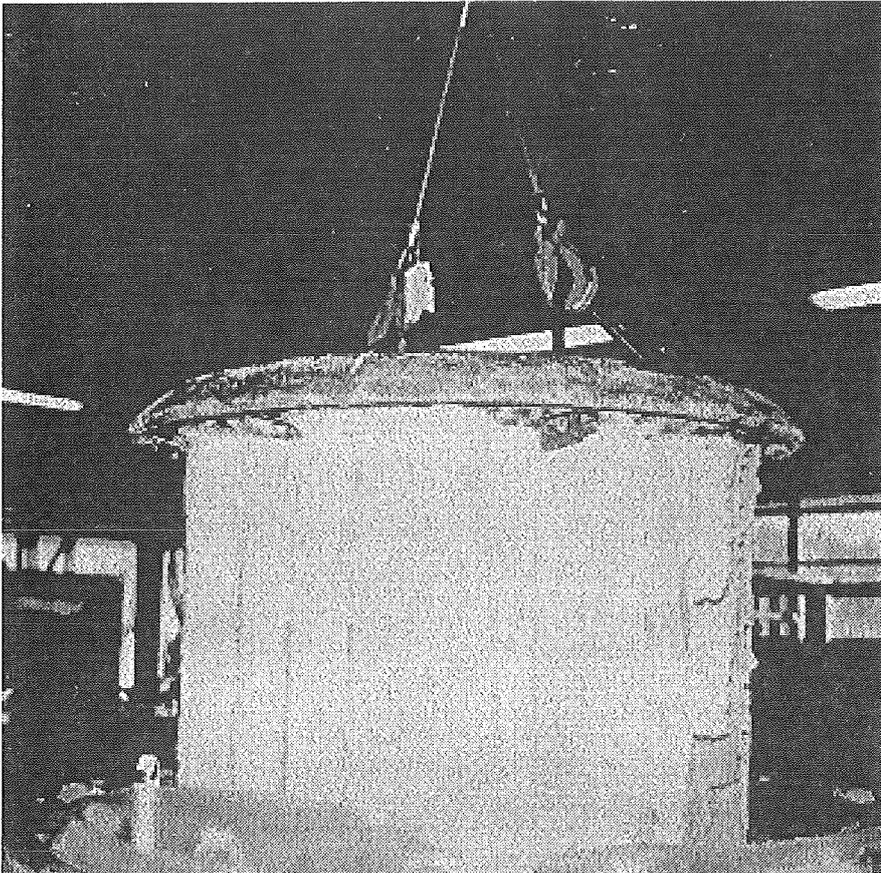
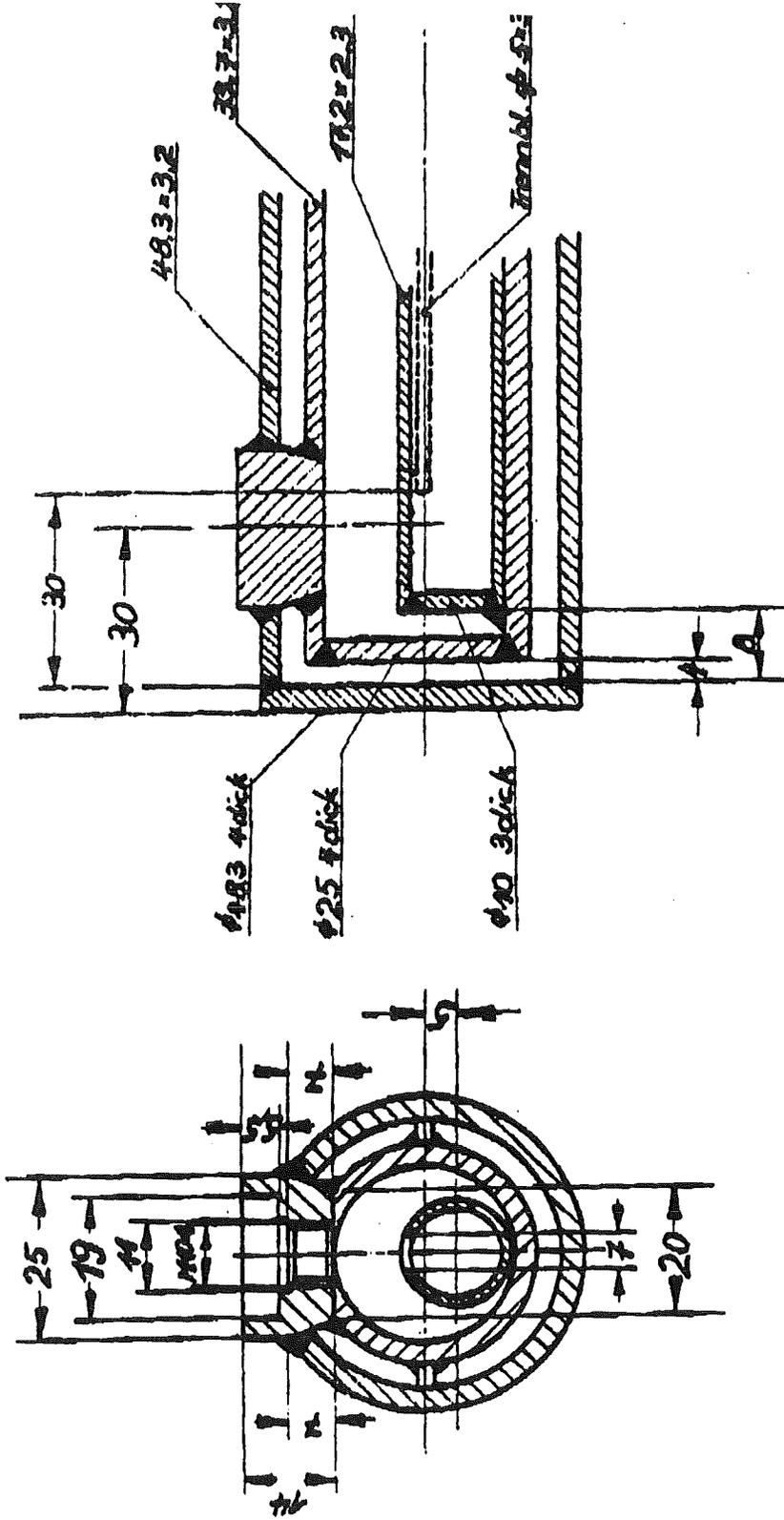


Bild 4

Lanzenkopf CSl 2.4 Abs 4

7.12



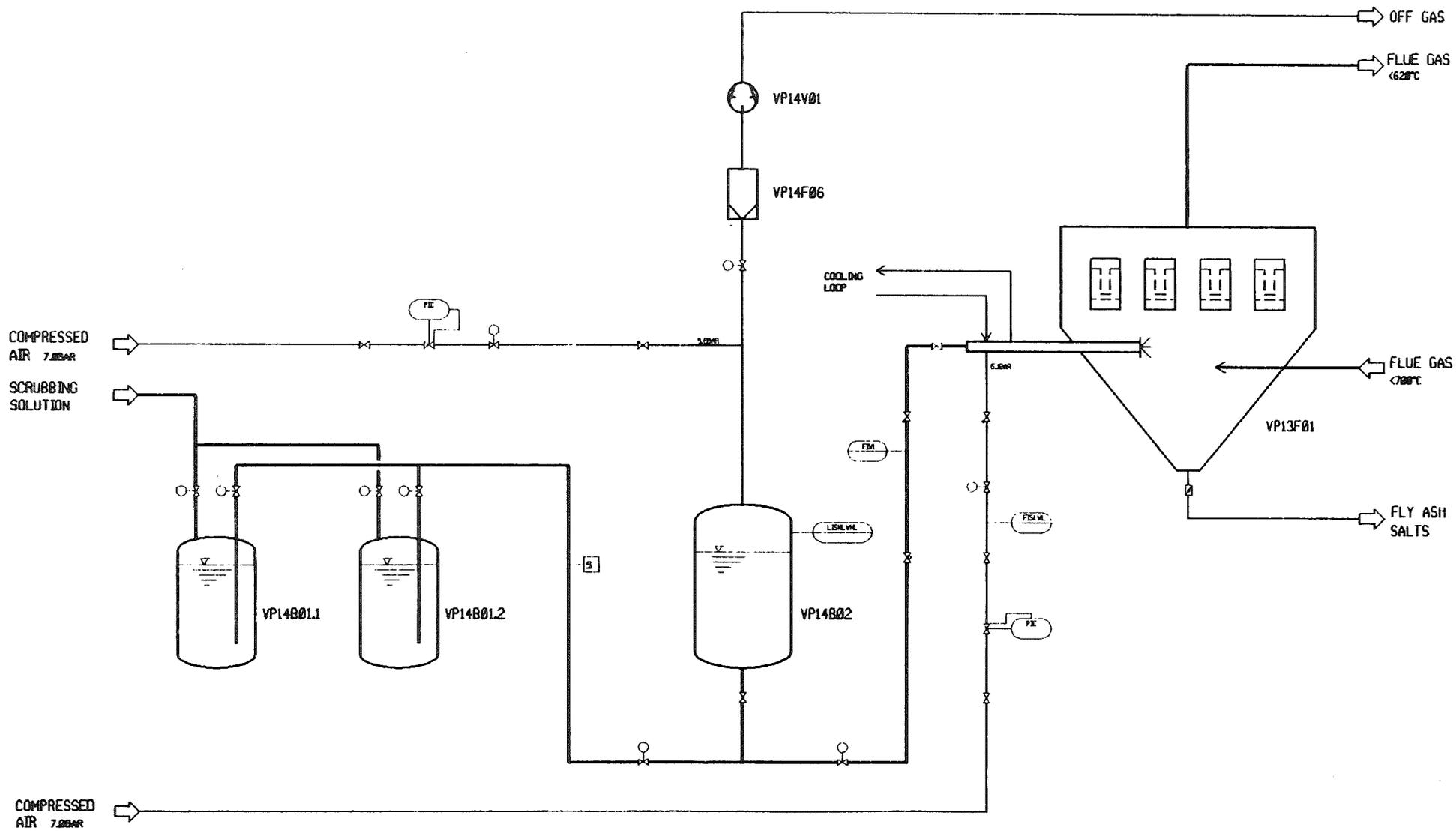
Zc. Nr. : KFK 2-LE-12-06-91

H. Lein

Werkstoff 145F1 Toleranz : 0.1

Maßstab 1:1

Bild 5



7.13

NUKEM FLOW SHEET
DRYING OF SCRUBBING SOLUTION

Bild 6

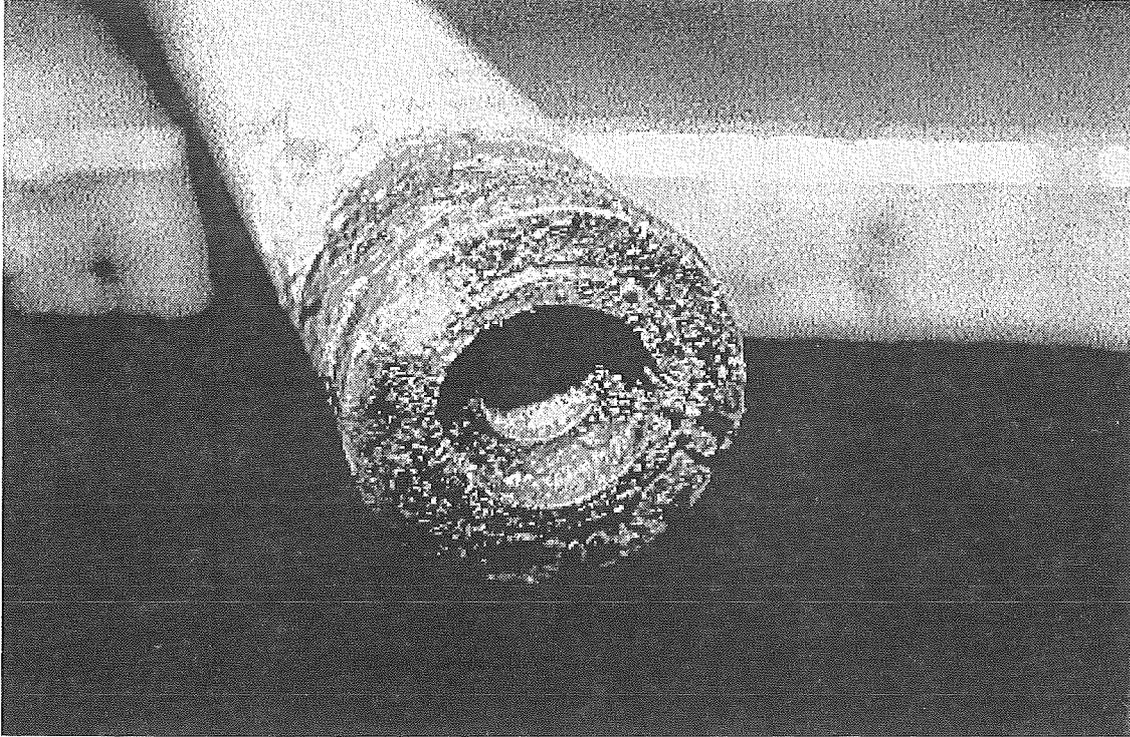


Bild 7

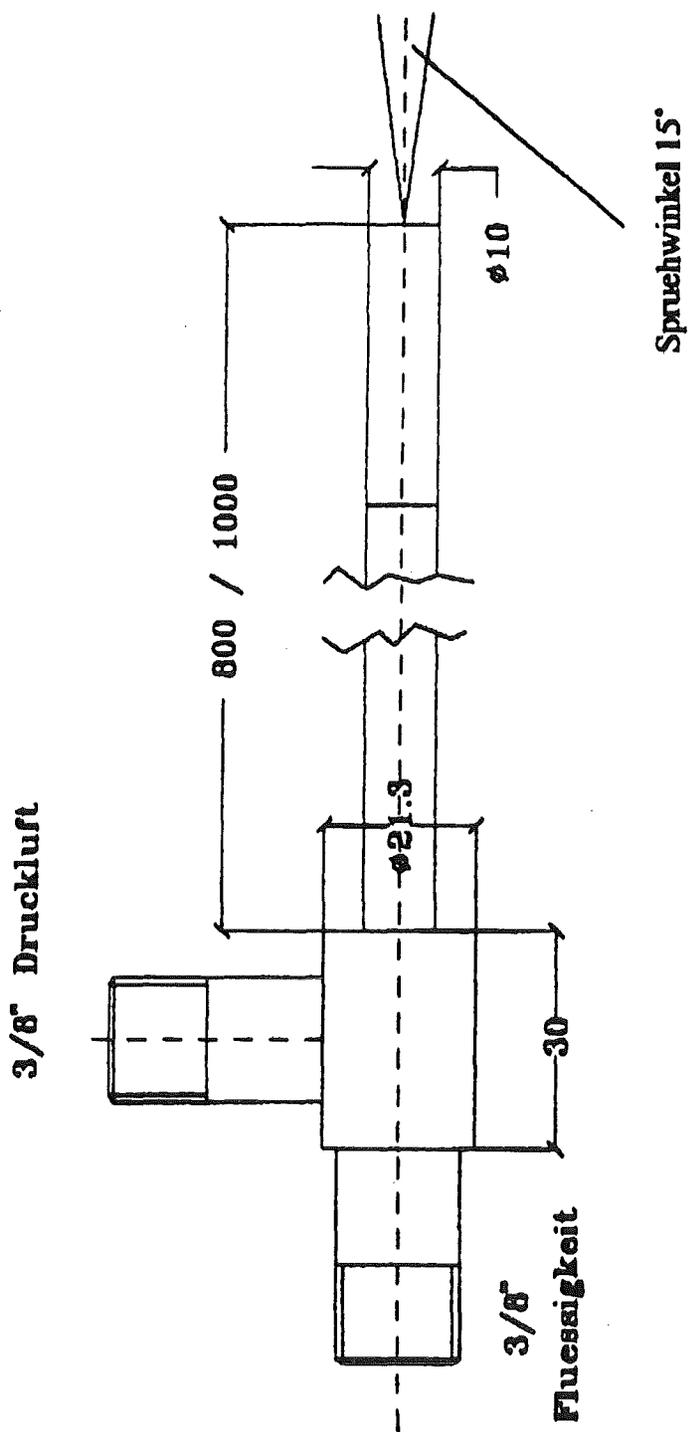


Bild 8

Pos	Stck		Werkstoff HC22/1.4571	Rohmass
Gezeichnet			Aenderung	CALDYN Apparatebau GmbH
Maßstab	Titel : Skizze Duesenlanze			
Projekt :	Firma : KFK	Ze.Nr.: KSTL_01.PLT-08-21-92		

10 Jahre Betriebserfahrung mit der LAW-Verschrottungsanlage

Manfred Suchowitz / Kraftanlagen Heidelberg

Zusammenfassung

Es werden die Betriebserfahrungen der letzten 10 Jahre mit der LAW-Verschrottungsanlage in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) beschrieben.

Eine Beschreibung der technischen Ausstattung sowie des Prozeßablaufes der LAW-Verschrottungsanlage wird wiedergegeben. Desweiteren werden Betriebsdaten, wie z.B. Personaleinsatz, Anlagenverfügbarkeit, mittlerer Reduktionsfaktor sowie Kollektivdosen aufgezeigt.

Die erzielten Anlagendurchsätze bezogen auf Volumina, Anzahl der Preßlinge und Anzahl der 200 l-Fässer werden dargestellt.

10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

I Geschichte

Schon frühzeitig wurde von der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (damals noch ADB) erkannt, daß die im Rahmen von Umbau- und Ertüchtigungsmaßnahmen anfallenden dekontaminationsunwürdigen, schwach radioaktiven Teile aus kerntechnischen Einrichtungen volumenreduzierend behandelt werden müssen, um kostbaren Lagerplatz zu sparen.

Mitte der 70er Jahre beschloß das Kernforschungszentrum Karlsruhe (KfK) die LAW-Verschrottungsanlage zu bauen, die eine Bearbeitung großer Anlagenteile und den Einsatz entsprechend großer Werkzeuge in Caissonarbeitsräumen zuläßt. Entsprechend den Prioritäten wurde Anfang 1982 zwischen der KfK und einem der damaligen kommerziellen Entsorger, dessen Partner Kraftanlagen Heidelberg war, ein Vertrag abgeschlossen, der folgendes vorsah:

1. Leistungen des kommerziellen Entsorgers

- Beschaffung und Installation einer 15.000 kN-Pressen mit den Einrichtungen für Faß- und Trommeltransporte.
- Beschaffung und Installation einer Preßlingslager- und -befüllstation zur optimalen Befüllung der Abfallfässer sowie einer Verfüllstation zum Zementieren der Fässer.
- Ausrüstung der Zerlegezelle mit modernsten Geräten.
- Betrieb der Presse und der gesamten LAW-Verschrottungsanlage, mit dem Ziel der Verarbeitung von KfK-eigenem Schrott und der Verarbeitung von Schrott aus Kernkraftwerken.

10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

2. Leistungen von KfK/HDB

- Zurverfügungstellung der gesamten KfK-Infrastruktur einschließlich der Hilfs-, Betriebs- und Verbrauchsstoffe.
- Durchführung notwendiger Dekontaminationsarbeiten.

Anfang 1983 wurden die Einrichtungen geliefert und gebaut.

Im November 1983 ging die Anlage mit sehr schwach kontaminiertem Material in den einschichtigen Probebetrieb.

Nach der Beseitigung einer Reihe von Errichtungsmängeln und der Aufstockung des Betriebspersonals wurde Ende April 1984 der zweischichtige Probebetrieb aufgenommen, der am 12.09.1984 in den regulären Betrieb übergang.

Im Oktober 1989 wurde der Vertrag zwischen dem Entsorger und der KfK gelöst. Die Anlagen gingen in das alleinige Eigentum der KfK über.

Seither betreibt Kraftanlagen Heidelberg die Anlage per Werksvertrag.

II Gebäudebeschreibung

Die LAW-Verschrottung befindet sich im Bau 548 und erstreckt sich über mehrere Etagen.

Im Untergeschoß befinden sich

10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

- die Elektroversorgung und -verteilung
- die Chemieabwasserstation
- der Lagerraum
- die Faßtransporteinrichtungen
- die Hochdruckpresse
- das Preßlingspufferlager und
- die Unterwarte.

Im Erdgeschoß ist der Verschrottungscaisson mit der zugehörigen Materialschleuse Mittelpunkt der Anlage. Über diese Materialschleuse werden alle Abfälle in den LAW-Caisson eingebracht.

Die Abmessungen des Caissons mit 12 m Länge, 8 m Breite und 7 m Höhe, zuzüglich der etwa 7,5 m langen, 4 m breiten und 5 m hohen Materialschleuse, ermöglichen es, große Komponenten zu handhaben.

Insgesamt sind im Erdgeschoß folgende Anlagenteile angeordnet:

- die Umkleideschleuse grau/gelb
- die Schaltwarte
- der Bedienungsraum
- der Strahlenschutzmeßraum
- der Verschrottungscaisson
- die Materialschleuse
- das Ein- und Ausgangslager und
- die Personenschleusen zum Verschrottungscaisson.

Die Installationsräume für die Lüftung und die Lüftungskammern befinden sich im Obergeschoß.

10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

III Prozeßablauf (Abb. 1)

Die Rohabfälle können in Containern bis 20" in Preßtrommeln, in 200 l- und 400 l-Fässer oder sonstigen geeigneten Gebinden angeliefert werden. Die angelieferten Rohabfälle haben den Bedingungen für die Abgabe von radioaktiven Reststoffen an die HDB zu entsprechen und müssen mittels Begleitscheinen für radioaktive Reststoffe gekennzeichnet sein.

Vor der Verarbeitung wird vom Betriebsleiter der LAW-Verschrottung in Zusammenarbeit mit der Produktkoordination und unter Zuhilfenahme des Buchführungssystems KADABRA eine Verarbeitungscharge zusammengestellt.

Mit der Freigabe der Charge durch den Produktkoordinator, der unter anderem darüber wacht, daß die Annahmebedingungen des Endlagers KONRAD eingehalten werden, wird im Buchführungssystem eine Verarbeitungscharge eröffnet.

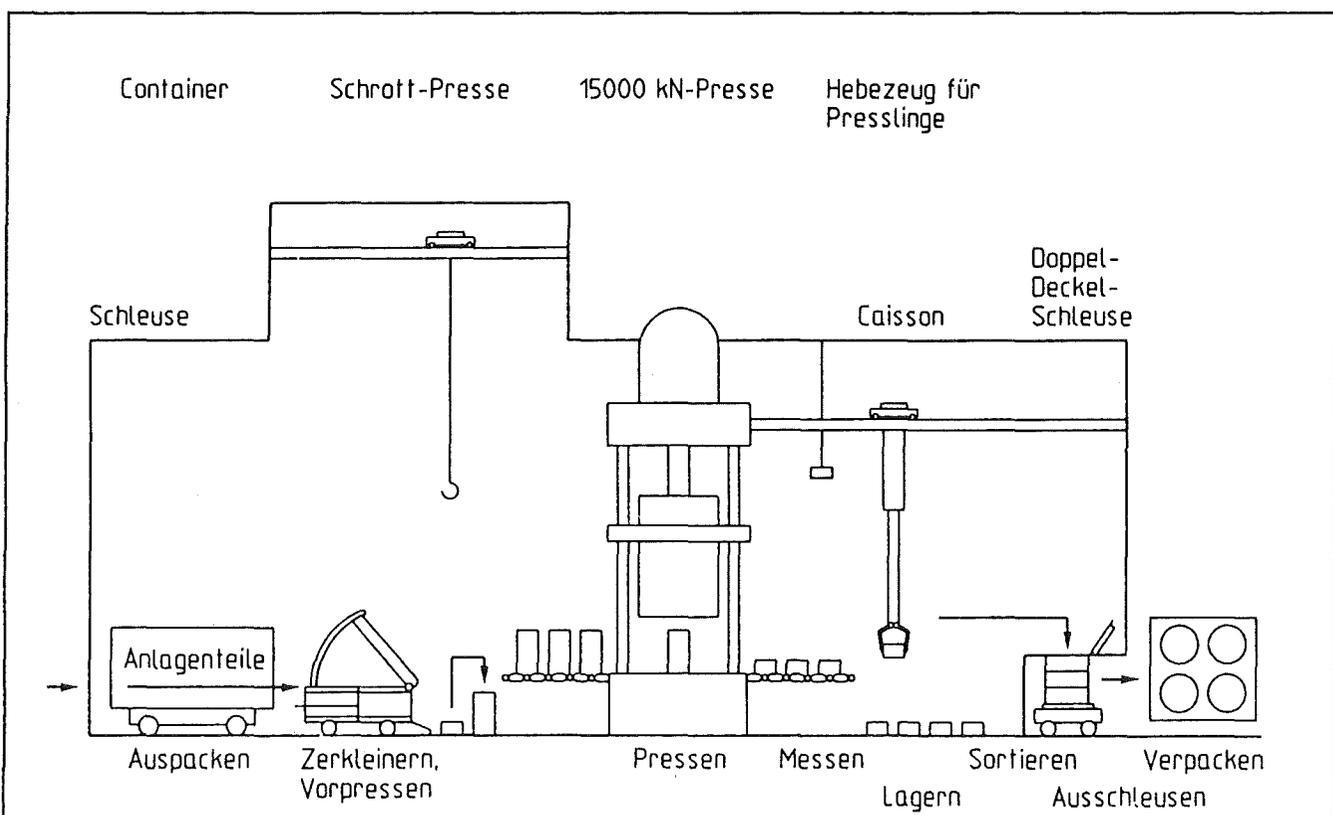


Abbildung 1:
Verschrottung von Anlagenteilen

10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

Die radioaktiven Reststoffe werden nun von der Verschrottungsanlage übernommen, überprüft und über die Materialschleuse in den Verarbeitungscaisson transportiert. Dort werden die Abfälle sortiert und -falls erforderlich- vorzerkleinert.

Sofern die Abfälle vorgepreßt werden, erfolgt die Kompaktierung in der Vorpresse, deren Beladeöffnung die Maße 1,0 m x 1,2 m x 0,8 m (Länge x Breite x Höhe) in drei Stufen:

- In der ersten Stufe wird beim Vorfahren überstehendes Material in der Beladeöffnung abgeschnitten.
- In der zweiten Stufe wird die achteckige Preßlingsform erzeugt.
- In der dritten Stufe schließlich wird der Preßling mit einem Druck von 325 bar gepreßt, was bereits den Einlagerungsbedingungen des Endlagers KONRAD entsprechen würde.

Aufgrund der Abmessungen der Beladeöffnung der Vorpresse können bis zu 400 l-Fässer oder ähnliche Gebinde mit einem Gesamtgewicht von ca. 250 kg oder auch loses Material, z.B. Schaltschränke, Lüftungskanäle etc., verarbeitet werden.

Die in der Vorpresse erzeugten Preßlinge werden anschließend mit Hilfe von Greif- und Hebezeugen direkt in Preßtrommeln gepackt und zur weiteren Verarbeitung über einen Aufzug und Förderbänder der Hochdruckpresse im Kellergeschoß zugeführt.

Werden die Abfälle nicht vorgepreßt, werden sie -wenn notwendig- zerkleinert und direkt in die Preßtrommeln verpackt der Hochdruckpresse zugeführt.

10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

In der Hochdruckpresse werden die gefüllten Preßtrommeln in einem Arbeitsgang mit 15.000 kN (entspricht ca. 650 bar) verpreßt. Anschließend wird die Höhe des erzeugten Preßlings gemessen und dieser auf eine der 42 Positionen des Preßlingspufferlagers eingelagert, wo er zusätzlich auf freie Flüssigkeit kontrolliert wird.

Die Preßdrücke der beiden Pressen werden ständig überwacht und registriert. Bei Unterschreitung der Werte erfolgt eine Meldung in der Schaltwarte und die Pressen schalten auf Störung, so daß vom Bedienungspersonal fehlerhaftes Pressen erkannt wird und geeignete Maßnahmen eingeleitet werden können.

Zum Befüllen der 200 l-Fässer mit Preßlingen wird ein Faß an einem kontaminations-sicheren Doppeldeckelsystem angekoppelt. Mit Hilfe eines Rechners werden aus den eingelagerten Preßlingen im Pufferlager Preßlingssäulen zusammengestellt, so daß das angekoppelte Faß optimal befüllt werden kann. Beim Befüllen des Fasses mit Preßlingen wird im Faß ständig eine Kontrollmessung vorgenommen, damit ein Überfüllen des Fasses ausgeschlossen werden kann. Nach dem Befüllen des Fasses wird dieses abgekoppelt und verschlossen.

Bevor das Faß zwischengelagert wird, werden die radiologischen Daten mit Hilfe einer Faßmeßanlage ermittelt. Diese Daten werden ebenfalls mit dem Buchführungssystem KADABRA dokumentiert.

Da nun die Mengen und die Daten des in der Charge verarbeiteten Rohabfalls bekannt sind, werden vom Buchführungssystem die erforderliche Berechnungen des Gesamtaktivitätsinventars und des Aktivitätsinventars relevanter Einzelnuklide durchgeführt.

In Sonderabfällen oder bei Dosisleistungen > 20 mSv/h werden die vorgepreßten Abfälle fernbedient direkt in 200 l-Fässer bzw. abgeschirmte Behälter eingelagert.

10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

Die gesamte Verschrottungsanlage arbeitet unter den für kerntechnische Anlagen üblichen hohen Sicherheitsstandards. Sämtliche Betriebsräume stehen unter Unterdruck. Direktstrahlung und Aktivität der Raumlufte werden ständig überwacht. Der Zugang und die Beschickung der Anlage erfolgen durch kontaminationssichere Schleusen.

Bei Störungen von produktrelevanten Anlagenteilen ist der Betrieb der Anlage erst wieder möglich, wenn diese Störungen behoben sind.

IV Betriebsdaten

Nachfolgend sind einige relevante Betriebsdaten aufgeführt:

Personaleinsatz

Eingesetztes Personal					
	Betriebsleiter	Schichtleiter	Strahlenschutzfachkraft	Monteur	Σ
11/83 bis 4/84	1	1	1	4	7
5/84 bis 8/89	1	2	1	14	18
10/89 bis heute	1	1	1	7	10

Die Anlage wurde bisher sowohl im 1-Schichtbetrieb als auch 2-schichtig betrieben. Hierbei ist zu bemerken, daß die personalintensiven Arbeiten zum ersten bei der Kontrolle des ankommenden Abfalles, zum zweiten bei Arbeiten im Verschrottungscaisson, zum dritten beim Handhaben der gefüllt ankommenden Fässer bzw. leeren Fässern anfallen. Zur Bedienung und Überwachung der Hochdruckpresse ist aufgrund der automatischen, rechnerüberwachten Steuerung in der Regel nur ein Mitarbeiter notwendig.

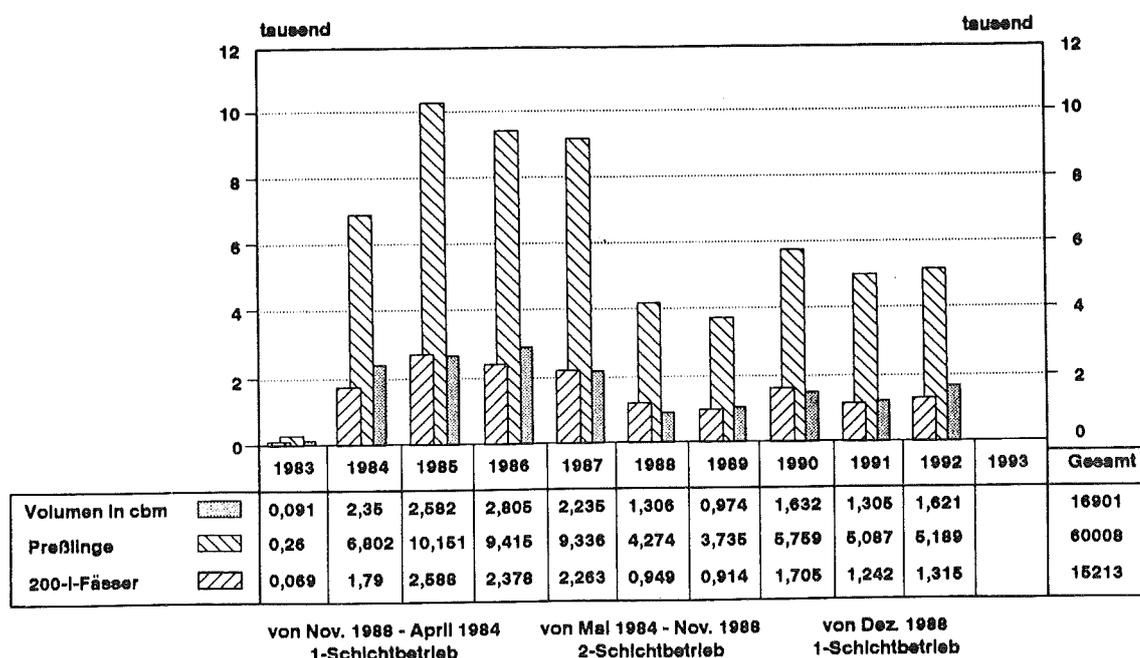
10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

V Anlagenverfügbarkeit

Die LAW-Verschrottungsanlage weist eine mittlere Verfügbarkeit von über 85 % auf. Sie betrug im einzelnen:

Betriebsjahr	Anlagenverfügbarkeit
1984	77,7 %
1985	86,3 %
1986	83,8 %
1987	81,4 %
1988	86,7 %
1989	79,0 %
1990	91,2 %
1991	94,5 %
1992	95,5 %

Auf der folgenden Abbildung sind die Anlagendurchsätze der LAW-Verschrottung von 1983 - 1993 (Volumina, hergestellte Preßlinge, befüllte 200 l-Fässer) dargestellt.



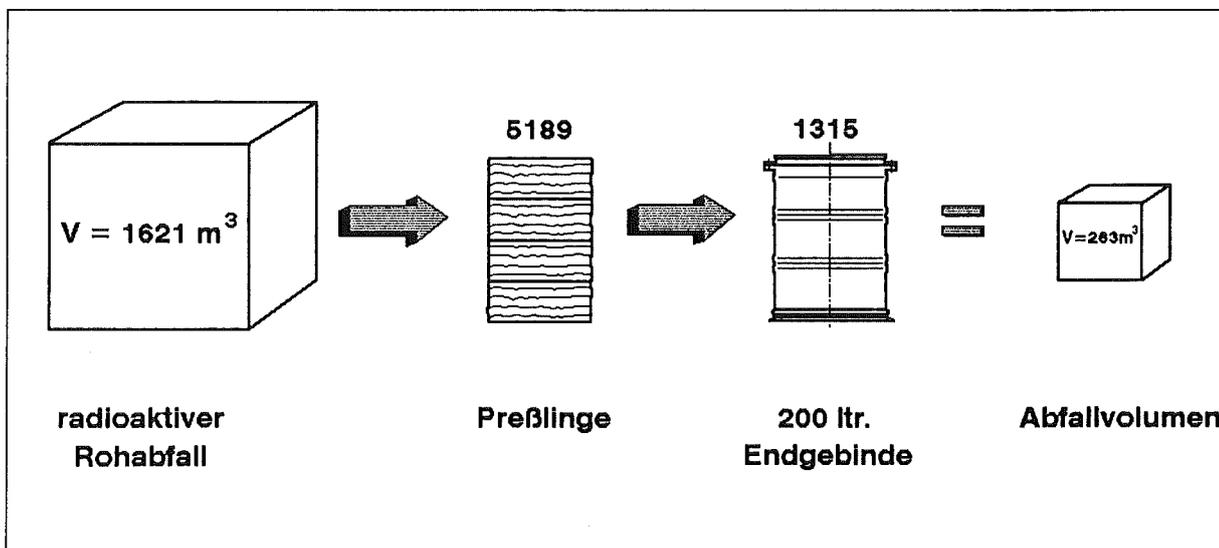
10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

Größere Betriebsausfälle oder Betriebsstörungen sind nicht aufgetreten. Kleinere Betriebsausfälle infolge Lüftungs-, Steuerungs- oder Stromausfall, Reparatur, Wartung und Instandhaltung sowie Inspektionen erreichen weniger als 15 %.

Aufgrund der Betriebserfahrungen seit 1983 wurden ein mittlerer Reduktionsfaktor von 5,5, mit einem mittleren spezifischen Gewicht von ca. $2,5 \text{ g/cm}^3$ erreicht. Diese Werte wurden über das gesamte verarbeitete Material ermittelt.

Die nächste Abbildung zeigt den Anlagendurchsatz von 1992. Aufgrund der in den vergangenen Jahren gestiegenen Anforderungen an die radioaktiven Abfallgebinde (vorläufige Endlagerbedingungen bzw. gesetzliche Vorschriften) war es erforderlich, bei annähernd gleichbleibenden Anlagendurchsatz die Anzahl der Verarbeitungschichten zu erhöhen.

DURCHSATZ IN 1992



10 Jahre LAW-Verschrottungsanlage

VI Kollektivdosis

Die Betriebsmannschaft der LAW-Verschrottungsanlage wird im Mittel mit einer Äquivalentdosis von 4,5 Mann-mSv im Jahr belastet.

Im einzelnen wurden folgende Werte registriert:

Betriebsjahr	Kollektivdosis
1984	4,0 Mann-mSv
1985	4,4 Mann-mSv
1986	4,0 Mann-mSv
1987	3,5 Mann-mSv
1988	3,0 Mann-mSv
1989	8,4 Mann-mSv
1990	5,2 Mann-mSv
1991	3,3 Mann-mSv
1992	3,1 Mann-mSv

registriert.

VII Schlußbemerkung

Mit der LAW-Verschrottungsanlage existiert im KfK eine Verarbeitungsstätte, die Dank der Weitsicht von Herrn Hempelmann bereits vor 10 Jahren so geplant und errichtet wurde, daß sie auch heute noch führend ist und keinen Vergleich zu scheuen braucht.

Die neue MAW-Verschrottung

Zusammenfassung

L. Küppers

Aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen werden in Zukunft zunehmend radioaktive Abfälle anfallen, die in abgeschirmten Zellen fernhantiert zerkleinert, konditioniert und endlagergerecht verpackt werden müssen. Aufgrund ihrer hohen Dosisleistung und der teilweise großen Abmessungen können diese radioaktiven Abfälle weder in der bei KfK/HDB vorhandenen LAW-Verschrottungsanlage noch in der derzeit bei KfK betriebenen MAW-Verschrottungszelle verarbeitet werden.

Aus diesen Gründen soll der an die MAW-Verschrottungszelle baulich anschließende Lagerbunker für wärmeentwickelnde Abfälle verändert und erweitert werden, indem dieser

- zu MAW-Verschrottungszellen größerer Durchsatzkapazität für eine Verarbeitung der Reststoffe und radioaktiven Abfälle umgebaut und
- durch einen Anbau für die Übernahme großer Transportbehälter ergänzt wird (Transportbehälterschleuse TBS).

Neben den Abfällen aus der Stilllegung kerntechnischer Anlagen sollen auch radioaktive Abfälle aus dem Bereich der Energieversorgungsunternehmen verarbeitet werden, um so eine gleichmäßige Nutzung der Kapazität der künftigen MAW-Verschrottungsanlage zu gewährleisten.

Die Planung und Realisierung der Änderungen und Ergänzungen an dem Lagerbunker für wärmeentwickelnde Abfälle sowie für den Anbau der Transportbehälterschleuse erfolgt daher in enger Abstimmung zwischen KfK und der Gesellschaft für Nuklearservice mbH, um so die Randbedingungen der Übernahme von Transportbehältern mit kernkraftwerkstypischen Reststoffen und deren Verarbeitung rechtzeitig zu berücksichtigen.

Die z.Zt. erwarteten Massen der radioaktiven Abfälle (MAW) aus den Stilllegungs- und Rückbauprojekten der WAK, des MZFR und der KNK II sowie die vorliegenden Abfallmengen an Corebauteilen aus deutschen Kernkraftwerken werden in **Abbildung 1** angegeben. Danach steht in der MAW-Verschrottungsanlage eine Gesamtabfallmasse von ca. 1100 Mg über einen Zeitraum von 10 Jahren zur Verarbeitung an.

1. Umbau und Erweiterung der MAW-Verschrottungsanlage

Die MAW-Verschrottungsanlage befindet sich im Bau 536 der HDB in benachbarter Lage zu den Verbrennungsanlagen. Das in **Abb. 2** dargestellte Gebäudeschema zeigt die in der Bausubstanz bereits existierenden MAW-Zellen 127 bis 131. Neu errichtet werden die Abwassersammelstation sowie die Transportbehälter-schleuse in Hallenbauweise mit einer im Bereich der Trennwand zur Zelle 130 integrierten Behälterandockstation zum sicheren Ankoppeln abgeschirmter Transportbehälter. Zur Aufnahme der Lüftungstechnischen Anlagen und der Elektro-versorgungsanlagen werden auf dem Dach der jetzigen MAW-Zellen zusätzliche Räume geschaffen.

Die derzeitigen Lagerzellen, Raum 130 und 131, werden zu Verschrottungszellen umgerüstet, wobei der Raum 130 geteilt wird und der so entstehende Raum 130A als Lager- und Schleuszelle zur Einschleusung von Transportbehältern und der Raum 130B als Wartungs- und Reparaturraum sowie zur eventuellen Dekontamination von Behältern und Maschinen benutzt wird. Die Lagerzelle 130A ist durch eine Abschirmwand zur Be- und Entladezelle, Raum 129, getrennt. Der Durch-fahrbereich für den Schwerlastmanipulator ist durch ein Drehtor sowie durch ein Hubtor abgeschirmt. Eine weitere Abschirmwand wird mit einem Hubtor und einem Drehtor sowie mit Doppeldeckelschleusen nachgerüstet und trennt so die Zellen 130B von der eigentlichen Verarbeitungszelle 131. Die insgesamt 4 Strahlenschutzfenster der Zellen 130A/B und 131 werden mit jeweils 2 Master-Slave-Manipulatoren ausgerüstet. Die räumliche Erweiterung der MAW-Verschrot-tungsanlage von einer Grundfläche von nur 12 m² der derzeit betriebenen Arbeitszelle 128 auf nunmehr 140 m² durch die neue Verarbeitungszelle 131 zeigt so bereits die wesentlich erweiterten Nutzungsmöglichkeiten der geplanten Anlage auf.

2. Handhabung von Transportbehältern und Abfallfässern

Die Schleusen und die fördertechnischen Einrichtungen der neuen MAW-Verschrottungsanlage werden so ausgestaltet, daß die folgenden Transportbe-hälterttypen mit Innenbehältern entsprechend der **Abb. 3** gehandhabt werden können:

- Transportbehälter bis 100 Mg Gesamtgewicht vom Typ MOSAIK 80 T

- Transport- und Endlagercontainer vom Typ KONRAD bis zu einer Höhe von 1500 mm, d.h. die Typen I und IV entsprechend den vorläufigen Endlagerbedingungen der Schachanlage KONRAD.
- Gußrundabschirmungen.

Neben diesen "Standardbehältern" können im Anforderungsfall durch Nachrüstung der Zelle 129 mit zusätzlichen Hebeanlagen auch die in **Abb. 3** genannten Sonderbehälter eingeschleust und entladen werden.

Die Einschleuswege von Behältern mit radioaktiven Abfällen werden in den **Abb. 4 und 5** erläutert. Abgeschirmte Transportbehälter vom Typ KONRAD oder auch Gußrundabschirmungen werden wie in **Abb. 4** dargestellt, in den Beschickungsraum vor den Zellen eingefahren und mit Hilfe eines Transportwagens in die Be- und Entladezelle, Raum 129, eingeschleust. Hier wird der Deckel der Transportabschirmung mit einem Schwerlastmanipulator fernbedient abgehoben. Die den radioaktiven Abfall enthaltenden Innenbehälter werden mit Hilfe des Schwerlastmanipulators auf einen weiteren Transportwagen umgeladen und in die Materialschleuse 130B verfahren. Die zur Verpackung der angelieferten radioaktiven Abfälle benötigten Innenbehälter dienen der Verhinderung einer unzulässig hohen Kontamination der Einschleuszellen 129 und 130A. Verwendung finden können hier 200-Ltr.Fässer und 400-Ltr.Fässer sowie im Falle von Abschirmcontainern vom Typ KONRAD auch Innencontainer in Stahlblechkonstruktion. Die kontaminationsfreie Einschleusung von Abfallfässern in die Verarbeitungszelle 131 erfolgt über die Doppeldeckelschleuse. Die Einschleusung von Innencontainern erfolgt über das Abschirmtor zwischen der Materialschleuse 130B und der Verarbeitungszelle 131.

Bei der Anlieferung von Core-Bauteilen aus Leistungsreaktoren erfolgt der Einschleusweg in die Zellen, entsprechend **Abb. 5**, direkt über die Lager- und Schleuszelle 130A. Hierzu wird der Transportbehälter vom Typ MOSAIK 80T in die Transportbehälterschleuse eingefahren und dort mit einem 100 Mg-Kran auf einen Schienenwagen umgesetzt, der den Behälter bis an das Andocksystem des Abschirmtores zwischen Zelle 130A und der Transportbehälterschleuse verfährt. Erst nach der dichten Ankopplung wird das Abschirmtor geöffnet und so die fernbediente Deckelentnahme und die Entnahme des Tragkorbes aus dem Transportbehälter ermöglicht. Nach Schließen des Abschirmtores zur Transportbehälterschleuse wird der Tragkorb mit den Core-Bauteilen mittels Transportwagen über

die Materialschleuse 130B in die Verarbeitungszelle 131 eingefahren und dort mit einem Arbeitsmanipulator entladen.

Die Ausschleusung der verarbeiteten radioaktiven Abfälle erfolgt grundsätzlich in Fässern über die Doppeldeckelschleusen in die Materialschleuse 130B. Von hier erfolgt der Weitertransport zur Be- und Entladezelle 129, wo die endlagergerechte Verpackung stattfindet. Die Endlagerbehälter werden dann nach erfolgtem Freimessen aus den MAW-Zellen ausgeschleust.

Bei den zuvor beschriebenen Schleusvorgängen wird durch ein Verriegelungssystem der verschiedenen Abschirmtore gegeneinander sichergestellt, daß jeweils nur eines der Tore geöffnet sein kann.

3. Konzeption der Verarbeitung von radioaktiven Abfällen

In der Verarbeitungszelle 131 sollen entsprechend der Innengrößen der verwendeten Transportbehälter vorzerkleinerte, metallische Abfälle aus 200 Ltr. und 400 Ltr. Fässern, sperrige Abfälle wie Rohre, Profile oder Stahlbehälter aus KONRAD-Containern sowie Core-Bauteile bis zu einer Länge von ca. 4,5 m verarbeitet und konditioniert werden.

Die Auslegung der maschinentechnischen Einrichtungen der Verarbeitungszelle befindet sich derzeit erst in der ingenieurtechnischen Planungsphase. Bei der Vorauswahl dieser Maschinen können jedoch die langjährigen Erfahrungen der HDB aus der Verarbeitung von radioaktiven Abfällen in der bislang betriebenen MAW-Arbeitszelle 128 und weiterhin auch aus der Verschrottung und Kompaktierung von LAW-Abfällen genutzt werden.

So sieht das Verarbeitungskonzept vor, die radioaktiv kontaminierten oder aktivierten Abfälle zunächst auf einem Sortiertisch mit Master-Slave-Manipulatoren zu sortieren und diese dann mit dem Kraftmanipulator der weiteren Zerkleinerung zu führen.

Zum Zerkleinern von massiven metallischen Abfällen wird ein Bügelsägeautomat mit Späneförder, Mehrspanneinrichtung und Rollenbahnen vorgesehen. Der Antrieb der Bügelsäge erfolgt elektrisch. Neben der Bügelsäge wird insbesondere zum Zerkleinern von Core-Bauteilen eine hydraulisch angetriebene Metallschere mit Führungskanal und Schnittlängenbegrenzung eingesetzt.

Zur kontrollierten Volumenreduktion der mittels Säge oder Schere zerlegten Abfälle ist eine Hochdruckpresse mit einem Preßdruck von 500 bar vorgesehen. Die Abfälle werden dazu in 180 Ltr.-Knautschtrommeln gefüllt und in der Presse zu Preßlingen mit einem Durchmesser von 535 mm verpreßt. Die Preßlinge werden nach einer Gewichtsbestimmung und einer Höhenvermessung programmgesteuert den Abfallfässern zugeordnet. Das Befüllen der in der Doppeldeckelschleuse bereitstehenden Abfallfässer mit Preßlingen wird mit Hilfe des Kraftmanipulators durchgeführt. Anschließend werden diese Fässer kontaminationsfrei ausgeschleust. Den Verarbeitungskreislauf der Abfälle über Sortiertisch, Säge, Schere, Hochdruckpresse und Doppeldeckelschleuse gibt die **Abb. 6** wieder.

Bei der Konditionierung von MAW-Abfällen sind eine Reihe von Anforderungen und Randbedingungen zu beachten, die sich aus den materialspezifischen und aus den radiologischen Eigenschaften der zu verarbeitenden Abfälle ableiten. Hier ist zunächst zu nennen die hohe Oberflächendosisleistung von mehr als 2 mSv/h, die eine fernhantierte Verarbeitung in abgeschirmten Zellen erforderlich macht. Die hohe Oberflächenkontamination, besonders in Form von Alpha-strahlender Kontamination im Falle von Abfällen aus der Stilllegung der WAK und weiterhin auch in Form lose anhaftender Crudablagerungen bei Core-Bauteilen aus Leistungsreaktoren, führen zu der Notwendigkeit der Einhausung der Zerlegegeräte, um so eine unnötige Aktivitätsausbreitung innerhalb der Verarbeitungszelle zu verhindern. Bei der Verfahrensauswahl der Zerlegegeräte ist außerdem die teilweise sehr hohe Materialversprödung zu berücksichtigen, ebenso die Eignung der Maschinen zur Zerlegung von Zirkaloywerkstoffen und Verbundwerkstoffen. Neben diesen materialspezifischen Eigenschaften ist die komplexe Geometrie verschiedener Abfallkomponenten wie Behälter mit Innenstrukturen aus der WAK oder Steuerelementen aus DWR-Anlagen zu beachten. Aus diesen Anforderungen und Randbedingungen ergeben sich die Auswahlkriterien für die Trenntechniken nach **Abb. 7**.

4. Sicherheitskonzept

Die innerbetriebliche Sicherheit wird durch eine dauernde Überwachung der Anlage hinsichtlich Funktionsfähigkeit, Betriebszustand, Störungen und Strahlenschutz gewährleistet. Hinzu tritt die Überwachung des Personals.

Die wesentlichen Gesichtspunkte des Sicherheitskonzeptes zur MAW-Verschrottungsanlage werden in **Abb. 8** genannt. Ein Barrierensystem gegen eine Aktivitätsfreisetzung nach außen ist gegeben durch die mehrfachen Abschirmto-

re der Schleuszellen. Die Lüftungstechnische Anlage ist so konzipiert, daß durch entsprechende Unterdruckhaltung in jedem Betriebszustand eine Strömungstendenz in Richtung der Verarbeitungszelle, die den höchsten Kontaminationsgrad der Anlage besitzt, aufrecht erhalten wird. Zusätzlich werden die Anlagenräume durch eine dauernde Strahlenschutzüberwachung mit fest installierten Geräten zur Messung der Ortsdosisleistung und mit Aerosolmonitoren überwacht. Durch administrative Maßnahmen, wie einer Verarbeitung in Chargen nach Abfallherkunft und anschließender fernhantierter Dekontamination der Zellen, wird eine unzulässige Erhöhung des Kontaminationsniveaus der Verarbeitungszelle vermieden.

5. Schlußbetrachtung

Durch Erweiterung der bisher betriebenen MAW-Verschrottung um zwei wesentlich größere Zellen wird die Verarbeitungskapazität dieser Anlage beträchtlich gesteigert. Die Nutzungsmöglichkeiten und die Vorteile dieser Anlage werden im folgenden zusammenfassend aufgeführt:

- Volumenreduktion von MAW-Abfällen durch Hochdruckkompaktierung
- Zerlegung metallischer Abfälle komplexer Geometrie und unterschiedlicher Werkstoffe
- Berücksichtigung aller gängigen Transportbehälter
- Endlagerechte Konditionierung und Verpackung
- Strahlenminimierung des Betriebspersonals durch Fernhantierungstechnik
- Kostengünstige Verarbeitung durch zeitliche Entlastung des Betriebsablaufs der kerntechnischen Anlage zum einen bei der Core-Bauteilezerlegung im KKW, zum anderen bei der Stilllegung kerntechnischer Anlagen.

Die Realisierung des Projektes MAW-Verschrottung ist im Zeitrahmen des Terminplans nach **Abb. 9** vorgesehen. Die Inbetriebnahme der Gesamtanlage wird Ende März 1996 erwartet. Die neue MAW-Verschrottung wird damit aufgrund der zeitlichen Realisierung und der geplanten Verarbeitungskapazität dem gewachsenen Bedarf nach MAW-Verarbeitungsmöglichkeiten, insbesondere aus den Stilllegungsvorhaben auf dem Gelände der KfK gerecht.

Literatur:

- /1/ Konzeptbeschreibung MAW-Verschrottung, Bau 536,
W.Hempelmann, G. Steinhaus, 1.10.1992;
- /2/ Vorläufige Handhabung von radiokativen Reststoffen und Abfällen
sowie deren Verpackungen in der MAW-Verschrottung, Bau 536,
Stand 12.08.1993,
Waldenmeier, Steinhaus, Fischer, Hempelmann
- /3/ Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle
(Vorläufige Endlagerbedingungen, Stand April 1990)
- Schachtanlage Konrad, P. Brennecke, E. Warnecke
- /4/ Betriebsbeschreibung MAW-Verschrottung, L. Küppers, 3. März 1993
- /5/ Überblick über die Konditionierung von Corebauteilen aus DWR- und
SWR-Reaktoren- im Kernkraftwerk - in den Heißen Zellen des KfK-
HDB, Oldiges, Juni 1993
- /6/ Statusbericht zur Corebauteilentsorgung, Schlösser, April 1993
- /7/ Stilllegungskonzept für die Kompakte, Natriumgekühlte Kernreaktor-
anlage II (KNK II), Affeld, Auler, Lörcher
NIS-Bericht-Nr. 984

Anlage	Abfallmasse in Mg	Verarbeitungs- zeitraum
WAK	327	1998-2005
MZFR	336	1998-2002
KNKII	350	1994-2002
KKW GNS-Angaben	122 *	ca. 10a
Gesamtsumme	1.099	ca. 10a

* Derzeit vorliegende Abfallmenge an Corebauteilen in deutschen KKW's (DWR+SWR)



**Abb.1: Erwartete Massen metallischer
radioaktiver Abfälle (MAW)**

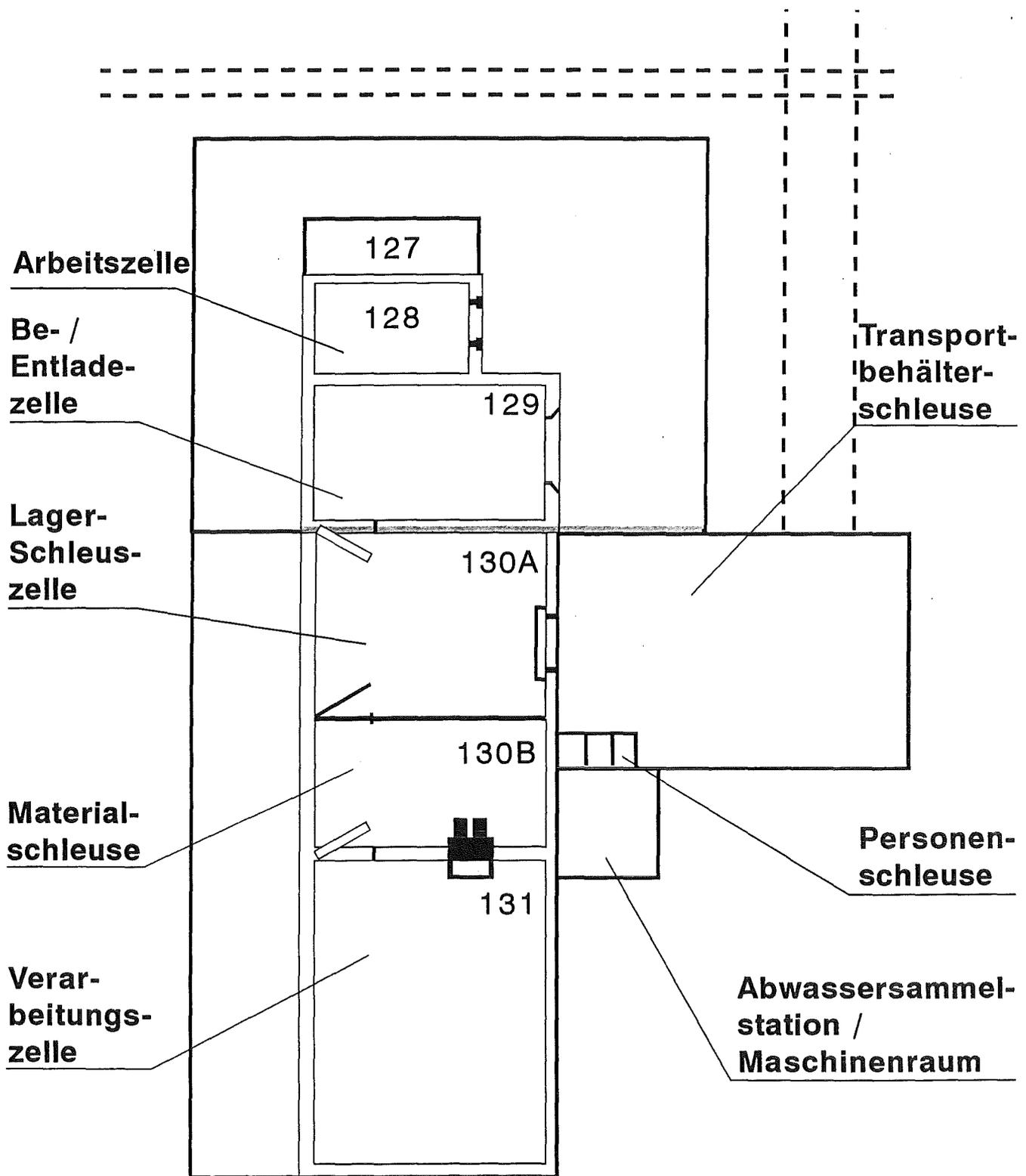


Abb.2: Zellen der MAW-Verschrottung

Transportbehälter		Innenbehälter
Standard- behälter	Behälter bis 100Mg z.B. MOSAIK 80T	Transportkorb
	Container bis h = 1500 mm Typ KONRAD	200l - Faß mit/ohne DD 400l - Faß mit/ohne DD Innen-Container
	Gußrundabschirmungen	200l - Faß mit/ohne DD 180l - Knautschtrommel
Sonder- behälter	Container bis h = 1700mm Typ KONRAD	200l - Faß mit/ohne DD 400l - Faß mit/ohne DD Innen-Container
	Gußrundabschirmungen bis m = 10Mg	ohne Innenbehälter
	TB - Flaschen für Corebauteile	ohne Innenbehälter

**Abb.3: Handhabbare Behältertypen in der
MAW-Verschrottung**

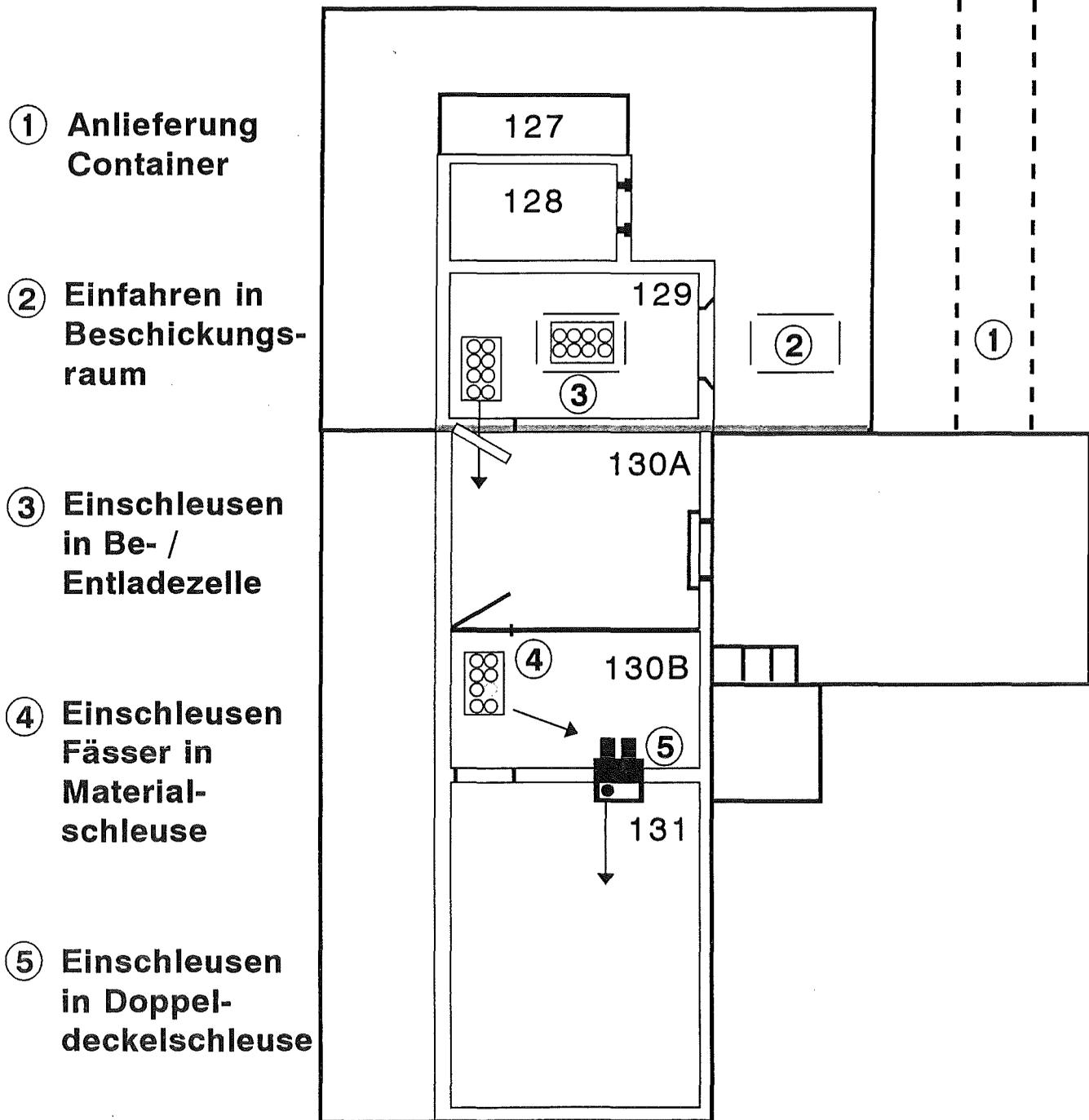


Abb.4: Handhabung von Containern mit 200l - Fässern mit Doppeldeckel

- ① Anlieferung Transportbehälter
- ② Einfahren in TBS
- ③ Andocken an Andocksystem
- ④ Entnahme Tragkorb
- ⑤ Umsetzen auf Sortierwagen H30
- ⑥ Einschleusen Tragkorb
- ⑦ Entnahme Corebauteile

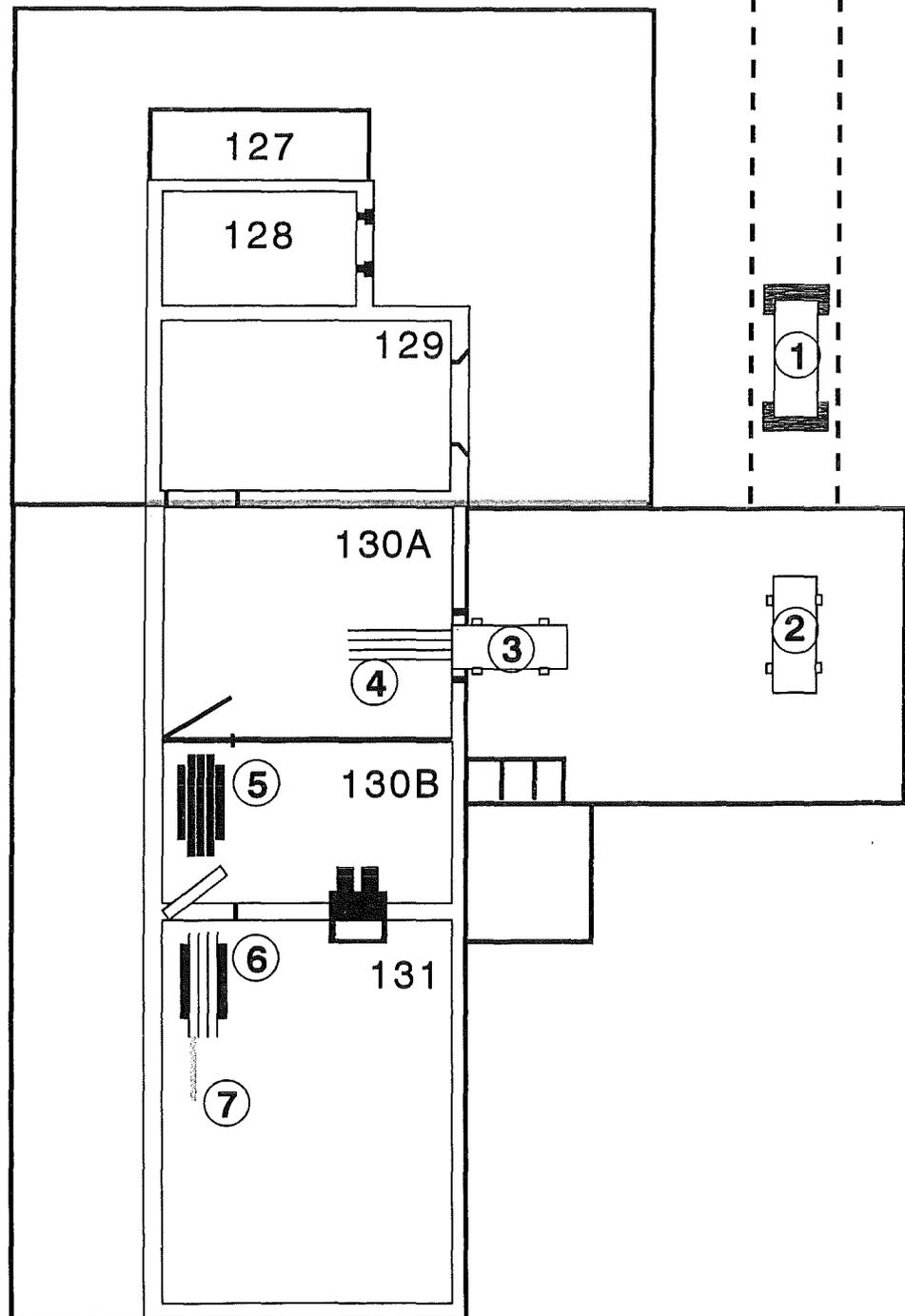


Abb.5: Handhabung von Transportbehältern bis 100 Mg

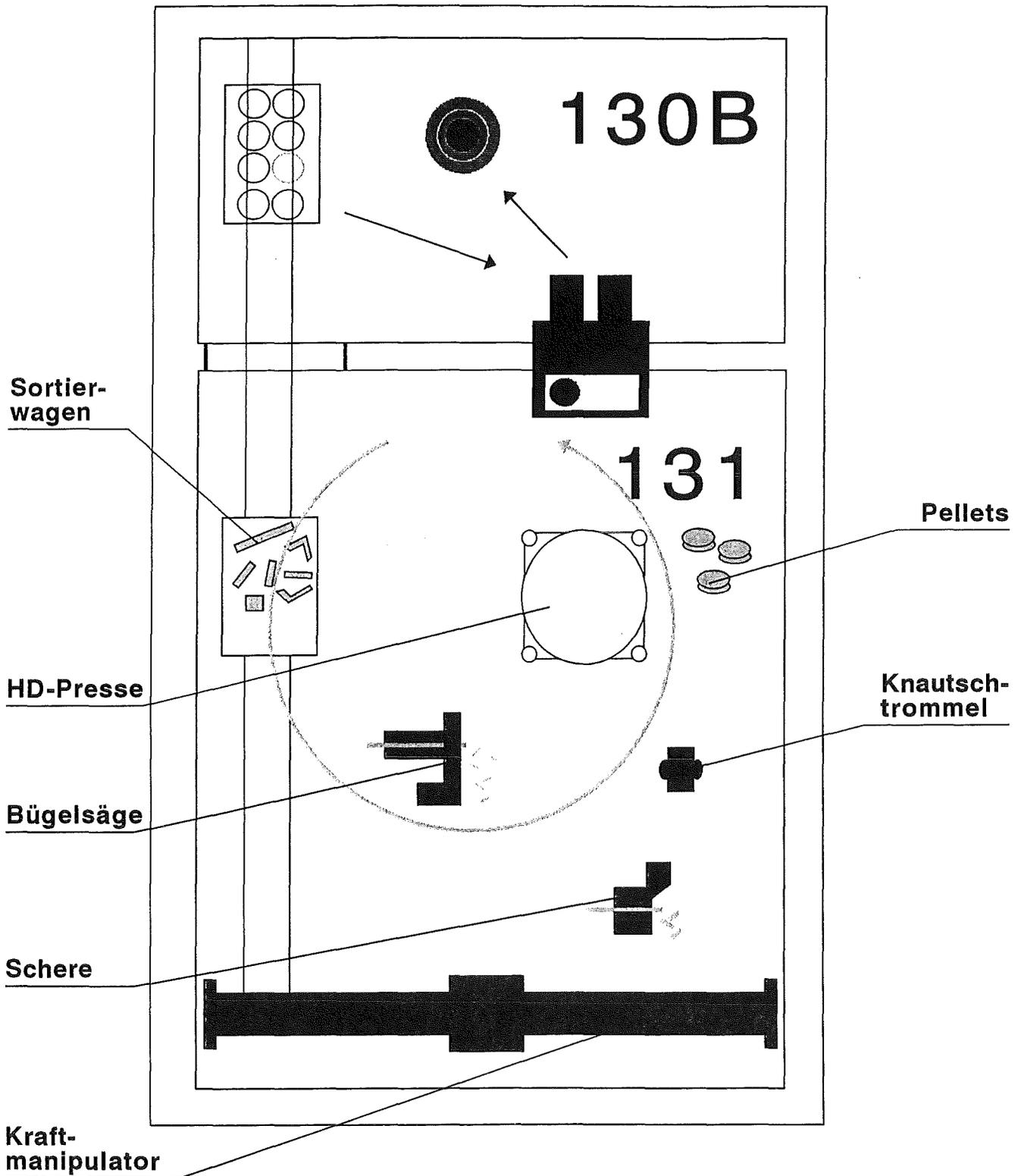


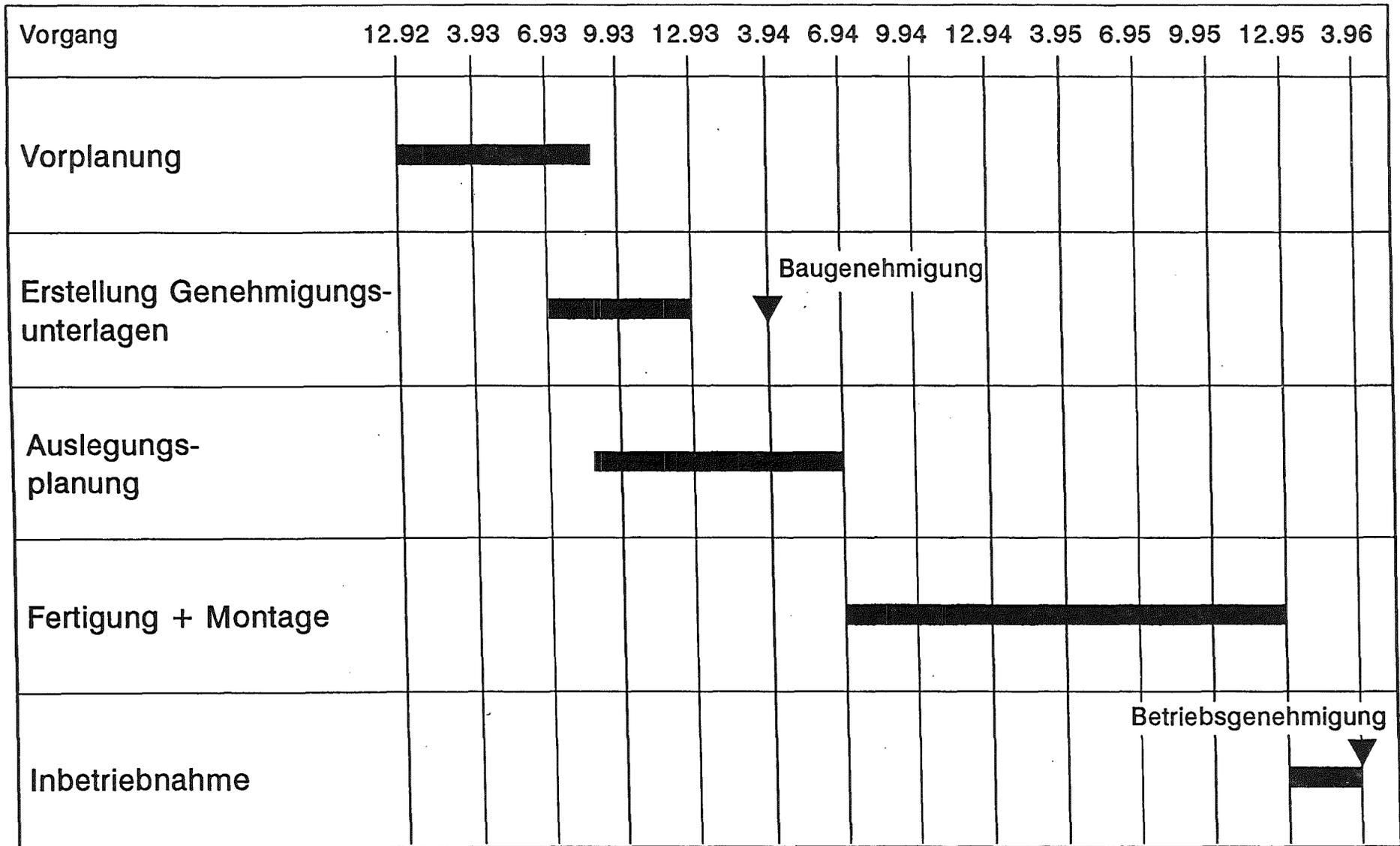
Abb.6: Verarbeitung von Abfällen in der Verarbeitungszelle

- **hochlegierter Stahl**
- **Verbundwerkstoffe**
- **Materialversprödung**
- **Schnittkräfte**
- **Betriebliche Parameter**
- **Aerosolkontamination**
- **Sekundärwaste**
- **Dekontamination**
- **Kosten**

Abb.7: Auswahlkriterien für Trenntechniken

- **Barrierensystem**
- **Strömungstendenz in Richtung Zelle 131**
- **Auslegung Zelle 131 als α - Zelle nach DIN 25420/R6**
- **Abstufung des Kontaminationsgrades von Zelle 131 bis Zelle 129**
- **Verarbeitung in Chargen**
- **Fernhantierte Dekontamination in Zelle 131**
- **Überwachungsgeräte**

**Abb.8: Sicherheitskonzept
MAW - Verschrottung**



9.16

Abb.9: Terminplan MAW - Zellen

30 Jahre Gerätedekontamination

W.Hempelmann

Zusammenfassung

Die Entwicklung der Gerätedekontamination mit Beginn der 60iger Jahre wird anhand der Zielsetzung der verwendeten Dekontaminationsverfahren, sowie des Personaleinsatzes und den damit erreichten Betriebsergebnissen, dargestellt.

Aus der ursprünglichen Zielsetzung der Gerätedekontamination "Reinigung von vorwiegend in der KfK anfallenden kontaminierten Gegenstände zur Wiederverwendung" mittels naßchemischer Methoden, entwickelte sich ein Betrieb zur Dekontamination von radioaktiven Reststoffen mit dem Deko-Ziel der schadlosen Wiederverwertung. Die heutigen Deko-Verfahren sind Trockenstrahlen mit Stahlkies für C-Stahl, Blei und Betonstrukturen, sowie das Beizen für Austinitische Stähle und Nichteisenmetalle. Reststoffe deren Dekontamination nicht sinnvoll erscheint werden in einer 1984 errichteten Anlage durch Verpressen im Volumen eingeeengt und endlagergerecht konditioniert.

In Zukunft werden mit dem zunehmenden Abriß von Reaktoren und anderen kerntechnischen Anlagen, wie z.B. der Wiederaufarbeitungsanlage, neue Aufgaben gestellt werden.

Historie, Verfahren, Betriebsergebnisse, Personaleinsatz und Ausblick

Mit zunehmendem Umgang mit radioaktiven Stoffen, Anfang der 60iger Jahre, ergab sich die Notwendigkeit, Geräte und Anlagen im Kernforschungszentrum Karlsruhe zu dekontaminieren um sie wiederzuverwenden oder schadlos zu entsorgen. In den Anfängen wurde dies im Rahmen des sogenannten Deko-Trupps in einer kleinen Werkstatt in Bau 543 durchgeführt. Neben der Dekontamination von Geräten wurde vom gleichen Personal die Deko von Anlagen im KFZ und außerhalb bei Noteinsätzen der Landessammelstelle durchgeführt. Im Jahr 1966 wurde dann eine größere Gerätedekontamination, der heutige Bau 548 errichtet. Gleichzeitig wurde die Dekontamination

von Anlagen dem Dekontaminationstrupp übertragen. Nach der Auflösung des Dekotrapp in der damaligen Form ging das vorhandene Personal wieder zurück in die Gerätedekontamination.

Heute existiert der Dekotrapp nur noch als Einsatztrupp im Rahmen der Störfalleinsatzplanung.

Wie bereits zwar erwähnt, bestand die ursprüngliche Aufgabe der Gerätedekontamination in der Reinigung von vorwiegend in der KfK anfallenden kontaminierten Gegenständen zur Wiederverwendung. Das Betriebsergebnis wurde demzufolge im Wert der dekontaminierten Teile ausgedrückt. mit zurückgehenden nuklearen Aktivitäten der KfK, Änderung der gesellschaftlichen Entwicklung in Richtung Wegwerfgesellschaft und andererseits zunehmendem Abfall an Schrott und sonstigem Abfall aus dem Abriß von kerntechnischen Anlagen, änderte sich die Aufgabenstellung der Gerätedekontamination

**Bild 1 (Betriebsergebnisse der Gerätedekontamination von 1975 - 1992)
Durchsatz in m³ - Neuwert der dekontaminierten Geräte**

zeigt, daß der Neuwert der kontaminierten Geräte seit 1979 ständig zurückgeht. Gleichzeitig steigt der Durchsatz seit 1985 erheblich an. Diese Tendenz ist auf die zunehmende Deko mit dem Ziel der schadlosen Wiederverwertung zurückzuführen. Wegen der fehlenden Endlager bestand der Zwang, eine maximale Volumeneinengung ohne Rücksicht auf erhöhte Kosten zu erreichen. Wie erfolgreich die Gerätedeko hier gearbeitet hat geht aus aus dem

**Bild 2 (Betriebsergebnisse der Gerätedekontamination von 1975 - 1992)
Produzierte Abfälle - Volumenreduktion**

hervor. Einem steigenden Durchsatz steht eine konstante oder sogar sinkende Produktion von endlagerfähigem Abfall gegenüber. Der Volumenreduktionsfaktor von 5 - 10 in den Anfängen der 80ziger Jahre hat sich auf 50 - 60 im gegenwärtigen Zeitraum erhöht. Nicht berücksichtigt ist hier die endlagerfähige Verpackung von Bauschutt, die mit keiner wesentlichen Volumenreduktion verbunden ist. Bis 1983 wurden metallische Reststoffe ausschließlich in der Gerätedeko behandelt. Ab 1984 wurden diese Abfälle, sofern eine Deko nicht sinnvoll erschien, in der Verschrottungsanlage vorwiegend durch Verpressen im Volumen eingeengt und konditioniert. Die Betriebsergebnisse dieser Anlage gehen aus

Bild 3 (Betriebsergebnisse der Verschrottungsanlage von 1983 - 1992)

hervor. Es wurde eine mittlere Volumenreduktion von ca. 5,8 erzielt. Bis 1987 wurde die Anlage in 2-schichtigem Betrieb gefahren. Die erzielten Durchsätze sowie die Betriebserfahrungen waren durchweg gut. Auch die Organisation der Gerätedeko unterlag einem stetigen Wandel. Bis etwa 1987 wurde die Anlage mit Eigenpersonal der KfK und einem geringen Anteil Fremdpersonal betrieben. Auf Grund des Personalabbaues bei der KfK und steigenden Durchsätzen erhöhte sich der Anteil der im Werkvertrag vergebenen Arbeiten, sodaß z.Zt. nur noch ein Anteil von ca. 20-25% durch Eigenpersonal bearbeitet wird. diese Entwicklung ist in

Bild 4 (Personaleinsatz in der Gerätedekontamination von 1975 - 1992)

dargestellt. Die Verschrottungsanlage wurde von Betriebsbeginn an mit Fremdpersonal betrieben. Die Aufgaben des Eigenpersonals verschoben sich damit erheblich in Richtung Beaufsichtigung der Werkvertragsarbeitsgruppen und Organisation des Betriebes. Dementsprechend stieg auch der Bedarf an Strahlenschutzpersonal stark an. Die veränderte Aufgabenstellung der Anlage erfordert eine erhebliche Verbesserung der Qualifikation des Eigenpersonals.

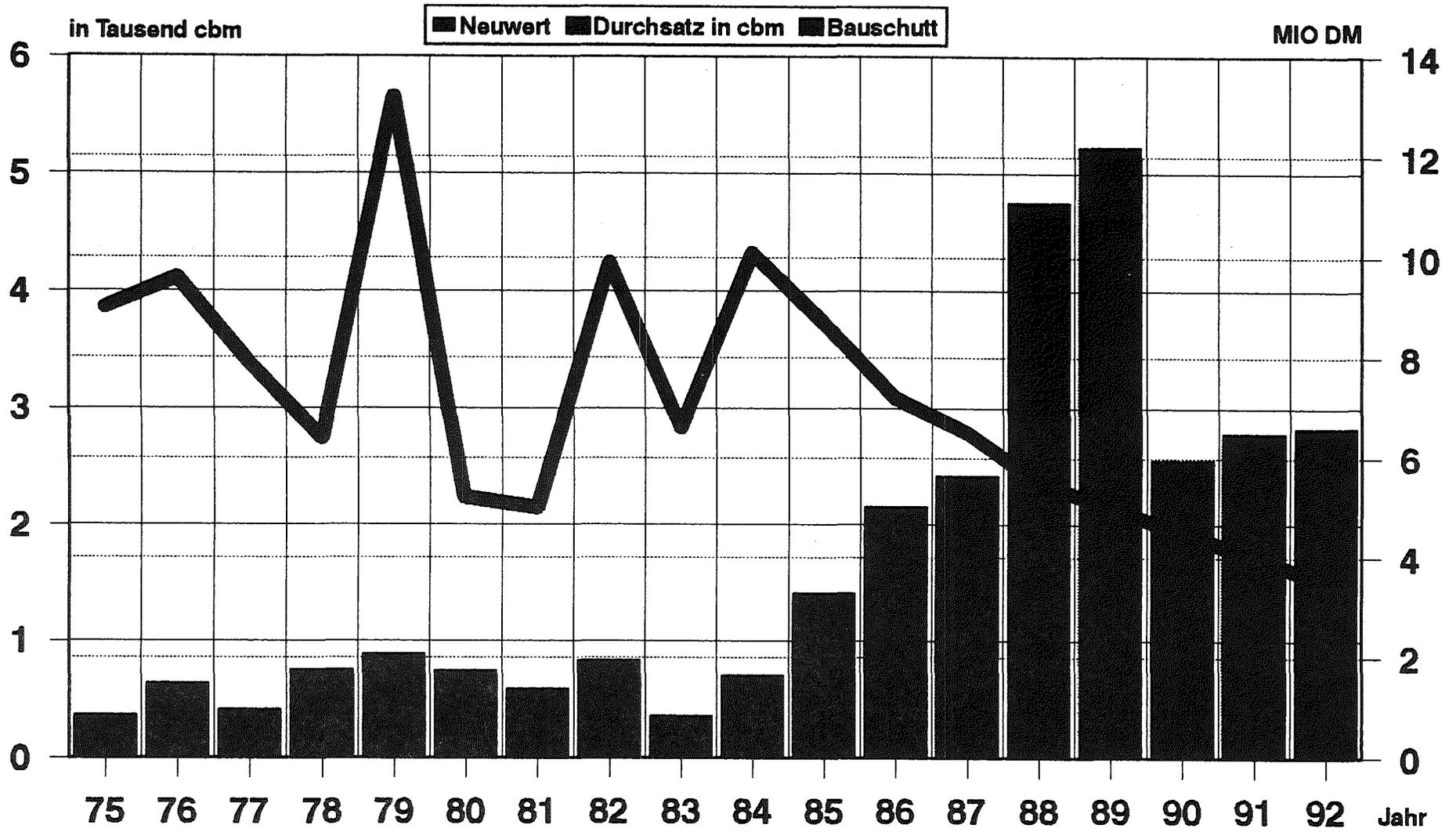
Die in der Anlage angewendeten Dekoverfahren wurden ständig dem Stand der Technik angepaßt. Neue Verfahren wurden erprobt und z.Teil wieder verworfen. Während ein Deko zur Wiederverwendung der Geräte eine schonende Behandlung voraussetzt, kommt es bei der Deko mit dem Ziel der schadlosen Wiederverwertung vorwiegend auf das Erreichen eines hohen und sicheren Dekofaktors sowie auf große Materialdurchsätze an. Gleichzeitig soll der Anfall an Sekundärabfall so gering wie möglich sein.

Dementsprechend wurde in den ersten 15 Jahren der Gerätedeko vorwiegend maßchemisch dekontaminiert. Daneben wurden Methoden wie Ultraschallreinigung, Elektropolieren und Naßsandstrahlen angewandt. Eine Deko bis zur völligen Freigabe des Materials war im allgemeinen nicht notwendig.

Mit Änderung der Aufgabenstellung traten die naßchemischen Methoden in den Hintergrund. Heute verwendet die Gerätedeko für die Dekontamination von C-Stahl, Blei und Betonstrukturen vorwiegend das Trockensandstrahlen mit Stahlkies. Austenitische Stähle und Aluminium werden durch Beizen und Beizpaste und anschließend Hochdruckwasserstrahlen gereinigt. Buntmetalle werden durch Tauchen in Säurebäder dekontaminiert. In den Abbildungen 5 - 10 werden einige der derzeit angewendeten Dekoverfahren dargestellt.

10.4

Im Rückblick über rund 30 Jahre Dekontamination kann man feststellen, daß die Anlage technisch und organisatorisch ständig dem Stand der Technik und den wechselnden Aufgabenstellungen angepaßt wurde und einen erfolgreichen Betrieb hinter sich hat. In Zukunft werden mit dem zunehmenden Abriß von Reaktoren und anderen kerntechnischen Anlagen, wie z.B. der Wiederaufarbeitungsanlage neue Aufgaben gestellt werden. Ich bin sicher, daß diese auf Grund des vorhandenen Erfahrungspotentials und der Flexibilität der Anlage gelöst werden können.



10.5

Abb. 1: Betriebsergebnisse der Gerätedekontamination von 1975 - 1992
 Durchsatz in cbm - Neuwert der dekontaminierten Geräte

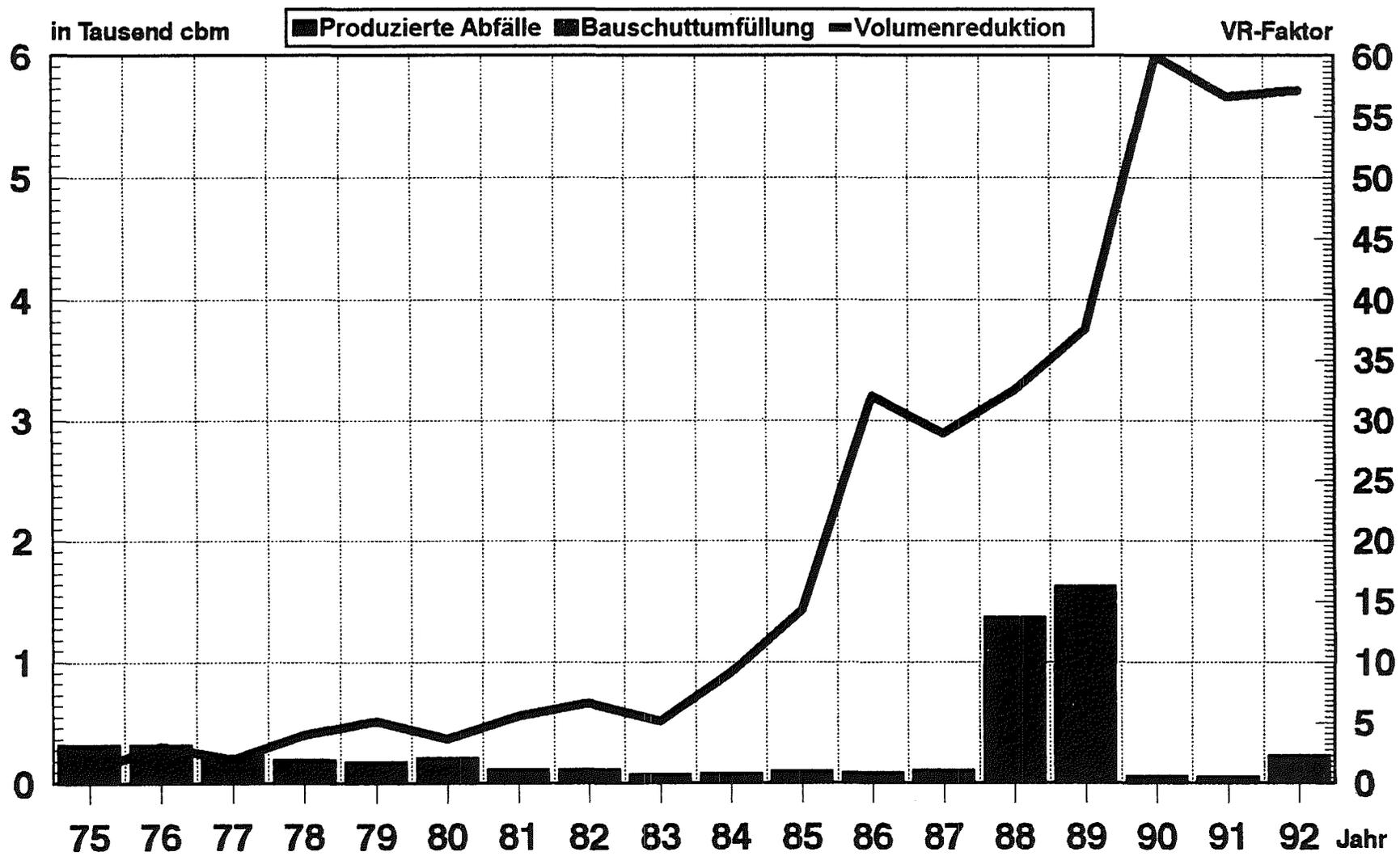
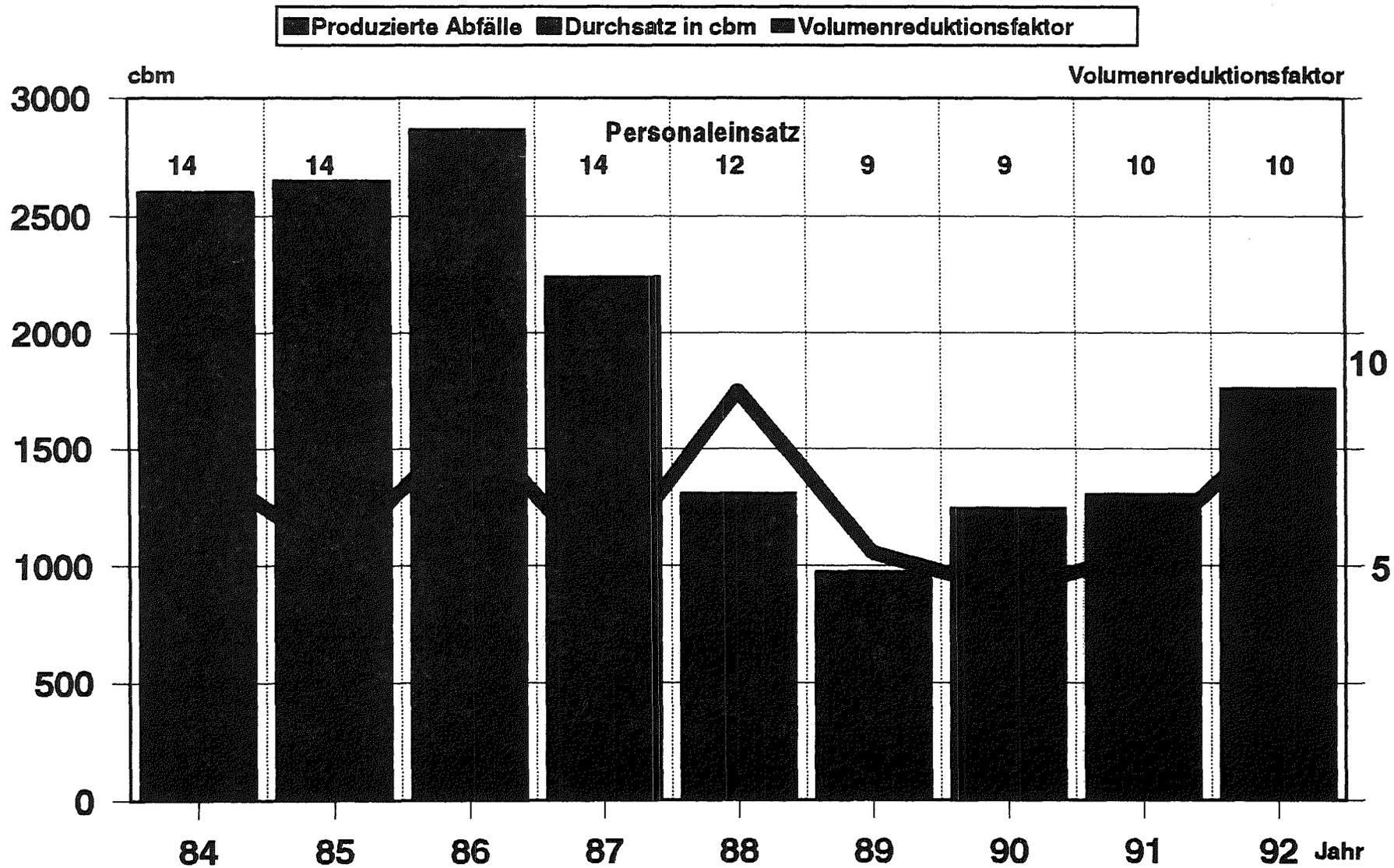


Abb. 2: Betriebsergebnisse der Gerätedekontamination von 1975 - 1992
Produzierte Abfälle - Volumenreduktion



10.7

Abb.3: Betriebsergebnisse der Verschrottungsanlage von 1983 - 1992

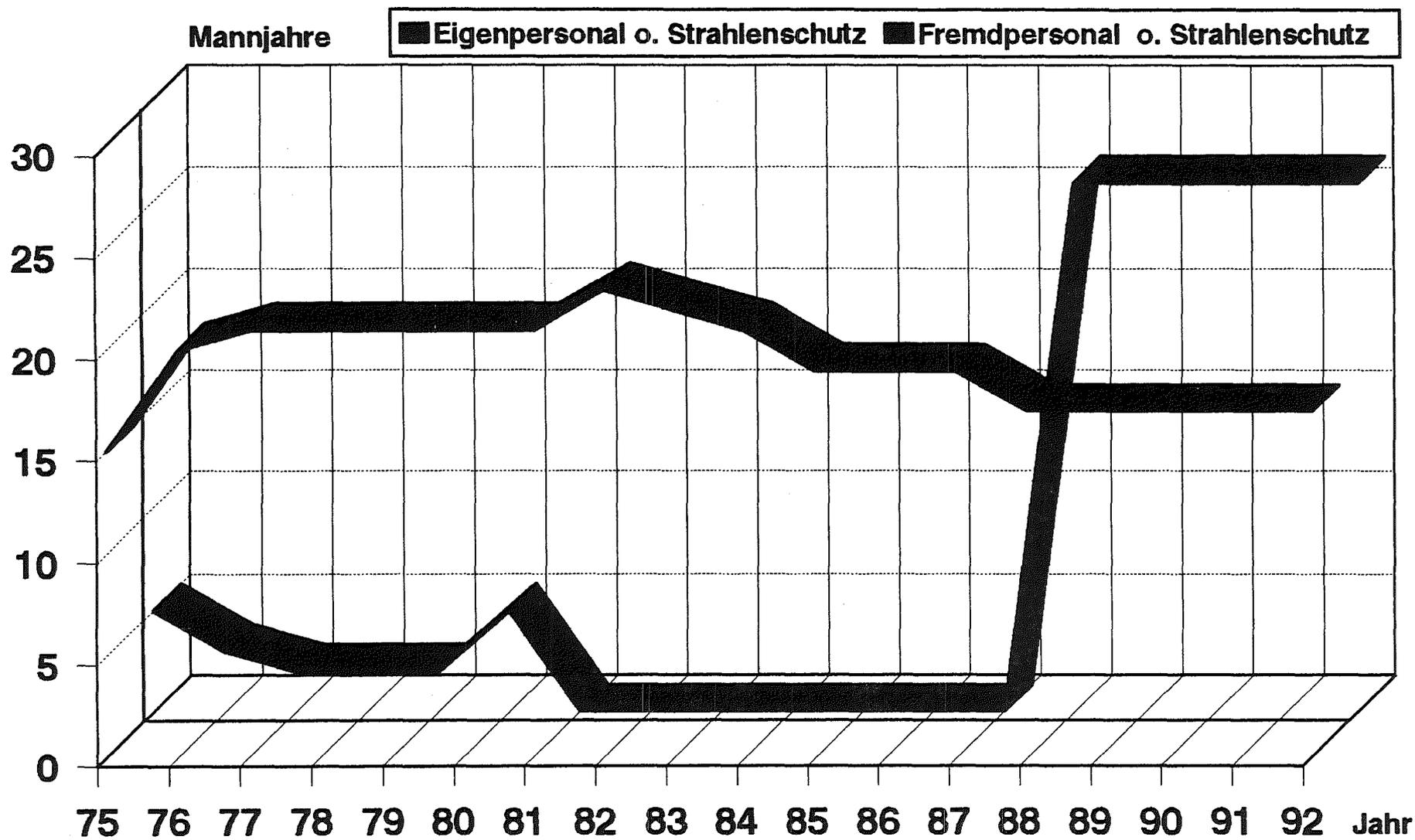


Abb. 4: Personaleinsatz in der Gerätedekontamination von 1975 - 1992

Vorteile:

Sicherer und hoher Dekofaktor bei C-Stahl und Blei.

Geringer Anfall an Sekundärabfall.

Technik wegen Anwendung im konventionellen Bereich bekannt und weitgehend ausgereizt.

Nachteile:

Wegen Staubanfall hoher apparativer Aufwand.

Zerstörung von empfindlichen Oberflächenstrukturen.

Sandstrahlbox	Breite 3 m, Höhe 4 m Länge 5 m
Strahlmittel	Hartgußgranulat 0,8-1,25 mm Korngröße
Dekontaminierte Oberfläche	17.000 m²
Dekontaminierte Masse	400.000 kg
Anlagenbetrieb	1.800 h
Personaleinsatz	5.500 h
Abgestrahlte Kontamination	4E11Bq
Rest-Kontamination	2E9Bq
Dekontaminations- faktor	200

**Abb.6: Betriebsergebnisse-Sandstrahlanlage
(1989)**

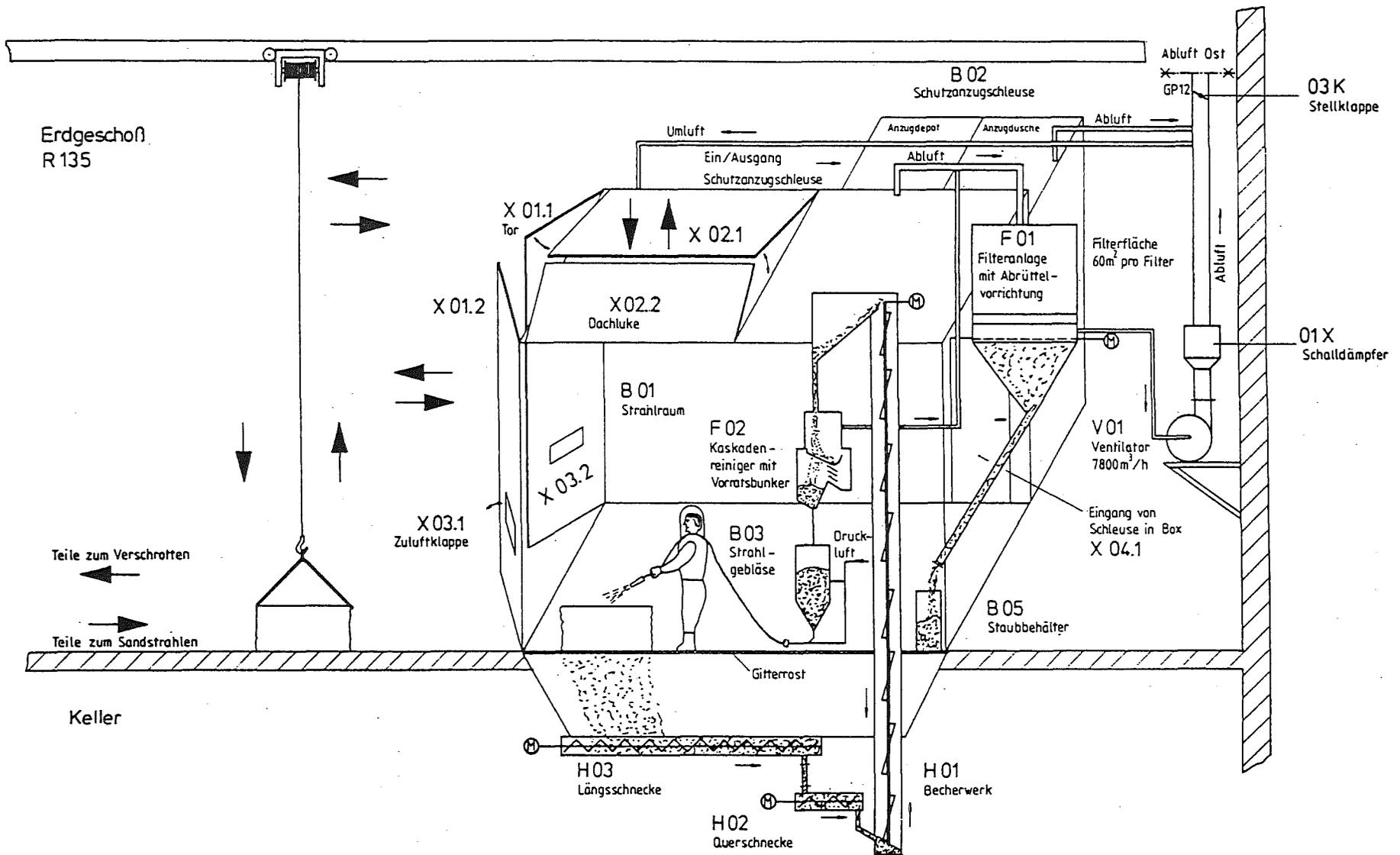


Abb.7: Sandstrahlanlage

Vorteile:

Guter Dekofaktor bei aust. Stahl und Alu.
Geringe Beschädigung der Oberfläche.

Nachteile:

Relativ viel flüssiger Sekundärabfall.
Lange Anwendungszeit.

Abb. 8: Beizen mit Beizpaste und HD-Wasserstrahlen

Vorteile:

Einfache Anwendung bei Buntmetallen.
Geringe Beschädigung der Oberfläche

Nachteile:

Unsicherer Dekofaktor.
Anwendung nur bei Mehrfachbenutzung der
Säure wirtschaftlich.
Gefahr der Rückkontamination.

Abb. 9: Tauchen in Säurebäder

Vorteile:

Guter Dekofaktor bei allen Metallen.
Glatte und saubere Oberflächen.

Nachteile:

Hohe Werkzeug- und Anlagekosten.
Viel Sekundärabfall oder aufwendige
Elektrolytreinigung.

7-1.1.04/19.6

Abb. 10: Elektropolieren

Schmelzen von radioaktiv kontaminierten Metallen aus kerntechnischen Anlagen

Historie und Stationen der Entwicklung

Dr. Manfred Sappok, SIEMPELKAMP GIESSEREI GMBH & CO., KREFELD

HDB-Symposium Karlsruhe, August 1993

1. Die Anfänge

Spricht man heute über das Schmelzen von radioaktiv kontaminiertem Material mit dem Ziel, es wiederzuverwerten, so ist dieses in Fachkreisen als Stand der Technik bekannt. Es dauerte immerhin zehn Jahren, bis das Verfahren von den ersten Anfängen zum heutigen Stand entwickelt wurde.

Bereits im Jahr 1983 wurde der erste Antrag auf Förderung eines Vorhabens bei der Kommission der Europäischen Gemeinschaft in Brüssel gestellt mit dem Ziel, eine "Transportable Anlage zum Umschmelzen von Reststoffen nach Umschmelzverfahren SIEMPELKAMP" - Projekt TAURUS genannt - zu entwickeln. Dieser Antrag wurde positiv beschieden und der Grundstein zum Schmelzen radioaktiver Reststoffe war gelegt.

In den Jahren 1983 bis 1989 wurde im wesentlichen im konventionellen Schmelzbetrieb der SIEMPELKAMP Giesserei auch radioaktives Material erschmolzen. Zu diesem Zweck wurde an Freitagen, wenn der konventionelle Betrieb zur Wochenendpause eingestellt wurde, ein Überwachungsbereich eingerichtet und radioaktives Material erschmolzen. Am Sonntag, vor Beginn des konventionellen Schmelzens, wurde dieser Bereich freige-

messen und nach ordnungsgemässer Übergabe an die konventionelle Schmelzmannschaft der Überwachungsbereich aufgehoben.

Immerhin konnten mit den damals entwickelten speziellen Adaptern und Chargiergeräten insgesamt 1.500 Tonnen eingeschmolzen und verwertet werden.

Als sich im Jahre 1989 schliesslich zeigte, dass die Menge an radioaktiv kontaminiertem Material ein Volumen erreichte, welches sinnvollerweise nicht nur an Wochenenden eingeschmolzen werden konnte und sollte, wurde der Beschluss gefasst, eine Einweckanlage zu errichten, in der ausschliesslich radioaktiv kontaminierte Materialien erschmolzen werden sollten. Der Grundstein für die "Central-Anlage zum Recyclieren Leicht-aktiver Abfälle - CARLA-Halle" wurde gelegt. In nur sechsmonatiger Bauzeit wurde die Halle fertiggestellt und dem Betrieb übergeben. Inzwischen, bis zum heutigen Tag, wurden in der Anlage über 5.000 Tonnen geschmolzen, so dass ein Erfahrungsschatz über ca. 7.000 Tonnen radioaktiv kontaminierten Materials vorliegt.

2. Die Konkurrenz

Die erste Schmelzanlage für radioaktive Stoffe stand nach vorliegenden Aufzeichnungen in den Idaho National Laboratories. 1960 war die "WERF"-Anlage (Waste Experimental Reduction Facility) erbaut und bis in die frühen siebziger Jahre betrieben worden. Aus Rentabilitätsgründen wurde sie damals stillgelegt und auch nicht mehr in Betrieb genommen.

Anfang der achtziger Jahre startete British Steel in Grossbritannien eine Initiative, ebenfalls durch Schmelzen radioaktive Stoffe zu behandeln. Besonderes Ziel war es hier, das Verhalten diverser Nuklide zu untersuchen. Auch hatte man damals noch das Ziel, Kobalt durch spezielle metallurgische Massnahmen aus der Schmelze zu vertreiben.

Als die Versuche den grosstechnischen Massstab erreichten, wurde durch die Gewerkschaften ein Veto eingelegt; das gesamte Vorhaben wurde gestoppt.

Im Rahmen der Stilllegung KRB-A Gundremmingen wurde eine Schmelzanlage direkt vor Ort geplant, wo mit Hilfe eines Ofens die Metalle aus der Stilllegung eingeschmolzen werden sollten. Es war schliesslich die Hauptverwaltung, die Pläne dieser Art stoppte und die externe Verwertung favorisierte.

Im Jahre 1988 hat die damals noch existente Giesserei Hoesch, Düren, den Versuch gestartet, eine Konkurrenzanlage zu der in der SIEMPELKAMP Giesserei befindlichen Anlage zu errichten. Ein externer Drohbrieff hat diese Entwicklung gestoppt.

Mangelnde Absprache mit dem Betriebsrat und der Mitarbeiterschaft liessen auch den Versuch von Buderus in Wetzlar scheitern, zu der Anlage von SIEMPELKAMP in Konkurrenz zu treten. Nachdem man mit den Genehmigungsbehörden schon ein entsprechendes Stück weitergekommen war, bestand der Betriebsrat auf Einstellung des Vorhabens.

1991 ging die "Einschmelzanlage für radioaktive Materialien - EIRAM" in Karlsruhe in Betrieb. Diese Anlage war geplant, um die metallischen Abfälle von der Stilllegung des Kernkraftwerks Niederaichbach einzuschmelzen. Eingezwängt in die Enge des Forschungsreaktors (FR2) war das Schicksal dieser Anlage bereits nach 80 Tonnen Erschmolzenem besiegelt - die Stilllegung. Die Rentabilität war zu gering, um den weiteren Betrieb zu rechtfertigen.

3. Die heutigen Wettbewerber

Wie bereits erwähnt, betreibt die SIEMPELKAMP Giesserei die CARLA-Anlage; hier wird im ersten Schmelzvorgang in einem 3,2-to-Mittelfrequenzofen das Material erschmolzen, in einem zweiten Schmelzgang ein Produkt daraus hergestellt. Die Konkurrenten hierzu sind Studs-

vik/Schweden, wo in einem 2-to-Netzfrequenzofen Material erschmolzen und zu Blöcken abgegossen wird. Eine weitere Verwertung der Blöcke ist nicht möglich.

Die Firma Scientific Ecology Group in Oak Ridge/USA, eine Tochter der Westinghouse Corp., betreibt einen 10-to-Mittelfrequenzofen, in dem ebenfalls radioaktiv kontaminierte Stähle erschmolzen werden. Derzeit werden daraus Blöcke hergestellt; geplant ist in Zukunft die Produktion einfacher Abschirmplatten.

Die Firma SCN Udin in Marcoule/Frankreich betreibt einen 14-to-Lichtbogenofen mit dem gleichen Zweck. Aus dem flüssigen Stahl werden Masseln und Gussblöcke hergestellt. Geplant ist, in eine zweischalige Metallhaut das Material einzugiessen und somit container-ähnliche Geometrien zu erzeugen. Auch hier zeigt sich, dass das Fehlen einer Giesserei in der Umgebung des Schmelzofens zu Problemen bei der Weiterverwertung führt.

Bei JAERI, Tokai-Mura/Japan, schliesslich wird eine Testanlage mit einem 0,5-to-Netzfrequenzofen betrieben, in dem die metallischen Einbauten des benachbarten Versuchsreaktors aus der Stilllegung eingeschmolzen werden.

4. Neue Projekte

Nach wie vor sind weitere grosse Schmelzanlagenprojekte in der Diskussion, von denen einige beispielhaft aufgezählt werden sollen:

Die Energiewerke Nord in Greifswald sind beauftragt, die dortigen WWER-Reaktoren stillzulegen und den Zustand der "grünen Wiese" wiederherzustellen. Dies bedeutet natürlich auch, dass grosse Mengen radioaktiv kontaminierter Metalle anfallen, die sinnvollerweise in einer Schmelzanlage verwertet werden können und sollen. Daraus Container herzustellen, die wiederum zur Einlagerung der hochaktiven Abfälle genutzt werden (Projekt "Monolithbehälter"), könnte erstmals den Nachweis erbringen, dass ein Kernkraftwerk bei der Stilllegung in die eigenen Abfälle verpackt wird. Ge-

plant ist die Erschmelzung von 20.000 bis 40.000 Mg Stahl sowie einiger tausend Tonnen Eisenmetalle.

In der Ukraine, am Standort Tschernobyl, sind durch die Havarie des Blocks 4 in der Umgebung erhebliche Mengen radioaktiv kontaminierter Metalle verstreut; Schätzungen sprechen von bis zu 450.000 Mg Stahl innerhalb der 30-km-Zone. Derzeit wird im Rahmen einer Studie untersucht, wie dieses Material einer Schmelzanlage zugeführt werden kann, um dort die Umgebung wieder lebenswürdig zu machen.

Als drittes Projekt sei das Vorhaben im Kernkraftwerk LATINA in Italien genannt. Dieser Standort unterscheidet sich von anderen dadurch, dass die Dampferzeuger mit insgesamt 6.000 Tonnen einen immensen Metallanteil darstellen. Zur Zeit werden im Rahmen eines Forschungsvorhabens der Kommission der Europäischen Gemeinschaft Materialproben genommen und - sofern sich das Ganze unter den italienischen Zuständigkeiten als genehmigungstechnisch machbar erweist - soll auch hier eine Schmelzanlage errichtet werden.

5. Die Erweiterung der Produktpalette

Zunächst wurden in der Anlage "CARLA" ausschliesslich Stahlabfälle erschmolzen. Immer öfter wurde jedoch von Kundenseite die Frage gestellt, ob nicht auch Nichteisenmetalle, wie z.B. Blei, Aluminium, Kupfer und Messing, erschmolzen werden könnten.

In Kenntnis der Tatsache, dass in einem Induktions-Tiegelofen naturgemäss auch andere Metalle schmelzbar sind, wurden erste Versuche gestartet und, als diese erfolgreich waren, die Produktpalette entsprechend erweitert. Die anliegende Tabelle zeigt, dass inzwischen Stahl, Messing, Kupfer, Aluminium, Blei und Graphit erschmolzen wurden.

Von besonderer Bedeutung bei den Metallen Messing und Kupfer ist der chemische Edelheitscharakter; das ansonsten in der Stahlschmelze verbleibende Kobalt 60 wird hier aufgrund der minderen Edelheit in die

Schlacke verdrängt, so dass Messing und Kupfer durch das Schmelzen quasi dekontaminiert und die Grenzwerte unterschritten werden.

Bei Aluminium ist die Dekontamination durch besondere Schlackenarbeit möglich. Es wurde im Rahmen der Testschmelze nachgewiesen, dass auch hier der Grenzwert von 0,1 Bq/g sicher unterschritten wird, sofern die geeigneten Schlackenbehandlungen durchgeführt werden.

Besondere Schwierigkeiten bereitet das Schmelzen von Blei: in diesem Fall muss eine separate Ausmauerung verwendet werden, da flüssiges Blei wegen seiner hohen Viskosität die üblichen keramischen Ofenausmauerungen leicht durchwandert und zu Kurzschlüssen in der Ofenspule führen kann.

Da Gusseisen üblicherweise 3,5 % Graphit enthält, lag es nahe, auch Versuche mit radioaktiv kontaminiertem Graphit zu fahren. Experimente haben gezeigt, dass fein granuliertes Graphit ohne Probleme in die Schmelze aufgenommen wird. Während bei den üblichen Graphitbehandlungen C14 als CO₂ in die Atmosphäre freigesetzt wird, wird hier der sichere Einschluss des C14 in die Metallmatrix des Gusseisens gewährleistet. Allerdings ist bei einem geringen Anteil von nur 3,5 % im Eisen die gesamte zu verwertende Menge zu gering, um ein ökonomisches Verfahren daraus abzuleiten.

Die bisher optimale Verwertungsform stellt das "Separationsschmelzen" dar, in dem ganze Komponenten wie Elektromotoren, Pumpen, Verdichter, Ventile etc. in einen Schmelzofen eingebracht werden. Die Temperatur wird auf 350°C erhöht, organische Anteile verbrennen bei diesen Temperaturen und Blei wird flüssig. Im ersten Abguss wird das Blei aus dem Ofen entfernt, anschliessend der Ofen erneut angeheizt und auf 800°C erhitzt. In diesem Fall wird Aluminium flüssig, das durch erneutes Abgiessen von der Restschmelze separiert wird; bei 1.100°C wird gleiches mit dem dann flüssigen Kupfer wiederholt, bis schliesslich bei 1.500°C Stahl im letzten Abguss abgegossen werden kann.

Dieses Verfahren ermöglicht eine Wiederverwertung der einzelnen Materialfraktionen als Rohstoff unter gleichzeitiger Minimierung der Strahlenbelastung des Bearbeitungspersonals. Waren früher Zerlegetechniken in

grossem Stil notwendig, um die Einzelteile der Komponenten ausmessen zu können, so wird dies heute ohne jede Interaktion seitens des Personals im Schmelzofen getrennt.

6. Die Verwertung des Materials

Das grundsätzliche Ziel war es, mit Hilfe des Schmelzens von radioaktiv kontaminiertem Material ein Recycling innerhalb der Kerntechnik zu ermöglichen. Dies bedeutet, dass aus den erschmolzenen Stahlmassen neue Produkte für die Kerntechnik hergestellt wurden. In steigender Reihenfolge - unter Bezug auf die Materialanforderungen - ergeben sich Anwendungsfälle wie

- Abschirmplatten
- Abschirmtüren/-tore
- IP-II-Behälter oder TYP-A-Behälter
- Typ-B-Behälter.

Insgesamt sind die bisher erschmolzenen 7.000 Tonnen erfolgreich wiederverwertet worden. Als signifikantes Beispiel ist zu erwähnen der Bau des Abschirmblockes KASCADE im KfK Karlsruhe. 4.000 Tonnen Abschirmriegel sind zusammengefügt, um die Voraussetzung für die Untersuchung der hochenergetischen Höhenstrahlungskomponente zu schaffen. Ein weiteres Beispiel zeigt Abschirmtüren im MAW-Pufferlager Karlsruhe, welches ebenfalls aus der Verwertung radioaktiv kontaminierter Materialien stammt.

Der weitaus grösste Anteil an radioaktiv kontaminierten Materialien ging in die Fertigung von MOSAIK-Behältern, die heute standardmässig in allen Kernkraftwerken Deutschlands eingesetzt werden.

7. Schlussbemerkung

Ein Rückblick auf die Entwicklung der letzten zehn Jahre bestätigt Deutschland im Rahmen der Stilllegung und Entsorgung radioaktiver Abfälle

als einen der Weltmarktführer auf diesem Sektor. Mit der Entwicklung des Konzeptes "Schmelzen radioaktiver Metalle" wurde weltweit ein Impuls gegeben, der der kerntechnischen Entsorgung dient. Ein kleiner Teil der Gesamtproblematik "Entsorgung kerntechnischer Anlagen" konnte damit gelöst werden.

Anlagen:

- Tabelle "Behandelte Materialmassen"
- Bild CARLA-Halle
- Bild Zwischenprodukte
- KASCADE-Aufbau
- Türen MAW-Pufferlager
- MOSAIK-Behälter

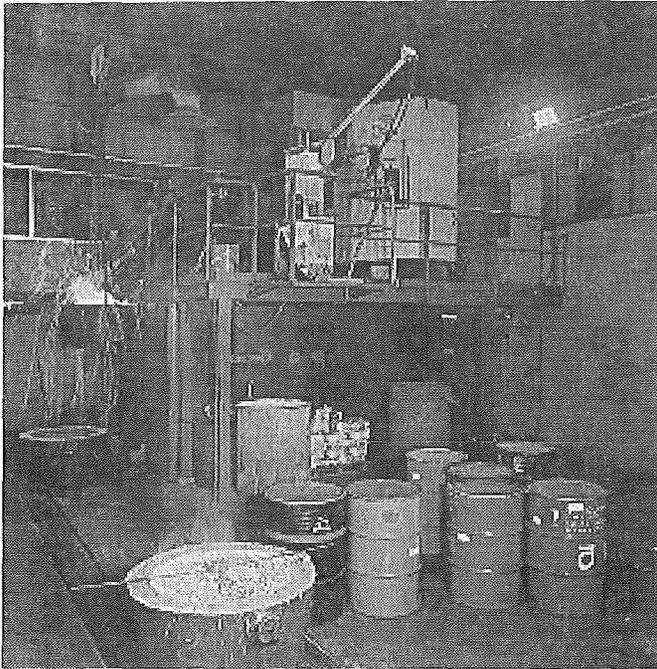


Behandelte Materialmassen (Stand Mitte 1993)

Stahl	6.100	Mg
Messing	158	Mg
Kupfer	11	Mg
Aluminium	34	Mg
Blei	0,3	Mg
Graphit/A-Kohle	39,0	Mg

SCHMELZEN VON RADIOAKTIV KONTAMINIERTEN METALLEN
HDB-Symposium Karlsruhe, August 1993 (HD87)

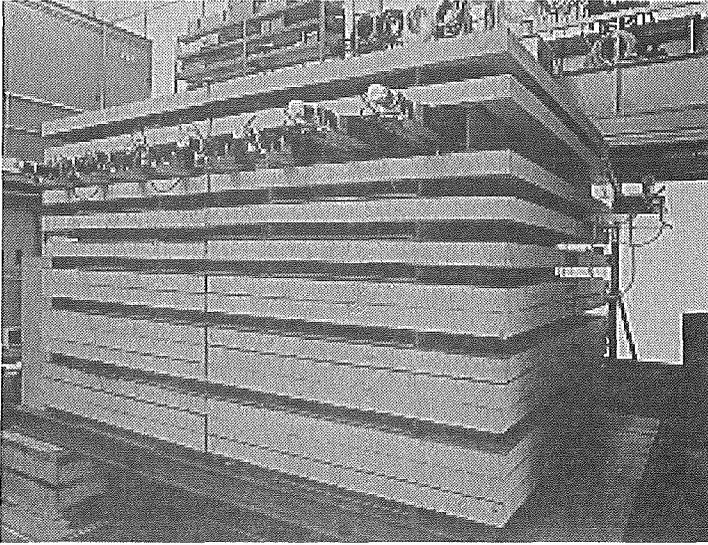
Siempelkamp
Giesserei GmbH & Co.
Krefeld, Germany



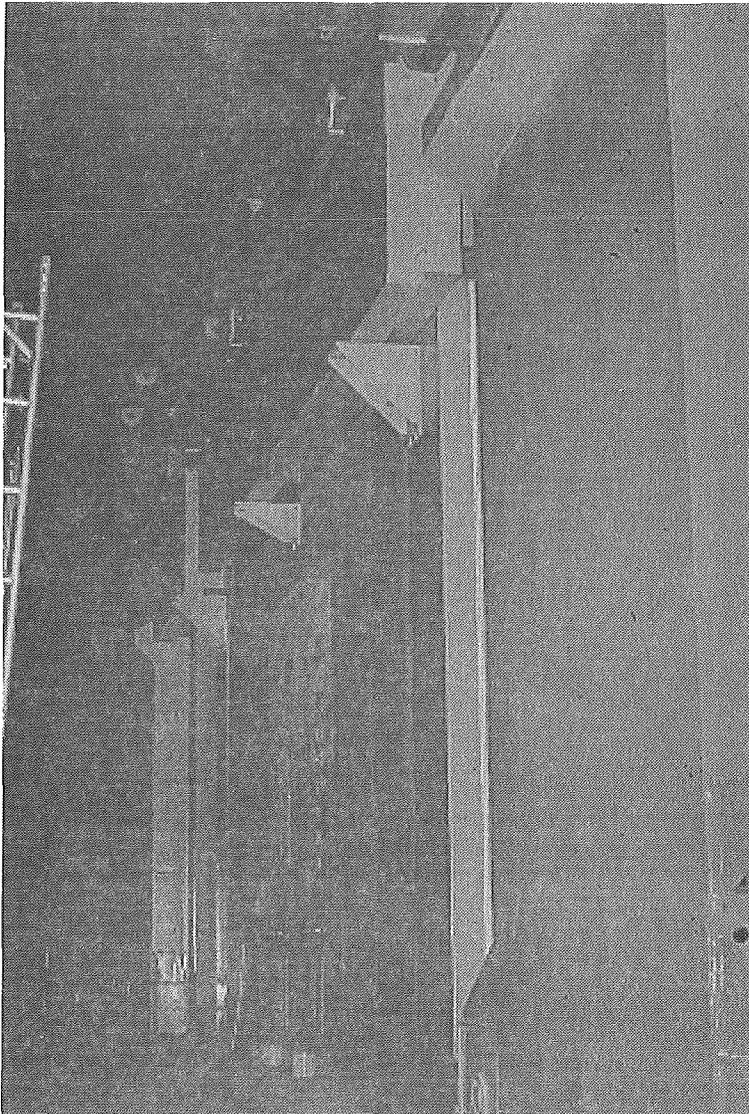
Innenansicht CARLA-Halle



Zwischenprodukte

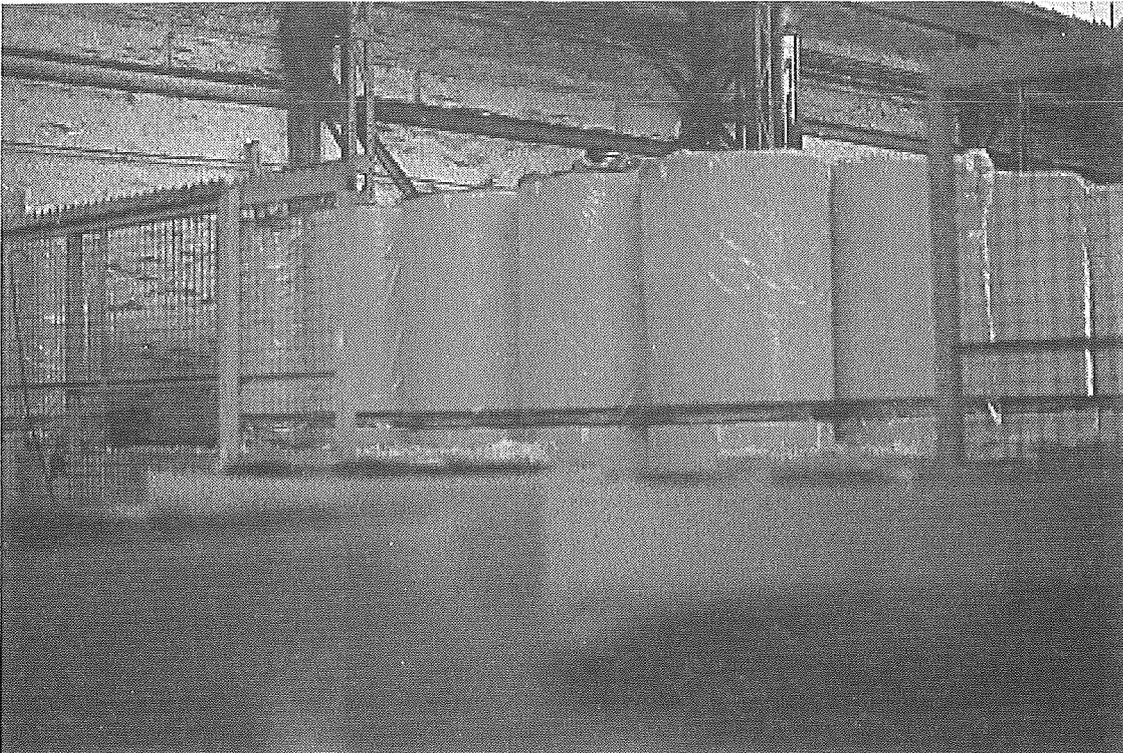


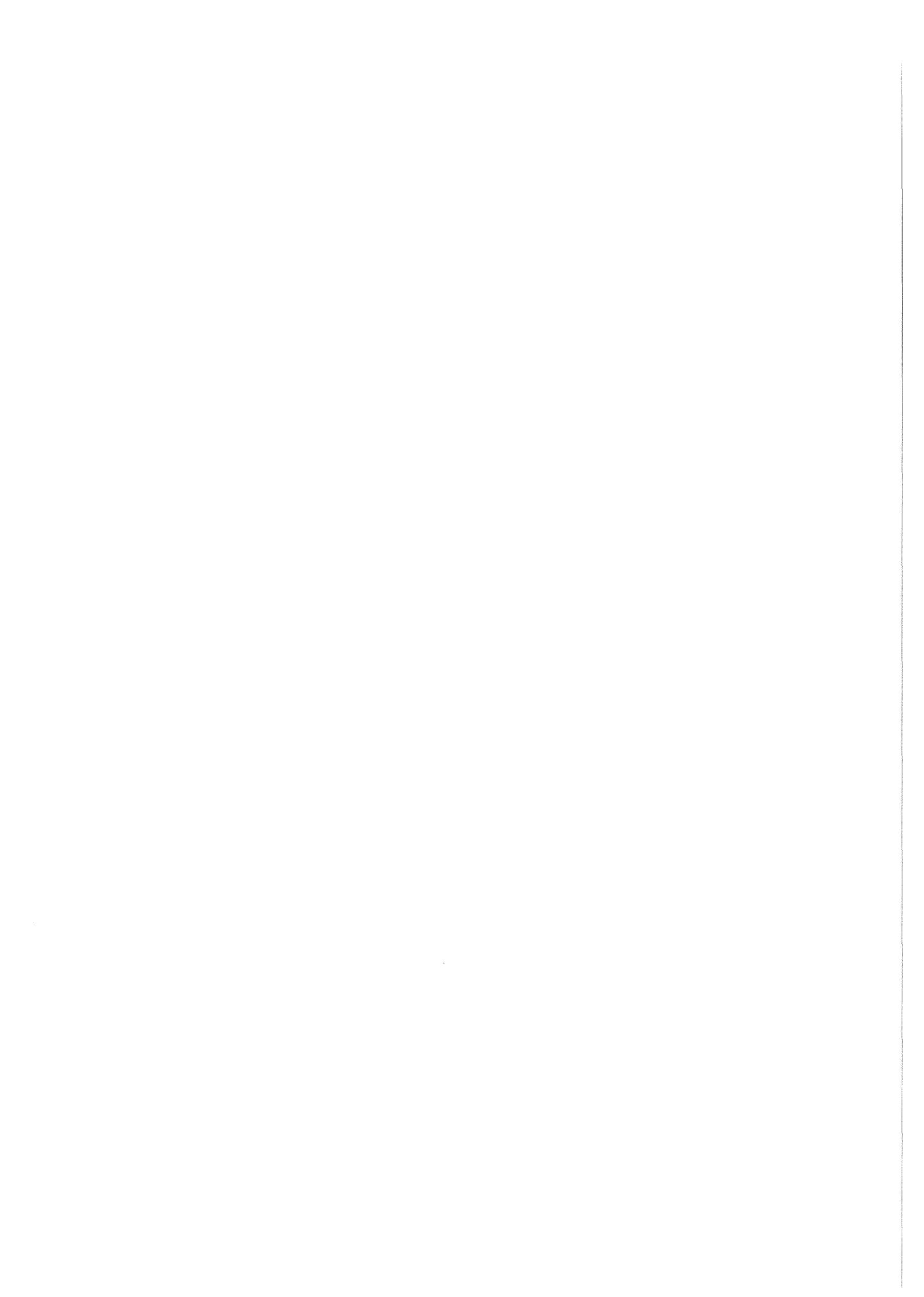
"KASCADE"-Platten



Schiebetoranlage
MAW-Pufferlager
KfK Karlsruhe

MOSAIK-Behälter





Emissionen bei der Konditionierung radioaktiver Reststoffe

R. Becker

Zusammenfassung

Die Verfahren, die in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe zur Konditionierung radioaktiver Reststoffe und Rohabfälle angewendet werden, führen zu Emissionen von radiologischen und chemischen Schadstoffen. Der vorliegende Bericht gibt zunächst einen Überblick über die Praxis der Emissionsüberwachung. Danach erfolgt eine umfassende anlagenbezogene Darstellung der Freisetzung von radiologischen und chemischen Schadstoffen über den Abluft- und den Abwasserpfad.

In der Praxis können alle bestehenden Ableitungsgrenzwerte problemlos eingehalten werden. Außerdem sind die Schadstofffrachten, die freigesetzt werden, so niedrig, daß eine nennenswerte Belastung der Umgebung ausgeschlossen werden kann. Damit wird deutlich, daß unter dem Emissionsaspekt eine Verarbeitung radioaktiver Reststoffe und Rohabfälle auch im Falle hoher Aktivitätsinventare problemlos möglich ist, wenn

- entsprechende Vorgaben bereits bei der Planung und Errichtung von Konditionierungsanlagen und -einrichtungen angemessen berücksichtigt werden und
- alle Verfahren und Prozesse in dieser Hinsicht sorgfältig geplant, gesteuert und überwacht werden.

1. Einleitung

Radioaktive Reststoffe und Rohabfälle werden in der Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe (HDB) des Kernforschungszentrums Karlsruhe zu endlagerfähigen Abfallgebinden verarbeitet. Der Verarbeitungsweg ergibt sich aus dem unterschiedlichen Aktivitätsinventar und den chemischen und physikalischen Eigenschaften der angelieferten Reststoffe und Rohabfälle (Abb. 1).

Alle Konditionier- bzw. Behandlungsverfahren führen zu einer Emission von radiologischen und chemischen Schadstoffen. Die Anlagen, die zur Verfügung stehen, sind jedoch so konzipiert und ausgelegt und die Prozesse werden so optimiert und gesteuert,

daß die resultierenden Umweltbelastungen möglichst gering ausfallen und die niedrigen behördlichen Abgabegrenzwerte für alle relevanten Schadstoffe problemlos eingehalten werden.

Die Meßverfahren, die in der Praxis zur Überwachung der Emissionen eingesetzt werden, richten sich nach der Art des zu überwachenden Prozeßstroms - Abluft oder Abwasser - und den Schadstoffen, die gemessen werden sollen.

Bei der Messung radiologischer Schadstoffe in der Abluft werden zur Überwachung der Emissionsgrenzwerte Proben mit Hilfe geeigneter Filter bzw. Adsorbermaterialien genommen. Diese Proben werden anschließend im Labor ausgewertet. Ein Einsatz kontinuierlich anzeigender Meßgeräte ist nur zur betrieblichen Überwachung der Anlagen zulässig.

Im Gegensatz dazu werden bei der Überwachung chemischer Schadstoffe in der Abluft die behördlich vorgeschriebenen Messungen überwiegend mit Hilfe kontinuierlich arbeitender Analysengeräte durchgeführt. Eine Probenahme mit anschließender Laboranalyse erfolgt nur bei einigen wenigen Schadstoffen, bei denen kontinuierliche Messungen nicht möglich sind, wie z.B. bei polychlorierten Dibenzodioxinen/furanen.

Bei der Abwasserüberwachung werden sowohl bei chemischen wie auch bei radiologischen Schadstoffen die behördlich vorgeschriebenen Überwachungsanalysen und die betrieblich notwendigen Bestimmungen nach einer Probenahme im Labor durchgeführt. Der Einsatz kontinuierlicher Meßgeräte beschränkt sich hier auf die Messung einiger weniger Schadstoffparameter (Ammonium; Nitrat, Phosphat) im Rahmen der Betriebsüberwachung. (Abb. 2).

2. Verbrennen von festen Reststoffen und Rohabfällen

2.1 Emission radiologischer Schadstoffe

Im Jahre 1992 wurden in den beiden Feststoffverbrennungsanlagen 260 Mg an festen Reststoffen verbrannt, was zu einem Ascheanfall von 25 Mg führte. Das Abgasvolumen, das aus den beiden Anlagen emittiert wurde, lag bei 1,1 E7 m³. Es wurde vor der Abgabe an die Umgebung in einer Abgasreinigungstrecke, die aus einem keramischen Heißgasfilter, einem sauren und einem alkalisch betriebenen Wäscher sowie einem Feinfilter bestand, gereinigt. In den beiden Wäschern fielen im Jahr ca. 150 m³ an Abwasser an (Abb. 3).

Mit Ausnahme von Tritium und C-14 wurde nahezu das gesamte Aktivitätsinventar, das mit den Reststoffen in die Anlagen eingebracht worden war, in der Asche wiedergefunden werden (ca. 99,8 - 99,9%). Der Rest befand sich zum größten Teil im Abwasser aus

den Abgasreinigungssystemen. Da dieses Abwasser als leicht radioaktives Abwasser entsorgt wird, werden auch diese Nuklide dem radioaktiven Abfall zugeführt. Die Aktivitätsfreisetzung über das Abgas war vernachlässigbar.

Im Gegensatz dazu findet sich die Hauptmenge des Tritiums und des C-14 im Rauchgas wieder und wird somit in die Atmosphäre abgegeben. Die Konzentrationen und Frachten sind jedoch so gering, daß dies keine Gefährdung oder Belastung der Umwelt darstellt.

2.2 Emission von chemischen Schadstoffen

Mehr als 90% des Rohabfalls, der verbrannt wird, besteht aus Bestandteilen, die ohne Probleme verarbeitet werden können (Papier, Holz, PE-Folien etc.). Der Anteil an PVC im Rohabfall liegt unter 5%. Durch die Verbrennung entstehen aus diesen Reststoffen Asche und Schlacke, die chemisch als weitgehend inert gelten können und auch im folgenden Konditionierschritt - einer Kompaktierung zur weiteren Volumenreduzierung - zu keinen Emissionsproblemen führen.

Die Schadstofffrachten, die mit dem Rauchgas der Verbrennungsanlagen abgegeben werden, sind gering. Dies ist in erster Linie eine Folge des mit 260 Mg niedrigen Jahresdurchsatzes verglichen mit dem einer konventionellen Sondermüllverbrennungsanlage. HCl und SO₂, die beim Verbrennen halogen- und schwefelhaltiger Bestandteile entstehen, werden durch die vorhandenen Abgasreinigungssysteme wirksam aus dem Abgas entfernt. CO ist die einzige Verbindung, bei der die Einhaltung des vorgegebenen Grenzwertes mitunter zu Problemen führt. Dies ist auf die batch-weise Beschickung des Verbrennungsofens und die daraus resultierenden Schwankungen der Sauerstoffkonzentration im Verbrennungsraum zurückzuführen. (Abb.4).

Das Abwasser, das in den Rauchgaswaschsystemen der Feststoffverbrennungsanlagen anfällt, weist einen Salzgehalt von ca. 65 - 70 kg/m³ auf. Zu ca. 90% besteht es aus Chloriden, die sich bei dem Verbrennen von PVC und ähnlichen Substanzen bilden. Es wird in der Eindampfanlage für schwach radioaktive Abwässer weiterbehandelt und führt bei diesem Konditionierschritt zu keinen Problemen im Hinblick auf die Emission von chemischen oder radiologischen Schadstoffen. (Abb.5).

3. Verbrennen von flüssigen Reststoffen

3.1 Emission von radiologischen Schadstoffen

Im Jahr 1992 wurden in der Lösemittelverbrennungsanlage ca. 40 Mg an Ölen und organischen Lösemitteln verbrannt. Ähnlich wie bei den Feststoffverbrennungsanlagen war auch hier der Aktivitätsaustrag im Abgasstrom äußerst gering. (Abb.6). Nur Tritium und C-14 wurden auch in dieser Anlage zu mehr als 90% freigesetzt. Dies führte jedoch auch hier wegen des geringen Aktivitätseintrags in die Anlage zu keiner nennenswerten Belastung der Umgebung.

Die Verbrennung von Lösemitteln und Ölen erfolgt weitgehend rückstandsfrei. Ca. 30 - 40% des eingebrachten Aktivitätsinventars gelangte in das Abwasser der Abgaswäsche. Der Rest befand sich in den Hepa-Filtern, die nach den Abgaswäschern angeordnet sind.

3.2 Emission von chemischen Schadstoffen

Die Chlor- und Schwefelanteile des Rohabfalls, der im Verbrennungsprozeß HCl und SO₂ bildet, fanden sich zu mehr als 90% im Abwasser der Abgaswäscher wieder. Die Emissionsgrenzwerte für SO₂ und HCl konnten wegen der effizient arbeitenden Abgasreinigungssysteme problemlos eingehalten werden. Das Einhalten des CO-Grenzwertes bereitete wegen der kontinuierlichen Beschickung des Verbrennungsofens erheblich weniger Schwierigkeiten als im Fall der Feststoffverbrennungsanlagen. Trotzdem sind auch hier noch kurzzeitige Konzentrationsspitzen feststellbar, an deren Beseitigung derzeit gearbeitet wird. (Abb.7).

4. Eindampfanlagen für flüssige, nicht brennbare Reststoffe

Zur Behandlung von radioaktiv kontaminierten Abwässern stehen in der HDB zwei Eindampfanlagen, die LAW-Eindampfanlage zur Behandlung von für schwach aktivem und die MAW-Eindampfanlage zur Behandlung von für mittelaktivem Abwasser zur Verfügung.

Schwach aktives Abwasser kann in der Regel durch einen Eindampfvorgang dekontaminiert und als LAW-Destillat zur Chemiekläranlage abgegeben werden. Die radiologischen und chemischen Schadstoffe werden bei diesem Eindampfvorgang im Konzentrat angereichert. Bei mittelaktivem Abwasser genügt ein Eindampfvorgang zur Erzeugung eines abgabefähigen Destillates nicht. Hier muß das anfallende Destillat noch ein-

mal als schwach aktives Abwasser, vermischt mit anderen kontaminierten Abwässern, in der LAW-Eindampfanlage behandelt werden.

Obwohl das Aktivitätsinventar, das jährlich in diesen Anlagen durchgesetzt wird, hoch ist, wird nur ein vernachlässigbar kleiner Anteil mit dem Abgas oder mit dem LAW-Destillat aus den Anlagen ausgetragen. Das Abgas enthält ungefähr 10^{-8} % des jährlichen Aktivitätseintrags. Im LAW-Destillat, das zur weiteren Behandlung in die Chemiekläranlage abgegeben wird, finden sich ungefähr 10^{-4} %. Allerdings enthält dieses Destillat ca. 99% der eingetragenen Tritiumfracht. (Abb. 8).

5. Abwasserbehandlung

Der jährliche Aktivitätseintrag in die Chemiekläranlage ist, abgesehen von Tritium, gering und liegt bei ca. $4 \text{ E}8 \text{ Bq/a}$. Durch die Stilllegung der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe ist auch die eingeleitete Tritiumfracht stark rückläufig.

In dem Behandlungsschritt - einem Flockungs/Fällungsprozeß - wird diese Aktivitätsfracht mit einem DF von ≈ 10 weiter reduziert. Der Anteil, der dabei eliminiert wird, findet sich im Klärschlamm wieder. Dieser Schlamm wird derzeit dazu benutzt, um radioaktive Abfallcontainer zu verfüllen. Eine Deponierung findet nicht statt. (Abb. 9).

Die Reinigungsleistung der Chemiekläranlage hängt bei chemischen Schadstoffen von deren Verhalten im Fällungsprozeß ab. Schwermetalle und suspendierte Stoffe werden durch Mitfällung oder Adsorption an die Eisenhydroxidflocke wirkungsvoll eliminiert. Für organische Schadstoffe ist dagegen dieser Reinigungsschritt in der Regel unzureichend. Um auch bei diesen Verbindungen die bestehenden Ableitungsgrenzwerte sicher einhalten zu können, muß bereits ihr Eintrag in die Kläranlage durch entsprechende organisatorische Maßnahmen niedrig gehalten werden. (Abb. 10).

6. Verschrottung

Die Konditionierung von radioaktiven Reststoffen in der LAW- oder MAW-Verschrottung ist im Hinblick auf die Emission chemischer und radiologischer Schadstoffe über den Wasser- und Luftpfad problemlos. Dies ist auf das Anwenden rein mechanischer Verfahren wie Sägen, Schneiden und Pressen zurückzuführen. Verfahren wie autogenes Schneiden und der Einsatz von Sauerstoffanlagen, die zu einer erhöhten Aktivitätsfreisetzung über die Abluft führen können, werden konsequent nicht genutzt. (Abb. 11).

7. Dekontamination von radioaktiven Reststoffen

In der Anlage zur Dekontamination von radioaktiven Reststoffen werden äußerst unterschiedliche Rohabfälle behandelt und konditioniert. (Abb. 12). So werden z.B.

- Anlagenteile und Komponenten zur Wiederverwendung bzw. Wiederverwertung dekontaminiert
- Bauschutt verfestigt
- brennbare Bestandteile wie Holz, Papier und Folien aus Mischabfällen aussortiert
- Lösungen, nicht brennbare Flüssigkeiten und Schlämme verfestigt.

Den Hauptanteil macht die Verarbeitung fester nicht brennbarer Reststoffe (Schrott, Bauschutt, kontaminierte Anlagenteile) mit 90% des durchgesetzten Volumens aus.

Trotz der unterschiedlichen Behandlungsverfahren sind die Emissionen über den Luftpfad bei dieser Anlage ähnlich niedrig wie bei den Verschrottungsanlagen. Die Aktivitätsfracht des Abwassers ist erwartungsgemäß höher. Da dieses Wasser jedoch in der LAW-Eindampfanlage weiter behandelt wird, wird die darin enthaltene Aktivität als LAW-Konzentrat dem radioaktiven Abfall zugeführt. (Abb. 13).

Erwähnenswert ist bei dieser Anlage, daß ca. 25% des durchgesetzten Reststoffvolumens nach entsprechender Bearbeitung zur Wiederverwendung oder Wiederverwertung abgegeben werden können und somit nicht als radioaktiver Abfall konditioniert und endgelagert werden müssen.

8. Zwischenlagerung von konditionierten Abfallgebinden

Derzeit werden ca. 11.000 nicht wärmeentwickelnde und ca. 1.400 wärmeentwickelnde Gebinde bis zu ihrer Abgabe an ein Endlager in der HDB zwischengelagert. (Abb. 14). Diese Zwischenlagerung ist trotz der erheblichen Aktivitätsinventare der Gebinde nur mit einer geringfügigen Aktivitätsemission über den Fortluftpfad verbunden, die darauf zurückzuführen ist, daß derzeit ausschließlich Abfallcontainer verwendet werden, die keine spezifizierte Dichtheit aufweisen. Dadurch ist in geringem Umfang ein Austritt von gasförmig vorliegenden Nukliden möglich.

Verbrennen von Feststoffen

Verbrennen von Lösemitteln und Ölen

Eindampfen bzw. Behandeln von Abwässern

Zerkleinern und Kompaktieren von Schrott

Dekontamination von Materialien und Komponenten

Zwischenlagerung der Abfallgebinde



Abb.1: Verarbeitungswege für radioaktive Reststoffe

Abgas und Fortluft

radiologische \searrow on-line (Betriebswert)

Schadstoffe: \searrow Probenahme (Überwachung)

chem. \searrow on-line (HCl, SO₂, CO, NO_x, Staub)

Schadstoffe: \searrow Probenahme (Dioxine, Furane,
Schwermetalle)

Abwasser

radiologische Schadstoffe: Probenahme

chemische Schadstoffe: Probenahme



3.14.3/16.14

Abb.2: Emissionen und Überwachung

Rohabfall: 260 Mg/a (100%)		Rauchgas: 1,1E7 m³ /a		
1) ohne H-3 und C14	α : 6,3E11 Bq/a $\beta^{1)}$: 1,2E13 Bq/a H-3 : 5,6E10 Bq/a C-14 : 8,9E 8 Bq/a	α : 0,001 % $\beta^{1)}$: 0,002 % H-3 : 90 % C-14 : 93 %		
	Asche: 25 Mg /a		Abwasser: 150 m³ /a	
	α : 99,8 % $\beta^{1)}$: 99,9 % H-3 : - C-14 : 2,0 %	α : 0,2 % $\beta^{1)}$: 0,1 % H-3 : 10 % C-14 : 5 %		

12.9



3.14.4/16.14

Abb.3: Feststoffverbrennung: Mengen und Aktivitäten

Schadstoff	Jahresmenge	Konzentrationsmaximum	Mittlere Konzentration	Grenzwert
(bezogen auf trockenes Gas mit 17% O ₂)				
HCl	59,8 kg/a	50 mg/m ³	4 mg/m ³	50 mg/m ³
SO ₂	54,6 kg/a	80 mg/m ³	3,6 mg/m ³	100 mg/m ³
CO	972,6 kg/a	210 mg/m ³	67 mg/m ³	100 mg/m ³
Kohlenwasserstoffe	37 kg/a	32 mg/m ³	2,7 mg/m ³	20 mg/m ³
Staub	1,8 kg/a	1,5 mg/m ³	0,1 mg/m ³	5 mg/m ³
NO _x	966 kg/a	450 mg/m ³	62 mg/m ³	500 mg/m ³

12.10



3.14.8/16.14

Abb.4: Feststoffverbrennung: Zusammensetzung des Rauchgases

Verbindung	Jahres- menge	Konzentration
Chloride	9.000 kg/a	60 kg/m³
Fluoride	150 kg/a	1 kg/m³
Sulfate	525 kg/a	3,5 kg/m³
Quecksilber	75 g/a	0,5 g/m³

12.11



3.14.7/16.14

Abb.5: Feststoffverbrennung: Zusammensetzung des Abwassers

Rohabfall: 40 Mg/a

α : 9,9E08 Bq/a

$\beta^{1)}$: 3,7E11 Bq/a

H-3 : 3,2E11 Bq/a

C-14 : 4,1E10 Bq/a

(100%)

Abwasser: 25 m³ /a

α : 40 %

$\beta^{1)}$: 30 %

H-3 : 10 %

C-14 : 5 %

Rauchgas: 5E6 m³ /a

α : 0,001 %

$\beta^{1)}$: 0,002 %

H-3 : 90 %

C-14 : 95 %

¹⁾ohne H-3 und C-14

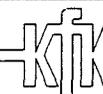


3.14.9/16.14

Abb.6: Lösemittelverbrennung: Mengen und Aktivitäten

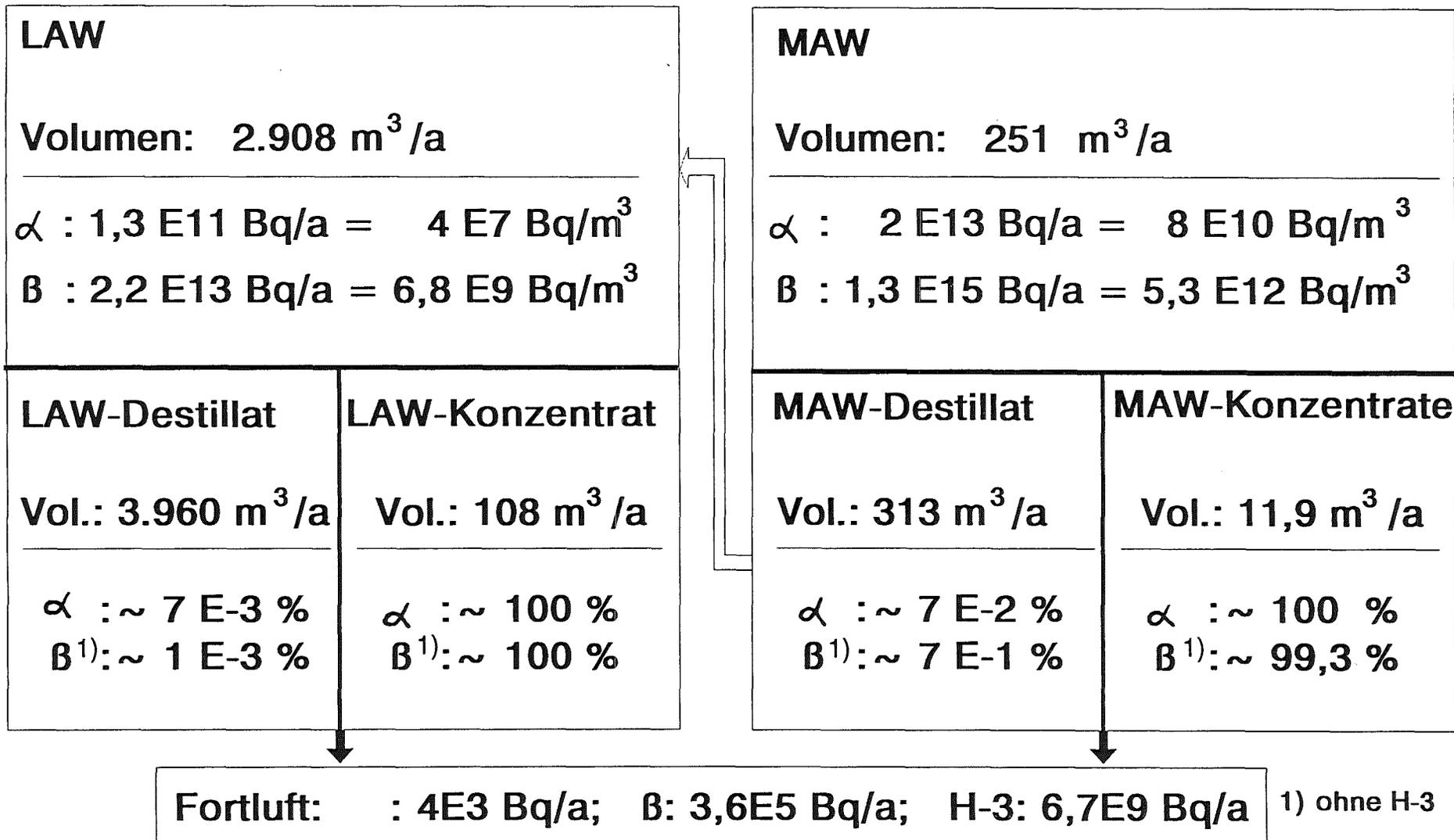
Rohabfall		Verbindung	Jahres- menge	Konzentration	
		Chlor	332kg/a	7,2kg/m ³	
		Schwefel	95kg/a	2 kg/m ³	
Abwasser		Chloride	268kg/a	10,7kg/m ³	
		Fluoride	41kg/a	1,7kg/m ³	
		Sulfate	247kg/a	10,3kg/m ³	
Rauchgas					
Schadstoff	Jahres- menge	Höchste Kurzzeit- konzent- ration	Mittlere Konzent- ration	Grenzwert	
HCl	11kg/a	50mg/m ³	2,2mg/m ³	50mg/m ³	
SO ₂	54kg/a	99mg/m ³	11mg/m ³	100mg/m ³	
CO	80kg/a	220mg/m ³	16mg/m ³	100mg/m ³	
Kohlenwasser- stoffe	39,4kg/a	40mg/m ³	8mg/m ³	20mg/m ³	
Staub	0,6kg/a	1,5mg/m ³	0,1mg/m ³	5mg/m ³	

12.13



3.14.10/16.14

**Abb. 7: Lösemittelverbrennung:
Zusammensetzung von Rohabfall, Abwasser und Rauchgas**



12.14



3.14.11/16.14

Abb.8: Eindampfung von rad. Abwässern: Mengen und Aktivitäten

Rohabwasser		
Chemieabwasser	105.500 m ³ /a	α : 5,8E7 Bq/a $\beta^{1)}$: 3,7E8 Bq/a H-3 : 8,7E11 Bq/a
häusl. Schmutzwasser:	85.500 m ³ /a	

Klärschlamm (35-40% Feststoff)	
Menge:	208 Mg/a
α :	1,5E7 Bq/a
$\beta^{1)}$:	5,2E7 Bq/a

Abwasser, behandelt	
Volumen	: 194.500 m ³ /a
H-3	: 8,6E11 Bq/a
Co-60	: 8,4E5 Bq/a
Sr-90	: 1,1E6 Bq/a
Cs-137	: 1,4E7 Bq/a
Pu-239/240	: 1,8E5 Bq/a
Pu-241	: 1,6E7 Bq/a

1) = ohne H-3



3.14.13/15.14

Abb.9: Abwasserbehandlung: Mengen und Aktivitäten

	Schwermetalle						org. Verbindungen		
	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn	COD	TOC	AOX
Rohabwasser	0,6 kg/a	1,6 kg/a	0,005 kg/a	5 kg/a	4,4 kg/a	25 kg/a	5150 kg/a	1750 kg/a	9 kg/a
Klärschlamm	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	33%	45%	5%
Abwasser, behandelt	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%	67%	55%	95%

12.16



3.14.14/16.14

Abb.10:
Abwasserbehandlung (Chemie-Kläranlage): Elimination von Schadstoffen 14

Rohabfall

Volumen : 1.721 m³
 α : 2,4E13 Bq/a
 β : 2,2E14 Bq/a

Schrott als rad. Abfall

Volumen : 1.250 m³
 α : \approx 2,2E12 Bq/a
 β : 4,6E13 Bq/a

Abwasser

Volumen : 37 m³
 α : \approx 9E7 Bq/a
 β : 7,1E9 Bq/a

Abluft

α : 1,6E5 Bq/a
 β : 2,3E5 Bq/a
H-3: 1E11Bq/a

12.17



3.14.15/16.14

Abb.11: Verschrottung: Mengen und Aktivitäten

fest, nicht brennbar : **Schrott; Bauschutt; Filter; kontaminierte Anlagenteile**
($\approx 2.350 \text{ m}^3$)

fest, brennbar : **Papier, Holz; Folien**
($\approx 120 \text{ m}^3$)

flüssig, nicht brennbar : **Konzentrate (borsäurehaltig); Schlämme; Pu-Wässer; TBP**
($\approx 185 \text{ m}^3$)

Komponenten, Material	
Volumen: 2.650 m ³	(200 m ³ flüssig, nicht brennbar 1.500 m ³ fest, nicht brennbar 120 m ³ fest, brennbar 850 m ³ kont. Anlagenteile)
α : 2,5E13 Bq/a	
β : 4,2E13 Bq/a	

Komponenten zur Wiederverwendung	Material zur Wiederverwertung	Abwasser	Fortluft
Volumen : 234 m ³ α : 1,2E7 Bq/a β : 2,7E11 Bq/a	Schadlos : 418,3 m ³ α : 1,6E7 Bq/a β : 1,3E9 Bq/a Eingeschränkt : 62 m ³ α : ≈ 1E6 Bq/a β : 9,3E8 Bq/a	Volumen : 312 m ³ α : ≈ 7E7 Bq/a β : 1,3E10 Bq/a	α = 1,2E5 Bq/a β = 1,6E5 Bq/a H-3 = 1E11 Bq/a

12.19



3.14.16/16.14

Abb.13: Dekontamination: Mengen und Aktivitäten

nicht wärmeentwickelnd

10848 Gebinde

Abfallproduktvolumen: 11 322 m³

Abfallgebindevolumen: 35.904 m³

Lagervolumen: 41.073 m³

Aktivität: 1,3E16 Bq

wärmeentwickelnd

1420 Gebinde

Abfallproduktvolumen: 248 m³

Abfallgebindevolumen: 383 m³

Lagervolumen: 568 m³

Aktivität: 4,5E16 Bq

Fortluft

α : -

B : 9,1E4 Bq/a

H-3 : 1,4E8 Bq/a

12.20



3.14.18/16.14

Abb.14: Zwischenlager: Mengen und Aktivitäten