



## DECKBLATT

Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Funktion	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	lfd. Nr.	Rev
N A A N	NNNNNNNNNN	NNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	XAAXX	AA	NNNN	NN
9K	33219					EB	RB	0006	00

**Titel der Unterlage** Systemanalyse Konrad, Teil 3  
 Radiologische Bewertung der Störfälle "Absturz einer Transporteinheit im Sonderbehandlungsraum und am Füllort" im Vergleich zu den radiologisch repräsentativen Auslegungstörfällen. GRS-A-1530

Seite  
I  
Stand  
März 1989

**Ersteller** - Umfang 47 Seiten - (März 1989) lfd.Nr. 265  
GRS

Textnummer

### Stempelfeld

**PSP-Element TP 2:** 9K/2127

**zu Plan-Kapitel:** 3.5

PT  
[Redacted]  
27/03/89

Freigabe für Behörden

PT  
[Redacted]  
29/03/89

Freigabe im Projekt

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.



Vermerk

Betr.: Erläuternde Unterlagen zum Plan Konrad

Aufgrund von Nachforderungen des NMU und des TÜV Hannover (siehe z.B. Statusbericht des TÜV Hannover, März 1989, Pkt. 2.1 und 5) ist der folgende Arbeitsbericht erstellt worden:

Systemanalyse Konrad, Teil 3

Radiologische Bewertung der Störfälle "Absturz einer Transporteinheit im Sonderbehandlungsraum und am Füllort" im Vergleich zu den radiologisch repräsentativen Auslegungsstörfällen GRS-A-1530 (März 1989) - Umfang 47 Seiten -

In diesem Arbeitsbericht wird nachgewiesen, daß der Störfall im Sonderbehandlungsraum durch die Störfälle in der Umlade- bzw. Pufferhalle abgedeckt ist und daß der Störfall im Füllort durch den Störfall in der Einlagerungskammer abgedeckt ist.

Der Arbeitsbericht gehört zum Plankapitel 3.5.

2. SE-S.2 m d. B. um Weitergabe an NMU und TÜV Hannover



AK/B3219/ES/RS/UV/100

DS 842

CU 261

---

Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH

SYSTEMANALYSE KONRAD, TEIL 3

RADIOLOGISCHE BEWERTUNG DER STÖRFÄLLE  
"ABSTURZ EINER TRANSPORTEINHEIT IM SON-  
DERBEHANDLUNGSRaum UND AM FÜLLORT" IM  
VERGLEICH ZU DEN RADIOLOGISCH REPRÄSEN-  
TATIVEN AUSLEGUNGSSTÖRFÄLLEN

GRS-A-1530

(März 1989)

Auftrags-Nr. 41374



Anmerkung:

Dieser Bericht ist von der GRS im Auftrag der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) erstellt worden. Der Eigentümer behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung des Auftraggebers zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.



## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ZUSAMMENFASSUNG	
1. EINLEITUNG	1
2. ANNAHMEN UND RANDBEDINGUNGEN ZUR ERMITTLUNG VON FREISETZUNGSANTEILEN IN DIE UMGEBUNG	5
2.1 Freisetzungsteile aus den Abfallgebinden	5
2.2 Rückhaltung in der Anlage	5
2.2.1 Absturz einer Transporteinheit im Sonder- behandlungsraum	6
2.2.2 Absturz einer Transporteinheit am Füllort	9
3. VERGLEICH VON FREISETZUNGSANTEILEN IN DIE UMGEBUNG	12
3.1 Relative radiologische Bewertung	12
3.2 Obertägige Störfälle mit mechanischer Ein- wirkung	14
3.3 Untertägige Störfälle mit mechanischer Ein- wirkung	16
4. LITERATUR	17
5. ABBILDUNGEN	19
6. TABELLEN	23
7. ANHANG I Freisetzung radioaktiver Stoffe beim Absturz von Abfallgebinden aus kleinen Höhen (D. Gründler)	39

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen für die Betriebsphase des geplanten Endlagers Konrad sind mögliche Störfallereignisse identifiziert und in zwei Klassen eingestuft worden. Zur Klasse 1 zählen dabei Ereignisse, die in ihren radiologischen Auswirkungen durch die Auslegung der Anlage bzw. der Abfallbinde begrenzt werden. Unter den Störfällen der Klasse 1 sind die radiologisch repräsentativen zu identifizieren, für die die Berechnung der möglichen radiologischen Störfallauswirkungen durchzuführen ist. Häufig kann einfach und zuverlässig abgeschätzt werden, daß ein bestimmtes Störfallereignis bezüglich der radiologischen Auswirkungen in der Umgebung für andere Störfälle abdeckend und somit radiologisch repräsentativ ist. Nur für diesen Störfall sind dann explizite Berechnungen von Störfallauswirkungen erforderlich. Die Verhältnisse liegen dann einfach, wenn die Randbedingungen der Freisetzung in die Umgebung wie Freisetzungsort und -dauer vergleichbar sind und aufgrund der freigesetzten nuklidspezifischen Aktivitäten der jeweiligen Quellterme eine relative radiologische Bewertung ohne detaillierte Rechnungen möglich ist. Andernfalls sind u.U. mehrere Störfälle als radiologisch repräsentativ einzustufen.

Für folgende radiologisch repräsentative Störfälle sind explizite Berechnungen von radiologischen Störfallauswirkungen durchgeführt worden:

- Absturz einer Transporteinheit in der Umladehalle
- Absturz einer Transporteinheit in der Pufferhalle
- Untertägiger Störfall mit mechanischer Einwirkung
- Untertägiger Störfall mit thermischer Einwirkung

Bei zwei Störfallereignissen

- Absturz einer Transporteinheit im Sonderbehandlungsraum aus maximal 1,2 m Höhe
- Absturz einer Transporteinheit am Füllort aus maximal 1 m Höhe

ist der Nachweis, daß sie bezüglich möglicher radiologischer Auswirkungen durch die radiologisch repräsentativen Störfälle abgedeckt sind, etwas aufwendiger. Dieser Nachweis wird im vorliegenden Bericht geführt. Dazu sind für beide Lastfälle für verschiedene Abfallproduktgruppen Freisetzunganteile abgeleitet worden (Anhang). Auf der Basis dieser Freisetzunganteile werden unter Berücksichtigung von Rückhalteprozessen, die auf dem Transportweg vom Störfallort in der Anlage bis zum Freisetzungsort in die Umgebung wirksam werden, die Quellterme der atmosphärischen Freisetzung ermittelt. Diese werden dann mit Quelltermen von radiologisch repräsentativen Störfällen verglichen, und es wird gezeigt, daß letztere bezüglich radiologischer Auswirkungen abdeckend sind.

## 1. EINLEITUNG

Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) hat die Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH mit der Durchführung von Störfallrechnungen beauftragt, die die Ableitung von Anforderungen an die Radionuklidzusammensetzung und -aktivität von Abfallgebinden für das Endlager Konrad zum Ziel haben. Aus diesen Störfallanalysen abgeleitete Aktivitätsbegrenzungskriterien sollen sicherstellen, daß es bei deren Einhaltung in Verbindung mit Anforderungen an Abfallprodukteigenschaften und an die Barrierewirkung von Abfallbehältern im Fall einer störfallbedingten Beaufschlagung von Abfallgebinden im Endlager zu keiner Überschreitung der Störfallplanungswerte des § 28 Abs. 3 StrISchV kommen kann.

Folgende Störfälle sind als radiologisch repräsentativ eingestuft und analysiert worden:

- Absturz einer Transporteinheit in der Umladehalle
- Absturz einer Transporteinheit in der Pufferhalle
- Untertägiger Störfall mit mechanischer Einwirkung
- Untertägiger Störfall mit thermischer Einwirkung

Für diese Störfälle sind zulässige Aktivitäten von Einzelnucliden in Abfallgebinden hergeleitet und daraus in Verbindung mit einem Summenkriterium Aktivitätsgrenzwerte abgeleitet worden /LAN 88, LAN 89/. Dabei wird für eine gegebene Abfallproduktgruppe der Aktivitätsgrenzwert eines Einzelnuclides durch denjenigen unter den radiologisch repräsentativen Störfällen bestimmt, der zu den höchsten radiologischen Auswirkungen, d.h. zur höchsten Dosis für das kritische Organ und entsprechend zur restriktivsten zulässigen Aktivität führt.

Bei der Ermittlung des Aktivitätsgrenzwerts ergab sich, daß die ober-tägigen Störfälle der Klasse 1 in keinem Fall maßgeblich für die Festlegung von Aktivitätsgrenzwerten sind. Für die Abfallproduktgruppe 01 (Feststoffe) der Abfallklasse I sind die untertägigen Störfälle mit mechanischer und thermischer Einwirkung gleichermaßen maßgeblich. Für die übrigen Abfallproduktgruppen der Abfallklasse I sowie für die Abfallklasse II resultieren die Aktivitätsgrenzwerte überwiegend oder

ausschließlich aus dem Störfall mit thermischer Einwirkung in der untertägigen Anlage.

Die Ermittlung von Störfällen und deren Einstufung in die beiden Klassen

Klasse 1: Ereignisse, die in ihren radiologischen Auswirkungen durch die Auslegung der Anlage bzw. der Abfallgebinde begrenzt werden

Klasse 2: Ereignisse, die durch Auslegungsmaßnahmen an der Anlage bzw. den Abfallgebänden vermieden werden

ist in /GRU 88/ erfolgt. Unter den Störfällen der Klasse 1 sind die radiologisch repräsentativen zu identifizieren, für die die Berechnung der möglichen radiologischen Störfallauswirkungen durchzuführen ist. Häufig kann einfach und zuverlässig abgeschätzt werden, daß ein bestimmtes Störfallereignis bezüglich der radiologischen Auswirkungen in der Umgebung für andere Störfälle abdeckend ist und somit als radiologisch repräsentativ einzustufen ist. Nur für diesen Störfall sind dann explizite Berechnungen von Störfallauswirkungen erforderlich. Die Verhältnisse liegen dann einfach, wenn die Randbedingungen der Freisetzung in die Umgebung wie Freisetzungsort und -dauer vergleichbar sind und aufgrund der freigesetzten nuklidspezifischen Aktivitäten der jeweiligen Quellterme eine relative radiologische Bewertung ohne detaillierte Rechnungen möglich ist. Andernfalls sind u.U. mehrere Störfälle als radiologisch repräsentativ einzustufen.

Explizite Berechnungen von radiologischen Störfallauswirkungen sind für die oben aufgeführten Störfälle der Klasse 1 aus folgenden Gründen durchgeführt worden:

- Unter den Störfällen mit mechanischer Beaufschlagung von Abfallgebänden in der obertägigen Anlage führt der Absturz einer Transporteinheit aus 3 m Höhe zum höchsten Energieeintrag und damit zu höheren Freisetzungsanteilen am Absturzort im Vergleich zu Ereignissen mit niedrigerem Energieeintrag. Zu einer Freisetzung in die Umgebung kann es in den in Betracht kommenden Räumen über das jeweilige Lüftungssystem kommen, dessen Abluft in jedem Fall über

den 30 m hohen Kamin bei der Pufferhalle in die Umgebung gelangt. Da wirksam werdende Rückhalteprozesse vom jeweiligen Störfallort abhängen können, können sich auch bei identischen Freisetzunganteilen aus beaufschlagten Abfallgebinden unterschiedliche Quellterme am Ort der Freisetzung in die Umgebung ergeben. Aus diesem Grund wurde wegen der unterschiedlichen Randbedingungen in Bezug auf Rückhalteprozesse in der Anlage der Absturz einer Transporteinheit sowohl in der Umladehalle als auch in der Pufferhalle unter Zugrundelegung der jeweils maximal möglichen Absturzhöhe in Bezug auf mögliche radiologische Störfallauswirkungen analysiert. Alle übrigen Störfälle der Klasse 1 in obertägigen Anlagen sind hierdurch radiologisch abgedeckt.

- Während bei Störfällen mit mechanischer Einwirkung auf Abfallgebände das am Störfallort freigesetzte Partikelgrößenspektrum einen großen Bereich aerodynamisch äquivalenter Durchmesser (AED) überstreicht, werden beim untertägigen Störfall mit thermischer Einwirkung Radionuklide entweder gasförmig oder partikelgetragen mit kleinen Aerosoldurchmessern freigesetzt. Wegen dieser großen Unterschiede, die sich speziell bezüglich des Inhalationspfades auswirken - nur Aerosolpartikel  $\leq 10 \mu\text{m}$  AED werden als atemfähig eingestuft - wurden sowohl der untertägige Störfall mit thermischer Einwirkung als auch der Absturz eines Abfallgebindes aus maximal 5 m Höhe bei der Handhabung in der Einlagerungskammer als radiologisch repräsentativ eingestuft. Dabei ist für das untertägige Brandereignis bezüglich berechneter radiologischer Auswirkungen in der Umgebung der Störfallort unmaßgeblich, da für Gase und Brandaerosole keine Rückhaltung in der Anlage auf dem Transportweg bis zur Freisetzung über den Diffusor unterstellt wird. Größere Aerosolpartikel, wie sie bei mechanischer Beaufschlagung von Abfallgebinden freigesetzt werden können, unterliegen jedoch auf untertägigen Strecken und im Schacht Abscheideprozessen, so daß nicht nur die Höhe der mechanischen Einwirkung, sondern auch der Störfallort den Quellterm in die Umgebung bestimmen. Hier ist der Absturz aus 5 m Höhe in einer Einlagerungskammer das radiologisch abdeckende Ereignis.

Bei zwei Störfallereignissen

- Absturz einer Transporteinheit im Sonderbehandlungsraum aus maximal 1,2 m Höhe
- Absturz einer Transporteinheit am Füllort aus maximal 1 m Höhe

ist der Nachweis daß sie bezüglich möglicher radiologischer Auswirkungen durch die als radiologisch repräsentativ eingestuften Störfälle abgedeckt sind, etwas aufwendiger. Dieser Nachweis wird im folgenden geführt.

Dazu sind für beide Lastfälle im Anhang für verschiedene Abfallproduktgruppen Freisetzungsanteile angegeben. Auf der Basis dieser Freisetzungsanteile werden unter Berücksichtigung von Rückhalteprozessen, die auf dem Transportweg vom Störfallort in der Anlage bis zum Freisetzungsort in die Umgebung wirksam werden, die Quellterme der atmosphärischen Freisetzung ermittelt. Diese werden dann mit Quelltermen von radiologisch repräsentativen Störfällen verglichen, und es wird gezeigt, daß letztere bezüglich radiologischer Auswirkungen abdeckend sind.

## 2. ANNAHMEN UND RANDBEDINGUNGEN ZUR ERMITTLUNG VON FREISETZUNGSANTEILEN IN DIE UMGEBUNG

Bei den beiden Störfällen, die hier in Bezug auf die relative radiologische Bewertung der resultierenden Freisetzungsteile in die Umgebung der Anlage näher analysiert werden sollen, handelt es sich um eine mechanische Beaufschlagung von Transporteinheiten durch Absturz. Die folgende Analyse beschränkt sich auf die Abfallklasse I, da für Abfallklasse II die Freisetzungsteile beim thermischen Lastfall um Größenordnungen höher liegen als für mechanische Beaufschlagung.

### 2.1 Freisetzungsteile aus Abfallgebinden

In Anhang I sind für die maximale Absturzhöhen von 1,2 m im Sonderbehandlungsraum bzw. 1,0 m am Füllort Freisetzungsteile für Abfallgebinde der Abfallklasse I zusammengestellt. Dabei sind jeweils für zwei Abfallproduktgruppen (APG) die partikelgrößenabhängigen Freisetzungsteile identisch (APG 01 und 02, APG 03 und 04, APG 05 und 06). Die Freisetzungsteile bei APG 01/02 sind jeweils um einen Faktor 100 höher als bei APG 03/04, so daß letztere im folgenden nicht gesondert zu betrachten sind. Für die Abfallproduktgruppen 01/02 beziehen sich die Freisetzungsteile für den Absturz am Füllort auf Bedingungen mit Ventilation, da dort der Abwetterstrom gerichtet zum Schacht strömt.

### 2.2 Rückhaltung in der Anlage

Der Freisetzung störfallerzeugter radioaktiver Stoffe aus der Anlage in die Atmosphäre sind Rückhalteprozesse vorgeschaltet, die innerhalb der Anlage auf dem Transportweg vom Störfallort in die Umgebung wirksam werden. Bei den Störfällen mit mechanischer Einwirkung werden die radioaktiven Stoffe aerosolgebunden freigesetzt. Auf die Quantifizierung der Rückhalteprozesse für aus Abfallgebinden der Abfallklasse I freigesetzte Aerosole wird im folgenden näher eingegangen.

### 2.2.1 Absturz einer Transporteinheit im Sonderbehandlungsraum

Der Sonderbehandlungsraum ist ein Raum von etwa 280 m<sup>2</sup> Grundfläche und 8,6 m Höhe /PTB 87/ (Abb. 1-2), in dem hauptsächlich Dekontaminationsmaßnahmen durchgeführt und ggf. Betriebsabfälle konditioniert werden. Abfallgebilde werden dort nur im Ausnahmefall gehandhabt /BER 89/. Der Sonderbehandlungsraum verfügt über ein von der Pufferhalle und der Umladehalle unabhängiges Lüftungssystem, dessen Abluft über den gemeinsamen Abluftkamin in die Umgebung abgegeben wird.

Das Lüftungssystem des Sonderbehandlungsraumes ist für eine Luftwechselzahl von 10 pro Stunde ausgelegt. Auf der einen Längsseite des Raumes befindet sich in Deckennähe der Zuluftkanal, auf der anderen der Abluftkanal des Lüftungssystems. Die Frischlufteinspeisung erfolgt über deckenhoch installierte Weitwurfdüsen, die eine gleichmäßige Verteilung der Zuluftmenge in der Raumatmosphäre gewährleisten. Die Lufteinlässe für die Abluft sind direkt in die deckenhoch installierten Abluftkanäle integriert /PTB 87/. Die Abluftabsaugung erfolgt somit - entgegen der Sedimentationsrichtung von luftgetragenen Teilchen - nach oben.

Infolge des Absturzes eines Abfallgebildes aus 1,2 m Fallhöhe beim Be- oder Entladen eines Plateauwagens entsteht eine im Verhältnis zur lichten Höhe des Sonderbehandlungsraumes niedrige bodennahe Staubwolke im Aufprallbereich. Eine Freisetzung luftgetragener Staubpartikel in die Umgebung kann durch das Lüftungssystem des Sonderbehandlungsraumes über den Abluftkamin erfolgen. Nach den obigen Angaben zur Luftwechselzahl und Raumabmessungen beträgt der Luftdurchsatz im Sonderbehandlungsraum etwa 24100 m<sup>3</sup>/h. Soweit Zuluft- und Abluftvolumenströme identisch sind, kommt es zwar über den Raumquerschnitt gemittelt nicht zu einem Nettovolumenstrom nach oben oder unten. Aber man kann die Wirkung des Lüftungssystems so verstehen, daß im Mittel über 50 % der Querschnittsfläche des Raumes ein Nettovertikaltransport von Luft nach oben erfolgt, über die anderen 50 % nach unten. Die Raumlufttechnik erreicht über den Einsatz von Weitwurfdüsen und aufgrund des quadratischen Abstandsgesetzes, das schon in im Verhältnis zur Raumhöhe sehr geringen Abständen vom Abluftkanal zu

kleinen gerichteten Strömungsgeschwindigkeiten führt, daß speziell in den untersten 2-3 m keine erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten vorherrschen. Diese liegen in diesem Bereich auch lokal unterhalb von Werten von 10 - 20 cm/s.

Mit obigen Zahlenwerten ergibt sich eine über 50 % der Querschnittsfläche des Raumes verteilte Nettovertikalgeschwindigkeit der Raumluft in Richtung der Decke von  $\bar{u} = 4,8$  cm/s. Der Transport von luftgetragenen Staubpartikeln aufgrund der Luftführung erfolgt nach oben mit einer mittleren Geschwindigkeit  $\bar{u} = 4,8$  cm/s, wenn man unterstellt, daß sich Staubpartikel immer in Bereichen befinden, wo eine vertikal nach oben gerichtete Strömung vorherrscht. In Konkurrenz zu diesem Transport von luftgetragenen Staubpartikeln nach oben - soweit sie sich in Raumbereichen befinden, wo dieser stattfindet - steht der Transport nach unten infolge der Sedimentationsgeschwindigkeit von Staubpartikeln. Die Sedimentationsgeschwindigkeit steigt mit dem Quadrat des aerodynamisch äquivalenten Durchmessers an und beträgt für Teilchen mit AED = 40  $\mu\text{m}$  gerade  $u_s = 4,8$  cm/s. Für Partikel mit AED = 60  $\mu\text{m}$  ist damit die Sedimentationsgeschwindigkeit mit  $v_s = 10$  cm/s etwa doppelt so groß wie die über 50 % des Raumquerschnitts gemittelte Geschwindigkeit  $\bar{u}$  der Luftströmung nach oben.

Für eine auf der konservativen Seite liegende Ermittlung der partikelgrößenabhängigen Rückhaltung innerhalb des Sonderbehandlungsraumes wird für die Störfallanalyse wie folgt vorgegangen:

- Partikel mit aerodynamisch äquivalenten Durchmessern AED > 60  $\mu\text{m}$  werden vollständig im Sonderbehandlungsraum zurückgehalten.
- Für Partikel mit aerodynamisch äquivalenten Durchmessern kleiner 60  $\mu\text{m}$  wird angenommen, daß sie unmittelbar, d.h. ohne Berücksichtigung von Abscheideprozessen während des Transportes, über das Luftvolumen des Sonderbehandlungsraumes gleichmäßig verteilt werden. Von dieser Anfangsbedingung ausgehend wird der über das Abluftsystem in die Umgebung freigesetzte Anteil der luftgetragenen, störfallerzeugten Aerosolpartikel als Funktion des aerodynamisch äquivalenten Partikeldurchmessers berechnet.

Die Berechnung der Rückhaltung von Staubteilchen mit aerodynamisch äquivalenten Durchmessern  $AED \leq 60 \mu\text{m}$  erfolgt nach dem in /LAN 88/ dargelegten analytischen Verfahren. Danach beträgt der Rückhaltefaktor RF:

$$RF = \frac{1}{1 + \varepsilon H / v_s} \quad (1)$$

$\varepsilon$  = Luftwechselzahl [ $\text{s}^{-1}$ ]

H = maximale Höhe des Sonderbehandlungsraumes [m]

$v_s$  = Sedimentationsgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Partikeldurchmesser [ $\text{m s}^{-1}$ ] (s. Tab. 1)

Die Berechnung der für den Sonderbehandlungsraum resultierenden Rückhaltefaktoren bzw. der Durchlaßgrad (1-RF) in Abhängigkeit von der Partikelgröße (AED) erfolgte unter den folgenden Randbedingungen:

- Raumhöhe:  $H = 8,6 \text{ m}$

- Luftwechselzahl:  $\varepsilon = 10 \text{ h}^{-1}$

Die Abluft des Sonderbehandlungsraumes wird über Vorfilter EU 6 und Schwebstofffilter der Klasse S gefiltert und anschließend zusammen mit der Fortluft aus Umladehalle, Pufferhalle etc. über den 30 m hohen Kamin abgeleitet. Anforderungen, denen die Filter genügen müssen, speziell bezüglich der Abscheidegrade, sind in den DIN-Normen 24185 /DIN 80/ bzw. 24184 /DIN 74/ festgelegt. Danach muß das Schwebstofffilter der Klasse S für Prüfaerosol, deren Partikelgrößenverteilung auch das Minimum der Abscheidung (ca.  $0.2\text{-}0.3 \mu\text{m}$ ) einschließt, einen Abscheidegrad von mindestens 99,97 % aufweisen. Da die Abscheideeffizienz vom Bereich des Minimums der Abscheidung aus gesehen sowohl zu kleineren als zu größeren Partikeln ansteigt, wird hier für die vorgesehene Filterkonfiguration in der Abluft des Sonderbehandlungsraumes unabhängig von der Partikelgröße ein Abscheidegrad entsprechend der Mindestanforderung von 99,97 % angesetzt.

Für den betrachteten Störfall im Sonderbehandlungsraum ergeben sich somit insgesamt die in der Tab. 1 (APG 01, 02) und Tab. 2 (APG 05, 06) aufgeführten Freisetzungsteile, die über den Kamin in die Umgebung freigesetzt werden.

### 2.2.2 Absturz einer Transporteinheit am Füllort

Im untertägigen Entladebereich (Füllort) auf Höhe der 850 m Sohle kann es zu einem Absturz einer Transporteinheit bei der Handhabung kommen. Ein vom Förderkorb abgezogener Plateauwagen wird schienengebunden in den Arbeitsbereich eines Portalhubwagens bewegt. Zwischen dem Plateauwagen und dem Transportwagen, auf den umgeladen wird, befindet sich ein Distanzhalter, der gleichzeitig als Anschlag der beiden Transportmittel dient. Bei dem Umladevorgang kann es zu einem Absturz einer Transporteinheit aus maximal 1 m Höhe auf den Distanzhalter kommen. Aus Abb. 3 sind sowohl die Transportvorgänge im Füllort als auch die in die Modellierung der Abscheidung von freigesetzten Staubpartikeln eingehenden räumlichen Abmessungen ersichtlich.

Das Füllort hat einen lichten Durchmesser von 10 m. Der Mittelpunkt des Füllortquerschnitts liegt 2,8 m über der Oberkante der Fahrbahn. Damit errechnet sich ein freier Querschnitt für den Abwetterstrom bis zur Einmündung in den Abwetterschacht von  $65,7 \text{ m}^2$ . Wetterströme am Füllort variieren je nach Einlagerungsphase. Bezüglich der Rückhaltung freigesetzter Staubpartikel wird im folgenden als ungünstigster Wert  $42,5 \text{ m}^3/\text{s}$  unterstellt. Mit dem oben angegebenen Querschnitt im Füllort folgt daraus eine Wettergeschwindigkeit von  $0,65 \text{ m/s}$ , mit der luftgetragene Staubpartikel in Richtung Abwetterschacht transportiert werden. Die minimale Entfernung der schachtseitigen Hinterkante des Distanzhalters bis zur Einmündung in den Abwetterschacht beträgt  $16,5 \text{ m}$ . Rechnet man mit  $16 \text{ m}$ , so folgt für eine Wettergeschwindigkeit von  $0,65 \text{ m/s}$  eine Transportzeit luftgetragener Partikel von  $25 \text{ s}$ .

Bei der Quantifizierung von Abscheideprozessen, die für störfallbedingt freigesetzte Aerosolpartikel auf dem Transportweg vom Absturzort bis zur Einmündung in den Schacht wirksam werden, wird wie folgt vorgegangen:

- Es wird ermittelt, welche Partikelgrößen aufgrund von Abscheidung durch Sedimentation vor Erreichen des Abwetterschachtes sicher abgelagert werden (Abschneidekriterium).
- Für alle Aerosolpartikel mit aerodynamisch äquivalenten Durchmessern unterhalb des Abschneidedurchmessers wird die Abscheidung durch ein Exponentialgesetz beschrieben.

Die mit dem Abwetterstrom verbundene Turbulenz bewirkt, daß kleine Aerosolpartikel einer turbulenten Vermischung im Abwetterstrom unterliegen. Dies führt zu einem exponentiellen Abscheidegesetz. Für Partikel oberhalb etwa 30 µm führt dieser Ansatz zu einer Unterschätzung der Abscheidung durch Sedimentation, da sich der Schwerpunkt der luftgetragenen Partikel mit der Ausbreitungszeit zum Boden hinbewegt. Die Sedimentationsgeschwindigkeit steigt mit dem Quadrat des aerodynamischen Durchmessers und beträgt für Partikel von 100 µm beispielsweise rund 0,3 m/s. Nimmt man als vorsichtigen Wert eine Höhe von 4 m an, über die die beim Absturz einer Transporteinheit freigesetzten Staubpartikel verteilt vorliegen, so werden 100 µm Partikel innerhalb von 15 s durch Sedimentation abgeschieden. Diese Zeit ist kurz im Vergleich zur Transportzeit von 25 s. Im Sinne einer auf der konservativen Seite liegenden Vorgehensweise wird für die Störfallanalyse wie folgt vorgegangen:

- Für Aerosolpartikel mit aerodynamischen Durchmessern größer als 100 µm wird die vollständige Abscheidung auf dem Transportweg zum Abwetterschacht unterstellt.
- Für Partikel mit aerodynamischen Durchmessern bis hinauf zu 100 µm wird der exponentielle Ansatz für das Abscheideverhalten verwandt.

Der zugrundeliegende funktionale Ansatz für das Abscheideverhalten von Aerosolpartikeln mit aerodynamischem Durchmesser D auf der Transportstrecke lautet:

$$K(t) = K_0 \exp(-\beta(D) \cdot t) = K_0 \exp\left(-\frac{v_s}{H} \cdot t\right) \quad (2.2)$$

$K(t)$  = luftgetragene Aerosolkonzentration zur Zeit  $t$  [ $\text{m}^{-3}$ ]

$K_0$  = anfängliche Aerosolkonzentration ( $t = 0$  s) [ $\text{m}^{-3}$ ]

$\beta(D)$  = Abscheidekoeffizient als Funktion von  $D$  [ $\text{s}^{-1}$ ]

$v_s$  = Sedimentationsgeschwindigkeit, abhängig vom Partikeldurchmesser [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]

$H$  = Höhe der Staubwolke

$t$  = Ausbreitungszeit [s]

Da keine direkte Übertragbarkeit der experimentell bestimmten Abscheidungskoeffizienten in untertägigen Strecken /LAN 85/ auf die Geometrie am Füllort gegeben ist, wird nur die Abscheidung durch Sedimentation auf dem Füllortboden berücksichtigt:

$$\beta(D) = \frac{v_{si}}{H}$$

Dabei ist  $v_{si}$  die vom betrachteten Partikelgrößenintervall abhängige Sedimentationsgeschwindigkeit. Diese sind in Tab. 9 + 10 aufgeführt und entsprechen jeweils der Sedimentationsgeschwindigkeit am unteren Intervallende.

Für den betrachteten Störfall am Füllort sind für die Abfallproduktgruppen APG 01/02 in Tab. 9 und APG 05/06 in Tab. 10 die Daten zur Bestimmung von Freisetzunganteilen, die über den Diffusor in die Atmosphäre freigesetzt werden, zusammengestellt. Aufgeführt sind für einzelne Partikelgrößenintervalle die aus der Transporteinheit freigesetzten Aktivitätsanteile, die Sedimentationsgeschwindigkeit, die auf der Basis der Gleichung 2.2 berechnete Durchlaßgrad bis zum Abwetter-schacht, der Transmissionsgrad durch den Schacht auf dem Transportweg zum Diffusor und schließlich der Freisetzunganteil, der in die Umgebung gelangt. Die Quantifizierung der Rückhaltung im Schacht und des sich daraus ergebenden Transmissionsgrades entspricht der Vorgehensweise bei der Behandlung des untertägigen mechanischen Lastfalles in der Einlagerungskammer /LAN 88, LAN 89/.

### 3. VERGLEICH VON FREISETZUNGSANTEILEN IN DIE UMGEBUNG

Im folgenden ist zu prüfen, ob die betrachteten Störfälle im Sonderbehandlungsraum und im Füllort bezüglich möglicher Strahlenexposition in der Umgebung durch radiologisch repräsentative Störfälle abgedeckt sind. Soweit ein radiologisch repräsentativer Störfall bei gleichem Freisetzungsort in die Umgebung in jedem Partikelgrößenintervall höhere Freisetzungsteile aufweist, ist dies evident, andernfalls ist eine detailliertere Analyse erforderlich, die hier erläutert wird.

#### 3.1 Relative radiologische Bewertung

Ein Störfall ist bezüglich der berechneten Gesamtdosis in jedem Fall abdeckend, wenn sich für jeden der zu betrachtenden Expositionspfade höhere Strahlenexpositionen ergeben als für einen anderen Störfall. Der Vergleich von Freisetzungsteilen stellt sich für einzelne Expositionspfade unterschiedlich dar:

##### β-Submersion

Die Strahlenexposition wird durch die zeitlich-integrierte bodennahe Konzentration am betrachteten Aufpunkt bestimmt. Die Summe der freigesetzten Aktivität, summiert über alle zu betrachtenden Partikelgrößenintervalle, bestimmt in Verbindung mit dem Kurzeitenausbreitungsfaktor die Hautdosis. Bei den geringen Aufpunktsentfernungen, die für den maximalen Aufpunkt (identischer Ort für β-Submersion, γ-Submersion und Inhalation) in Frage kommen, können Effekte einer Abreicherung durch Ablagerung aus der Schadstofffahne vernachlässigt werden. Maßgeblich für die Dosis ist also:

$$\text{Dosis} \sim \sum_i \text{FA}(i)$$

Dabei sind FA(i) die Freisetzungsteile für das Größenintervall i.

### $\gamma$ -Submersion

Wegen der zum Teil großen Reichweite von  $\gamma$ -Strahlen in der Luft trägt zur Strahlenexposition an einem Aufpunkt ein größerer räumlicher Bereich der vorbeiziehenden Schadstoffwolke bei. Maßgeblich ist auch hier die Summe der freigesetzten nuklidspezifischen Aktivität:

$$\text{Dosis} \sim \sum_i \text{FA}(i)$$

### Inhalation

Zur Inhalationsdosis tragen Partikel mit  $\text{AED} \leq 10 \mu\text{m}$ , d.h. die Partikelgrößenintervalle 1 ( $\text{AED} < 5 \mu\text{m}$ ) und 2 ( $5 \leq \text{AED} \leq 10 \mu\text{m}$ ) bei. Die Strahlenexposition ist proportional zur zeitlich-integrierten bodennahen Konzentration an einem betrachteten Aufpunkt.

$$D \sim \sum_{i=1}^2 \text{FA}(i)$$

### $\gamma$ -Bodenstrahlung

Die Dosis durch externe  $\gamma$ -Strahlung von am Boden abgelagerten Radionukliden wird bestimmt durch die Summe der Aktivitätskonzentrationen [ $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$ ] aus trockener und nasser Ablagerung. Wenn bei einer Freisetzung sowohl die trockene als auch die nasse Ablagerung zu höheren Aktivitätskonzentrationen führen als bei einer anderen Freisetzung, ist erstere auf jeden Fall abdeckend bezüglich aus diesem Expositionspfad resultierenden Strahlendosen. Die trockene Ablagerung [ $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$ ] ist proportional zur partikelgrößenabhängigen Ablagerungsgeschwindigkeit  $v_g$ . Diese sind für verschiedene Größenintervalle z.B. in Tab. 11 aufgeführt und entsprechen den Festlegungen in /SSK 88/.

$$F^* \sim \sum \text{FA}(i) \cdot v_g(i)$$

Die nasse Ablagerung  $W^*$  [ $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-2}$ ] ist bei einer gegebenen Regenintensität proportional zur Washoutkonstanten  $\Lambda_0$  [ $\text{s}^{-1}$ ], die sich auf eine für die Einheitsniederschlagsintensität  $I_0$  bezieht.

$$W^* \sim \sum FA(i) \cdot \Lambda_o(i)$$

Die Washoutkonstanten  $\Lambda_o(i)$  (dort als  $w(i)$  bezeichnet) sind z.B. in Tab. 11 gemäß /SSK 88/ für verschiedene Partikelgrößenintervalle aufgeführt.

### Ingestionspfad

Für die Kontamination von Nahrungs- und Futtermitteln über Wurzelaufnahme trägt wie bei der Bodenstrahlung die Summe aus trockener und nasser Ablagerung bei. Da der Anteil  $\alpha$  der durch Niederschlag auf der Pflanze abgelagerten Aktivität  $< 1$  ist, wird die durch trockene Ablagerung  $F^*$  und nasse Ablagerung  $W^*$  resultierende Oberflächenkontamination von Pflanzen durch  $F^* + \alpha W^*$  bestimmt. In jedem Fall ist wie bei der Bodenstrahlung die Ingestionsdosis infolge einer Freisetzung höher im Vergleich zu einer anderen, wenn sowohl  $F^*$  als auch  $W^*$  höher sind. Es sind also

$$F^* \sim \sum_i FA(i) \cdot v_g(i)$$

und

$$W^* \sim \sum_i FA(i) \cdot \Lambda_o(i)$$

zu vergleichen.

### 3.2 Obertägige Störfälle mit mechanischer Einwirkung

Zunächst soll anhand der beiden als radiologisch repräsentativ eingestuften Störfälle

- Absturz einer Transporteinheit in der Umladehalle
- Absturz einer Transporteinheit in der Pufferhalle

für die jeweils in /LAN 88, LAN 89/ Störfallauswirkungen berechnet und daraus zulässige Aktivitäten abgeleitet wurden, der im vorangehenden Abschnitt behandelte Vergleich von Strahlenexpositionen durchgeführt werden. Die Tabellen 3 und 5 enthalten für APG 01/02 und die Tabellen 4 und 6 für APG 05/06 für die beiden Störfallorte die über den Kamin freigesetzten größenabhängigen Freisetzungsteile. In Tabelle 11 werden für APG 01/02 die Freisetzungsteile des Störfalls in der Pufferhalle mit denen des Störfalls in der Umladehalle an Hand der Kriterien von Kap. 3.1 verglichen:

Man erkennt, daß bezüglich aller 4 Kriterien

$$\left( \sum_{i=1}^2 \text{FA}(i), \sum_{i=1}^{11} \text{FA}(i), \sum \text{FA}(i) \cdot v(i) \text{ und } \sum \text{FA}(i) \cdot w(i) \right)$$

die Werte beim Störfall in der Pufferhalle höher liegen. Damit ist sichergestellt, daß berechnete Störfalldosen beim Absturz in der Pufferhalle höhere Werte ergeben, als wenn der Absturz in der Umladehalle erfolgt. Entsprechend sind (durch Vergleich mit Störfallplanungswerten) berechnete zulässige Aktivitäten für Einzelnuclide, auf den Störfall in der Pufferhalle bezogen, restriktiver.

Das auf diese Weise hier abgeleitete Ergebnis wird durch die expliziten Störfallrechnungen bestätigt. Für alle 96 behandelten Einzelnuclide sind die Störfalldosen für das kritische Organ im Fall der Pufferhalle höher und damit daraus abgeleitete zulässige Aktivitäten bzw. Aktivitätsgrenzwerte restriktiver als für die Umladehalle. Die analogen Aussagen gelten, wie Tab. 12 zu entnehmen ist, auch für die Abfallproduktgruppen 05, 06.

Für den Absturz einer Transporteinheit am Füllort erübrigt sich diese eingehendere Analyse. Vergleicht man die Tabellen 1 (APG 01/02) und 2 (APG 05/06) zusammengestellten Freisetzungsteile, die über den Kamin in die Umgebung freigesetzt werden, mit den entsprechenden Werten für den Störfall in der Umladehalle, vgl. Tab. 5 (APG 01/02) und Tab. 6 (APG 01/02), so sind letztere für jedes Partikelgrößenintervall um mehrere Größenordnungen höher. Der Absturz einer Transporteinheit im Sonderbehandlungsraum ist folglich durch den Absturz in der Umladehalle und damit erst recht durch einen Absturz in der Pufferhalle radiologisch abgedeckt.

### 3.3 Untertägige Störfälle mit mechanischer Einwirkung

Anhand der Tabellen 13 (APG 01/02) und 14 (APG 05/06) kann in entsprechender Weise überprüft werden, ob der Absturz einer Transporteinheit im Füllort durch den Absturz in der Einlagerungskammer radioologisch abgedeckt ist. Man erkennt, daß dies bezüglich aller vier Kriterien gemäß Kapitel 3.1 der Fall ist:

Beim Absturz in der Einlagerungskammer sind sowohl die Summe der Freisetzungsteile  $\leq 10 \mu\text{m}$ , die Summe der Freisetzungsteile über alle in Betracht kommenden Partikelgrößenintervalle als auch die mit der trockenen Ablagerungsgeschwindigkeit bzw. der Washoutkonstanten gewichteten Summen der Freisetzungsteile größer als beim Absturz am Füllort. Damit sind für jeden einzelnen der 5 Expositionspfade als auch für die Gesamtdosis als Summe dieser Expositionspfade die radiologischen Auswirkungen beim Störfall in der Einlagerungskammer abdeckend.

#### 4. LITERATUR

- /BER 89/ H.P. Berg  
Auslegungsanforderungen an die baulichen und maschinen-  
technischen Anlagen sowie an die Handhabungs- und Trans-  
portmittel im Endlager Konrad aus den Ergebnissen der  
Störfallanalysen unter Berücksichtigung von Planungsände-  
rungen und Gutachteranmerkungen  
PTB-SE-IB-32/Rev. 1, Januar 1989
- /DIN 74/ DIN 24184  
Typprüfung von Schwebstofffiltern  
Deutsche Normen, Oktober 1974
- /DIN 80/ DIN 24185  
Prüfung von Luftfiltern für die allgemeine Raumluftech-  
nik  
Deutsche Normen, Oktober 1980
- /GRU 88/ Gründler, D. et al.  
Systemanalyse Konrad, Teil 3  
Ermittlung und Klassifizierung von Störfällen  
GRS-A-1504, Dezember 1988
- /LAN 85/ F. Lange; R. Martens  
Systemanalyse Konrad, Teil 2  
Auswertung der experimentellen Untersuchungen zu Aerosol-  
ausbreitung und Abscheidung in untertägigen Strecken und  
im Abwetterschacht der Schachanlage Konrad  
GRS-A-1108, März 1985
- /LAN 88/ F. Lange; B.M. Schmitz  
Systemanalyse Konrad, Teil 3  
Ermittlung der potentiellen Strahlenexpositionen in der  
Umgebung der Anlage bei Störfällen und Ableitung von Ak-  
tivitätsgrenzwerten für 96 Einzelnuclide  
GRS-A-1467, Juli 1988

- /LAN 89/ F. Lange; A. Meltzer; B.M. Schmitz  
Systemanalyse Konrad, Teil 3  
Ermittlung der potentiellen Strahlenexposition in der  
Umgebung der Anlage bei Störfällen auf der Basis modi-  
fizierter Berechnungsverfahren und Ableitung von Aktivi-  
tätsgrenzwerten für 96 Einzelnuclide  
GRS-A-1525, Januar 1989
- /PTB 87/ Raumluftechnische Anlagen,  
- Endlager Konrad 2 -,  
Umladeanlage, Stand 11/87,  
1. Revision
- /SSK 88/ Ergebnisprotokoll 88. Sitzung des Ausschusses "Radioöko-  
logie" der SSK, 26./27. Mai 1988

5. ABBILDUNGEN

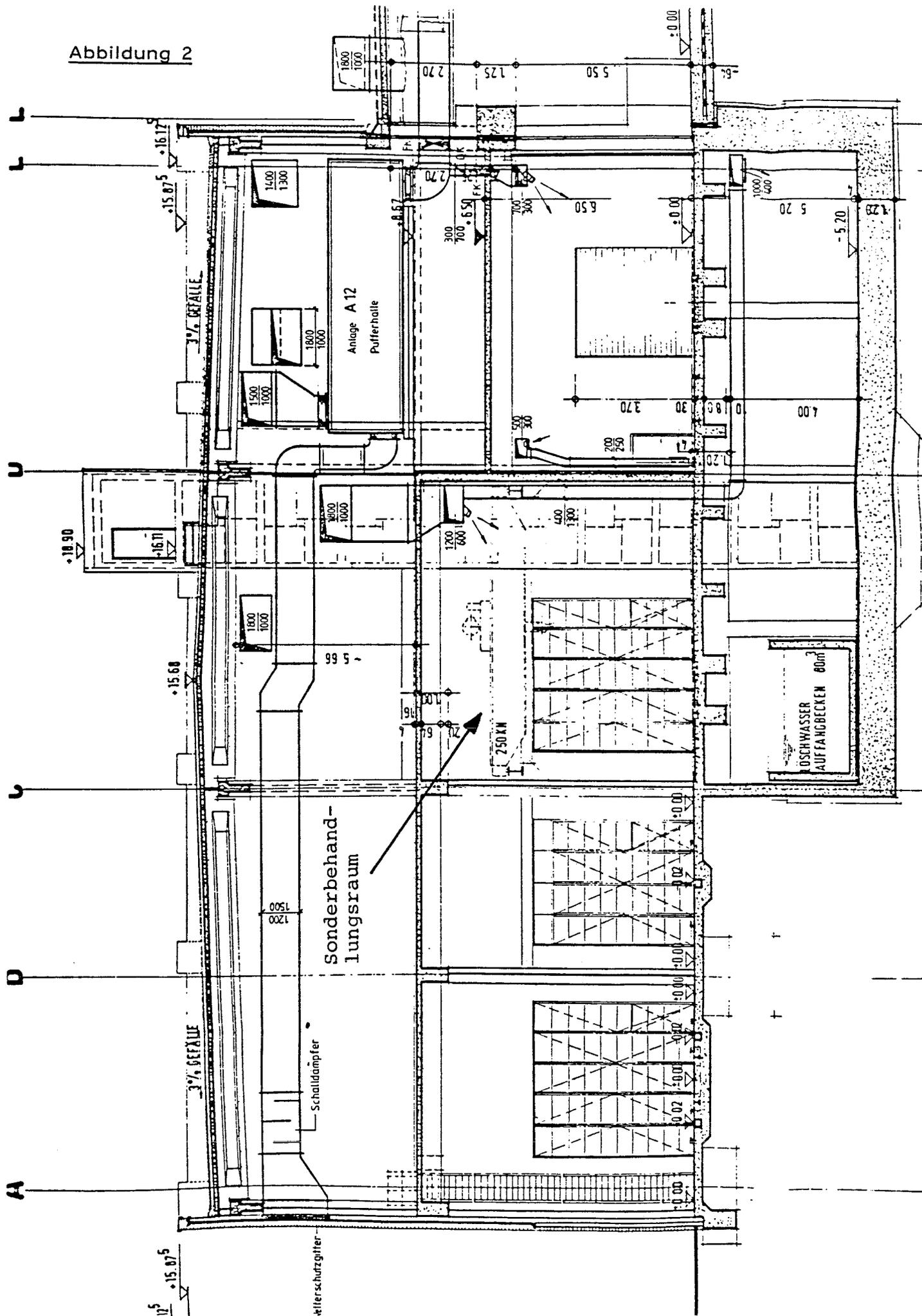
Abbildung 1: Sonderbehandlungsraum der Schachtanlage Konrad  
- Aufsicht -

Abbildung 2: Sonderbehandlungsraum der Schachtanlage Konrad  
- Querschnitt -

Abbildung 3: Füllort der Schachtanlage Konrad  
- Querschnitt -



Abbildung 2





6. TABELLEN

Tabelle 1: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Sonderbehandlungsraum  
Abfallproduktgruppe: 01,02

Tabelle 2: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Sonderbehandlungsraum  
Abfallproduktgruppe: 05, 06

Tabelle 3: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Pufferhalle  
Abfallproduktgruppe: 01, 02

Tabelle 4: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Pufferhalle  
Abfallproduktgruppe: 05, 06

Tabelle 5: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Umladehalle  
Abfallproduktgruppe: 01, 02

Tabelle 6: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Umladehalle  
Abfallproduktgruppe: 05, 06

Tabelle 7: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Einlagerungskammer  
Abfallproduktgruppe: 01, 02

Tabelle 8: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Einlagerungskammer  
Abfallproduktgruppe: 05, 06

Tabelle 9: Freisetzungsanteile in die Umgebung  
Störfallort: Füllort  
Abfallproduktgruppe: 01, 02

Tabelle 10: Freisetzungssanteile in die Umgebung

Störfallort: Füllort

Abfallproduktgruppe: 05, 06

Tabelle 11: Vergleich gewichteter Freisetzungssanteile FA in die Umgebung

Störfälle: Pufferhalle und Umladehalle

Abfallproduktgruppe: 01, 02

Tabelle 12: Vergleich gewichteter Freisetzungssanteile FA in die Umgebung

Störfälle: Pufferhalle und Umladehalle

Abfallproduktgruppe: 05, 06

Tabelle 13: Vergleich gewichteter Freisetzungssanteile FA in die Umgebung

Störfälle: Einlagerungskammer und Füllort

Abfallproduktgruppe: 01, 02

Tabelle 14: Vergleich gewichteter Freisetzungssanteile FA in die Umgebung

Störfälle: Einlagerungskammer und Füllort

Abfallproduktgruppe: 05, 06

## Freisetzungsteile in die Umgebung

Störfall : Absturz einer Transporteinheit

Störfallort : Sonderbehandlungsraum

Absturzhöhe : 1.2 m

Abfallproduktgruppe : 01, 02

Partikel- groessenintervall  1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsteil	1.54E-04	2.05E-04	2.30E-04	7.40E-05	6.30E-05	5.10E-05	4.00E-05	4.00E-05	4.00E-05	4.00E-05	4.00E-05
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	7.40E-04	3.00E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	1.00E-01	1.40E-01	1.90E-01	2.40E-01
Durchlassgrad	1.00	0.97	0.89	0.67	0.47	0.33	0.24	0.00	.	.	.
Transmission Filter	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	.	.	.	.
Freisetzungsteil Kamin	4.62E-08	5.97E-08	6.14E-08	1.49E-08	8.88E-09	5.05E-09	2.88E-09	.	.	.	.

## Freisetzungsanteile in die Umgebung

Störfall : Absturz einer Transporteinheit  
 Störfallort : Sonderbehandlungsraum  
 Absturzhöhe : 1.2 m  
 Abfallproduktgruppe : 05, 06

Partikel- größenintervall 1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsanteil	8.53E-08	3.06E-07	1.26E-06	2.05E-06	2.75E-06	3.38E-06	3.97E-06	4.50E-06	4.90E-06	5.50E-06	5.80E-06
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	7.40E-04	3.00E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	1.00E-01	1.40E-01	1.90E-01	2.40E-01
Durchlassgrad	1.00	0.97	0.89	0.67	0.47	0.33	0.24	0.00	.	.	.
Transmission Filter	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	.	.	.	.
Freisetzungsanteil Kamin	2.56E-11	8.90E-11	3.36E-10	4.12E-10	3.88E-10	3.35E-10	2.86E-10	.	.	.	.

Tab. 2

## Freisetzungsanteile in die Umgebung

**Störfall** : Absturz einer Transporteinheit  
**Störfallort** : Pufferhalle  
**Absturzhöhe** : 3.0 m  
**Abfallproduktgruppe** : 01, 02

Partikel- groessenintervall 1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsanteil	1.40E-04	2.50E-04	5.65E-04	2.85E-04	2.60E-04	2.00E-04	2.00E-04	.	.	.	.
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	7.40E-04	3.00E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	1.00E-01	1.40E-01	1.90E-01	2.40E-01
Durchlassgrad	1.000	0.899	0.691	0.359	0.199	0.000	.	.	.	.	.
Transmission Lueftungssystem	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	.	.	.	.
Freisetzungsanteil Kamin	1.40E-04	2.25E-04	3.90E-04	1.02E-04	5.17E-05	.	.	.	.	.	.

Tab. 3

## Freisetzungsanteile in die Umgebung

Störfall : Absturz einer Transporteinheit  
 Störfallort : Pufferhalle  
 Absturzhöhe : 3.0 m  
 Abfallproduktgruppe : 05, 06

Partikel- groessenintervall   1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsanteil	5.76E-07	1.80E-06	6.73E-06	1.01E-05	1.29E-05	1.53E-05	1.73E-05	.	.	.	.
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	7.40E-04	3.00E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	1.00E-01	1.40E-01	1.90E-01	2.40E-01
Durchlassgrad	1.000	0.899	0.691	0.359	0.199	0.000	.	.	.	.	.
Transmission Lueftungssystem	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	.	.	.	.
Freisetzungsanteil Kamin	5.76E-07	1.62E-06	4.65E-06	3.63E-06	2.57E-06	.	.	.	.	.	.

Tab. 4

## Freisetzungsanteile in die Umgebung

**Störfall** : Absturz einer Transporteinheit  
**Störfallort** : Umladehalle  
**Absturzhöhe** : 3.0 m  
**Abfallproduktgruppe** : 01, 02

Partikel- groessenintervall 1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsanteil	1.40E-04	2.50E-04	5.65E-04	2.85E-04	2.60E-04	2.00E-04	2.00E-04	.	.	.	.
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	7.40E-04	3.00E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	1.00E-01	1.40E-01	1.90E-01	2.40E-01
Durchlassgrad	1.000	0.598	0.272	0.085	0.040	0.023	0.015	0.000	.	.	.
Transmission Lueftungssystem	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	.	.	.	.
Freisetzungsanteil Kamin	1.40E-04	1.50E-04	1.54E-04	2.42E-05	1.04E-05	4.60E-06	3.00E-06	.	.	.	.

Tab. 5

## Freisetzungsanteile in die Umgebung

Störfall : Absturz einer Transporteinheit  
 Störfallort : Umladehalle  
 Absturzhöhe : 3.0 m  
 Abfallproduktgruppe : 05, 06

Partikel- groessenintervall   1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsanteil	5.76E-07	1.80E-06	6.73E-06	1.01E-05	1.29E-05	1.53E-05	1.73E-05	.	.	.	.
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	7.40E-04	3.00E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	1.00E-01	1.40E-01	1.90E-01	2.40E-01
Durchlassgrad	1.000	0.598	0.272	0.085	0.040	0.023	0.015	0.000	.	.	.
Transmission Lueftungssystem	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	.	.	.	.
Freisetzungsanteil Kamin	5.76E-07	1.08E-06	1.83E-06	8.59E-07	5.16E-07	3.52E-07	2.60E-07	.	.	.	.

Tab. 6

## Freisetzungsanteile in die Umgebung

**Störfall** : Absturz einer Transporteinheit  
**Störfallort** : Einlagerungskammer  
**Absturzhöhe** : 5.0 m  
**Abfallproduktgruppe** : 01, 02

Partikel Groessenintervall 1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsanteil	5.87E-04	1.18E-03	2.08E-03	5.10E-04	4.00E-04	3.30E-04	2.80E-04	.	.	.	.
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	6.40E-03	6.40E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	.	.	.	.
Durchlassgrad	1.00	0.85	0.85	0.74	0.51	0.30	0.16	.	.	.	.
Transmission Schacht	1.00	1.00	0.95	0.92	0.92	0.91	0.90	.	.	.	.
Freisetzungsanteil Diffusor	5.87E-04	1.01E-03	1.68E-03	3.49E-04	1.88E-04	9.10E-05	3.91E-05	.	.	.	.

## Freisetzungsanteile in die Umgebung

**Störfall** : Absturz einer Transporteinheit  
**Störfallort** : Einlagerungskammer  
**Absturzhöhe** : 5.0 m  
**Abfallproduktgruppe** : 05, 06

Partikel- groessenintervall 1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsanteil	1.65E-06	4.80E-06	1.68E-05	2.42E-05	2.99E-05	3.47E-05	3.80E-05	.	.	.	.
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	6.40E-03	6.40E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	.	.	.	.
Durchlassgrad	1.00	0.85	0.85	0.74	0.51	0.30	0.16	.	.	.	.
Transmission Schacht	1.00	1.00	0.95	0.92	0.92	0.91	0.90	.	.	.	.
Freisetzungsanteil Diffusor	1.65E-06	4.08E-06	1.36E-05	1.65E-05	1.40E-05	9.47E-06	5.47E-06	.	.	.	.

Tab. 8

## Freisetzungsteile in die Umgebung

Störfall : Absturz einer Transporteinheit

Störfallort : Füllort

Absturzhöhe : 1.0 m

Abfallproduktgruppe : 01, 02

Partikel- groessenintervall  1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsteil	1.54E-04	2.05E-04	2.30E-04	7.40E-05	6.30E-05	5.10E-05	4.00E-05	4.00E-05	4.00E-05	4.00E-05	4.00E-05
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	7.40E-04	3.00E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	1.00E-01	1.40E-01	1.90E-01	2.40E-01
Durchlassgrad	1.00	0.99	0.98	0.93	0.84	0.74	0.62	0.54	0.42	0.30	0.22
Transmission Schacht	1.00	1.00	0.95	0.92	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Freisetzungsteil Diffusor	1.54E-04	2.04E-04	2.14E-04	6.33E-05	4.87E-05	3.43E-05	2.23E-05	1.94E-05	1.51E-05	1.08E-05	7.92E-06

## Freisetzungsanteile in die Umgebung

**Störfall** : Absturz einer Transporteinheit  
**Störfallort** : Füllort  
**Absturzhöhe** : 1.0 m  
**Abfallproduktgruppe** : 05, 06

Partikel- groessenintervall 1.0E-06 m	=< 5	05 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	80 - 90	90 -100
Freisetzungsanteil	8.53E-08	3.06E-07	1.26E-06	2.05E-06	2.75E-06	3.38E-06	3.97E-06	4.50E-06	4.90E-06	5.50E-06	5.80E-06
Sedimentationsge- schwindigkeit m/s	0.00E+00	7.40E-04	3.00E-03	1.20E-02	2.70E-02	4.80E-02	7.50E-02	1.00E-01	1.40E-01	1.90E-01	2.40E-01
Durchlassgrad	1.000	0.990	0.980	0.930	0.840	0.740	0.620	0.540	0.420	0.300	0.220
Transmission Schacht	1.00	1.00	0.95	0.92	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Freisetzungsanteil Diffusor	8.53E-08	3.04E-07	1.17E-06	1.75E-06	2.13E-06	2.28E-06	2.22E-06	2.19E-06	1.85E-06	1.49E-06	1.15E-06

Tab. 10

## Vergleich gewichteter Freisetzungsteile FA in die Umgebung

Störfälle : Pufferhalle und Umladehalle

Abfallproduktgruppe : 01, 02

Partikel- groessenintervall 1.0E-06 m	AED										
	00 - 05 (1)	05 - 10 (2)	10 - 20 (3)	20 - 30 (4)	30 - 40 (5)	40 - 50 (6)	50 - 60 (7)	60 - 70 (8)	70 - 80 (9)	80 - 90 (10)	90 - 100 (11)
v (m/s)	1.50E-03	3.00E-03	1.00E-02	4.00E-02	4.00E-02	1.50E-01	1.50E-01	1.50E-01	3.00E-01	3.00E-01	3.00E-01
w (1/s)	7.00E-05	2.00E-04	3.00E-04	4.00E-04	4.00E-04						
FA Pufferhalle	1.40E-04	2.25E-04	3.90E-04	1.02E-04	5.17E-05	.	.	.	.	.	.
FA Umladehalle	1.40E-04	1.50E-04	1.54E-04	2.42E-05	1.04E-05	4.60E-06	3.00E-06	.	.	.	.

	<u>Pufferhalle</u>	<u>Umladehalle</u>
$\sum_{i=1}^2 \text{FA (i)}$	3.65E-04	2.90E-04
$\sum_{i=1}^{11} \text{FA (i)}$	9.09E-04	4.86E-04
$\sum \text{FA (i)} * v (i)$	1.09E-05	4.72E-06
$\sum \text{FA (i)} * w(i)$	2.33E-07	1.03E-07

## Vergleich gewichteter Freisetzungsteile FA in die Umgebung

Störfälle : Pufferhalle und Umladehalle

Abfallproduktgruppe : 05, 06

Partikel- groessenintervall 1.0E-06 m	AED										
	00 - 05 (1)	05 - 10 (2)	10 - 20 (3)	20 - 30 (4)	30 - 40 (5)	40 - 50 (6)	50 - 60 (7)	60 - 70 (8)	70 - 80 (9)	80 - 90 (10)	90 - 100 (11)
v (m/s)	1.50E-03	3.00E-03	1.00E-02	4.00E-02	4.00E-02	1.50E-01	1.50E-01	1.50E-01	3.00E-01	3.00E-01	3.00E-01
w (1/s)	7.00E-05	2.00E-04	3.00E-04	4.00E-04	4.00E-04						
FA Pufferhalle	5.76E-07	1.62E-06	4.65E-06	3.63E-06	2.57E-06	.	.	.	.	.	.
FA Umladehalle	5.76E-07	1.08E-06	1.83E-06	8.59E-07	5.16E-07	3.52E-07	2.60E-07	.	.	.	.

	<u>Pufferhalle</u>	<u>Umladehalle</u>
$\sum_{i=1}^2 \text{FA (i)}$	2.20E-06	1.66E-06
$\sum_{i=1}^{11} \text{FA (i)}$	1.30E-05	5.47E-06
$\sum \text{FA (i)} * v (i)$	3.00E-07	1.69E-07
$\sum \text{FA (i)} * w(i)$	4.24E-09	1.60E-09

## Vergleich gewichteter Freisetzungsteile FA in die Umgebung

Störfälle : Einlagerungskammer und Füllort

Abfallproduktgruppe : 01, 02

Partikel- groessenintervall	AED											
	00 - 05 (1)	05 - 10 (2)	10 - 20 (3)	20 - 30 (4)	30 - 40 (5)	40 - 50 (6)	50 - 60 (7)	60 - 70 (8)	70 - 80 (9)	80 - 90 (10)	90 - 100 (11)	
1.0E-06 m												
v (m/s)	1.50E-03	3.00E-03	1.00E-02	4.00E-02	4.00E-02	1.50E-01	1.50E-01	1.50E-01	3.00E-01	3.00E-01	3.00E-01	3.00E-01
w (1/s)	7.00E-05	2.00E-04	3.00E-04	4.00E-04	4.00E-04	4.00E-04						
FA												
Einlagerungskammer	5.87E-04	1.01E-03	1.68E-03	3.49E-04	1.88E-04	9.10E-05	3.91E-05	.	.	.	.	.
FA Fuellort	1.54E-04	2.04E-04	2.14E-04	6.33E-05	4.87E-05	3.43E-05	2.23E-05	1.94E-05	1.51E-05	1.08E-05	7.92E-06	

	<u>Einlagerungskammer</u>	<u>Füllort</u>
$\sum_{i=1}^2 \text{FA (i)}$	1.60E-03	3.58E-04
$\sum_{i=1}^{11} \text{FA (i)}$	3.94E-03	7.94E-04
$\sum \text{FA (i)} * v (i)$	6.17E-05	2.90E-05
$\sum \text{FA (i)} * w(i)$	1.02E-06	2.05E-07

## Vergleich gewichteter Freisetzungsteile FA in die Umgebung

Störfälle : Einlagerungskammer und Füllort

Abfallproduktgruppe : 05, 06

Partikel- groessenintervall 1.0E-06 m	AED										
	00 - 05 (1)	05 - 10 (2)	10 - 20 (3)	20 - 30 (4)	30 - 40 (5)	40 - 50 (6)	50 - 60 (7)	60 - 70 (8)	70 - 80 (9)	80 - 90 (10)	90 - 100 (11)
v (m/s)	1.50E-03	3.00E-03	1.00E-02	4.00E-02	4.00E-02	1.50E-01	1.50E-01	1.50E-01	3.00E-01	3.00E-01	3.00E-01
w (1/s)	7.00E-05	2.00E-04	3.00E-04	4.00E-04	4.00E-04						
FA Einlagerungskammer	1.65E-06	4.08E-06	1.36E-05	1.65E-05	1.40E-05	9.47E-06	5.47E-06	.	.	.	.
FA Fuellort	8.53E-08	3.04E-07	1.17E-06	1.75E-06	2.13E-06	2.28E-06	2.22E-06	2.19E-06	1.85E-06	1.49E-06	1.15E-06

	<u>Einlagerungskammer</u>	<u>Füllort</u>
$\sum_{i=1}^2 \text{FA (i)}$	5.73E-06	3.89E-07
$\sum_{i=1}^{11} \text{FA (i)}$	6.48E-05	1.66E-05
$\sum \text{FA (i)} * v (i)$	3.61E-06	2.52E-06
$\sum \text{FA (i)} * w(i)$	2.32E-08	6.44E-09

ANHANG I

Freisetzung radioaktiver Stoffe beim Absturz von Abfallgebinden  
aus kleinen Höhen



Februar 1989

1. VORBEMERKUNG

Der Nachweis, daß die Lastfälle Absturz eines Abfallgebindes am Füllort aus 1 m und im Sonderbehandlungsraum aus 1,20 m Höhe radiologisch nicht relevant sind, stützt sich auf Quellterme, die im Arbeitsbericht zur Quelltermbestimmung /GRS 87/ bei Störfällen nicht oder nicht in der entsprechenden Form behandelt wurden. Mit dem vorliegenden Anhang wird der Bericht zur Quelltermbestimmung entsprechend ergänzt.

2. ABSTURZ EINER TRANSPORTEINHEIT AM FÜLLORT AUS 1 M HÖHE MIT VENTILATION

Zur Ermittlung der Freisetzunganteile für die Abfallproduktgruppen 01 und 02 wurde 1 kg Kieselgur in einem geschlossenen, ventilierten Raum aus 1 m Höhe abgeworfen. Für eine detaillierte Versuchsbeschreibung sei auf /SEE 87/, Versuch 18 verwiesen.

Dabei sind der in die Kammer freigesetzte Feinstaub, die in die Kammer freigesetzte Staubfraktion  $< 70 \mu\text{m}$  und die freigesetzte Gesamtstaubmasse ausgewertet worden. Der in /SEE 87/ angegebene freigesetzte Feinstaubanteil ist mit dem Abscheideverhalten gewichtet und kann somit für radiologische Rechnungen nicht herangezogen werden. Auch sind Daten für eine Auswertung wie in /GRS 87/ nicht verfügbar. Deshalb wird für alle Größenklassen angenommen, daß die jeweiligen Freisetzunganteile beim 1 m-Fall mit Ventilation (Versuch 18) im gleichen Verhältnis zu den Freisetzunganteilen beim 2 m-Fall mit Ventilation (Versuch 19) stehen wie die entsprechenden Gesamtfreisetzunganteile. Mit dieser Vorgehensweise sind alle in /SEE 87/ angegebenen Freisetzunganteile abgedeckt. Die Ergebnisse sind in Spalte 2 der Tabelle 1 dargestellt.

In /GRS 87/ wurde abgeleitet, daß sich in Abfällen der Abfallproduktgruppen 03 und 04 bis zu 1 % des Abfallproduktes verhalten kann wie die Stäube, die den Abfallproduktgruppen 01 und 02 zugrundegelegt worden sind. Entsprechend betragen die Freisetzunganteile der Abfallproduktgruppen 03 und 04 1 % der Werte der Abfallproduktgruppen 01 und 02 (Spalte 3 in Tabelle 1).

Als Freisetzungsanteile für die Abfallproduktgruppen 05 und 06 wurden die in /GRS 87/ für den 1,25 m-Fall bis 70 µm berechneten übernommen. Tabelle 1, Spalte 4, gibt diese Werte und die Freisetzungsanteile größerer Größenklassen, die nach dem gleichen Verfahren für eine Fallhöhe von 1,25 m berechnet wurden, wieder.

3. ABFALLGEBINDEABSTURZ IM SONDERBEHANDLUNGSRAUM AUS 1,20 M HÖHE OHNE VENTILATION

Für den Abfallgebindeabsturz aus 1,20 m Höhe liegen keine experimentellen Untersuchungen vor. Zur Abschätzung der Freisetzungsanteile werden daher die Ergebnisse für den 1 m-Fall herangezogen. Die geringfügig größere Absturzhöhe wird in etwa dadurch kompensiert, daß das Ergebnis für den Fall mit Ventilation herangezogen wird. Gemäß /SEE 87/ führen die Untersuchungen mit Ventilation i. a. zu höheren Freisetzungsanteilen als ohne Ventilation. Damit entsprechen die Freisetzungsanteile für den diskutierten Lastfall für die Abfallproduktgruppe 01 bis 04 den in Tabelle 1 angegebenen Werten.

Für die Abfallproduktgruppen 05 und 06 sind die Werte der Tabelle 1 gleichfalls relevant, da diese für die Fallhöhe von 1,25 m gerechnet wurden.

Tabelle 1:

Freisetzungsanteile für 1 m-Fall mit und 1,25 m-Fall ohne Ventilation

Größe AED $\mu\text{m}$	APG 01 u 02	APG 03 u 04	APG 05 u 06
5,00E+00	1,54E-04	1,54E-06	8,53E-08
1,00E+01	3,59E-04	3,59E-06	3,91E-07
2,00E+01	5,89E-04	5,89E-06	1,65E-06
3,00E+01	6,63E-04	6,63E-06	3,70E-06
4,00E+01	7,26E-04	7,26E-06	6,45E-06
5,00E+01	7,77E-04	7,77E-06	9,83E-06
6,00E+01	8,17E-04	8,17E-06	1,38E-05
7,00E+01	8,57E-04	8,57E-06	1,83E-05
8,00E+01	8,97E-04	8,97E-06	2,32E-05
9,00E+01	9,37E-04	9,37E-06	2,87E-05
1,00E+02	9,77E-04	9,77E-06	3,45E-05

4. LITERATUR

/GRS 87/ Gründler, D.

Systemanalyse Konrad, Teil 3

Bestimmung störfallbedingter Aktivitätsfreisetzung

GRS-A-1389, Köln, November 1987

/SEE 87/ Seehars, H.D., et. al.

Experimente zur Freisetzung und Quelltermbestimmung bei  
mechanischer Belastung von mit pulvrigen Substanzen ge-  
füllten Abfallbehältern

Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie,  
Schmallenberg-Grafschaft, Juli 1987

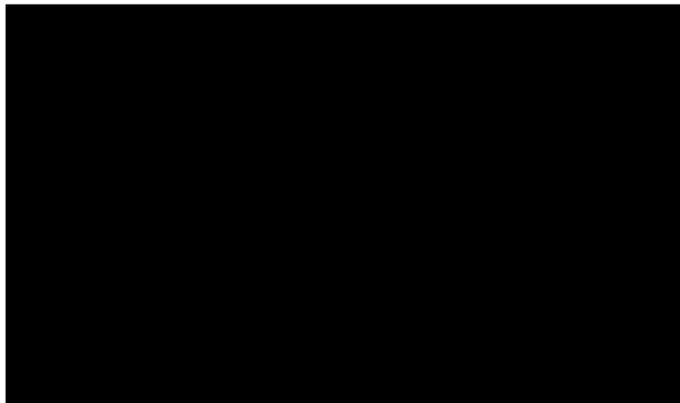
VERTEILER:

Physikalisch-Technische  
Bundesanstalt (PTB)

(5 x)

GRS

Geschäftsführer  
Bereichsleiter  
Projektbetreuung  
Abteilung 303  
Abteilung 503  
Abteilung 602  
Autoren



Gesamtauflage:

24 x