Analyse, inform and activate

LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie

De Laka-bibliotheek

Dit is een pdf van één van de publicaties in de bibliotheek van Stichting Laka, het in Amsterdam gevestigde documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie.

Laka heeft een bibliotheek met ongeveer 8000 boeken (waarvan een gedeelte dus ook als pdf), duizenden kranten- en tijdschriften-artikelen, honderden tijdschriftentitels, posters, video's en ander beeldmateriaal. Laka digitaliseert (oude) tijdschriften en boeken uit de internationale antikernenergie-beweging.

De catalogus van de Laka-bibliotheek staat op onze site. De collectie bevat een grote verzameling gedigitaliseerde tijdschriften uit de Nederlandse antikernenergie-beweging en een verzameling video's.

Laka speelt met oa. haar informatie-voorziening een belangrijke rol in de Nederlandse anti-kernenergiebeweging.

The Laka-library

This is a PDF from one of the publications from the library of the Laka Foundation; the Amsterdam-based documentation and research centre on nuclear energy.

The Laka library consists of about 8,000 books (of which a part is available as PDF), thousands of newspaper clippings, hundreds of magazines, posters, video's and other material.
Laka digitizes books and magazines from the international movement against nuclear power.

The catalogue of the Laka-library can be found at our website. The collection also contains a large number of digitized magazines from the Dutch anti-nuclear power movement and a video-section.

Laka plays with, amongst others things, its information services, an important role in the Dutch anti-nuclear movement.

Appreciate our work? Feel free to make a small donation. Thank you.

www.laka.org | info@laka.org | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

Die Auswirkungen schwerer Unfälle in Wiederaufarbeitungsanlagen und Atomkraftwerken

Abdruck und Interpretation zweier vertraulicher Studien des Instituts für Reaktorsicherheit vom August und November 1976

Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. (BBU)

Januar 1977

Erweiterte Auflage: Januar 1978

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Erläuterungen	4
IRS-Bericht Nr. 290	6
Unberücksichtigte Fragestellungen	27
Realistische Annahmen?	28
Fernwirkungen der untersuchten Unfälle	36
Verseuchte landwirtschaftliche Fläche	40
Berechnung der Ingestionsbelastung	42
Die akute tödliche Strahlenkrankheit	45
Wieviele Menschenleben würde ein Unfall in der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage kosten?	49
Kettenreaktion atomarer Unfälle	51
Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke	53
Vergleich mit bisherigen Veröffentlichungen der Bürgerinitiativen	55
Der Trick mit der zweiten Studie	56
IRS-Bericht Nr. 293	59
Die Täuschung von Behörden durch Behörden	65
Anhang: Reaktionen auf die Veröffentlichung der IRS-Studien	[illegible]

Vorwort

Der vorliegende Bericht des Bundesverbandes Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. beruht auf zwei Untersuchungen, die das Institut für Reaktorsicherheit im Auftrag des Bundesministerium des Innern über die Auswirkungen schwerer Unfälle in Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen durchführte.
Diese Untersuchungen werden bisher vor der Öffentlichkeit, vor Politikern, Journalisten und sogar vor dafür zuständigen Behörden auf Länder- und Kreisebene konsequent geheimgehalten.
Auf seine letzte Bitte an die Bundesregierung, die Störfalluntersuchungen über Kernkraftwerke und Wiederaufarbeitungsanlagen der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, erhielt der BBU am 12. November 1976 von Herrn Staatssekretär Dr. Hartkopf eine abschlägige Antwort. Der BBU sah deshalb keine andere Möglichkeit, als sich auf anderen Wegen Zugang zu diesen Untersuchungen zu verschaffen.
Er legt sie hiermit der Öffentlichkeit vor.

Erläuterungen

Im Juli 1975 beauftragte das Bundesministerium des Innern das Institut für Reaktorsicherheit mit einer Untersuchung über die Folgen eines großen Störfalles in einer Wiederaufarbeitungsanlage und einem Kernkraftwerk. Diese Untersuchung mit dem Titel

"Untersuchungen zum Vergleich größtmöglicher Störfallfolgen in einer Wiederaufarbeitungsanlage und in einem Kernkraftwerk"

wurde nach 13 Monaten im August 1976 abgeschlossen.
Die Untersuchung kommt zu einem erschütternden Ergebnis:
Tritt in der großen geplanten Wiederaufarbeitungsanlage in Norddeutschland in einem Brennelementlagerbecken oder in einem Lagertank für hochaktiven Atommüll ein großer Störfall ein (z.B. durch Ausfall der Kühlung), dann wird z.B. noch in 100 km Entfernung von der Anlage je nach angenommenen Störfall- und Wetterbedingungen eine Bestrahlung der Bevölkerung auftreten, die zwischen 10- und 200fach so hoch ist wie die sofort tödliche Strahlendosis!
Da diese Untersuchung konsequent geheimgehalten werden soll, wird sie vom BBU auf den Seiten 6 bis 26 dieses Berichtes in vollem Umfang abgedruckt.

Der IRS - Bericht untersucht 4 verschiedene Störfälle:

1. Das Versagen der Kühlung und das Freisetzen der hochradioaktiven Spaltprodukte aus einem Konzentratbehälter einer Wiederaufarbeitungsanlage.
2. Der Ausfall der Kühlung eines voll besetzten Brennelementlagerbeckens einer WAA.
3. Das Auslaufen des Kühlmittels aus einem voll besetzten Brennelementlagerbecken einer WAA.
4. Die Freisetzung von radioaktiven Spaltprodukten aus einem Kernkraftwerk durch Ausfall der Kühlung und Notkühlung und Schmelzen des Reaktorkerns.

Auf den Seiten 4 bis 30 des IRS - Berichtes wird der Verlauf und die Zeitdauer der einzelnen Störfälle berechnet. Dabei ergibt sich, daß

- beim Konzentratbehälterunfall die Freisetzung der radioaktiven Stoffe 41,5 Stunden nach dem Störfalleintritt beginnt,
- beim Brennelementlagerunfall (Ausfall der Kühlung) die Freisetzung der Spaltprodukte 11 Tage und
- beim Brennelementlagerunfall (Auslaufen des Kühlmittels) die Frei-

Erläuterungen

Im Juli 1975 beauftragte das Bundesministerium des Innern das Institut für Reaktorsicherheit mit einer Untersuchung über die Folgen eines großen Störfalles in einer Wiederaufarbeitungsanlage und einem Kernkraftwerk. Diese Untersuchung mit dem Titel

"Untersuchungen zum Vergleich größtmöglicher Störfallfolgen in einer Wiederaufarbeitungsanlage und in einem Kernkraftwerk"

wurde nach 13 Monaten im August 1976 abgeschlossen.
Die Untersuchung kommt zu einem erschütternden Ergebnis:
Tritt in der großen geplanten Wiederaufarbeitungsanlage in Nordeutschland in einem Brennelementlagerbecken oder in einem Lagertank für hochaktiven Atommüll ein großer Störfall ein (z.B. durch Ausfall der Kühlung), dann wird z.B. noch in 100 km Entfernung von der Anlage je nach angenommenen Störfall- und Wetterbedingungen eine Bestrahlung der Bevölkerung auftreten, die zwischen 10- und 200fach so hoch ist wie die sofort tödliche Strahlendosis!
Da diese Untersuchung konsequent geheimgehalten werden soll, wird sie vom BBU auf den Seiten 6 bis 26 dieses Berichtes in vollem Umfang abgedruckt.

Der IRS - Bericht untersucht 4 verschiedene Störfälle:

1. Das Versagen der Kühlung und das Freisetzen der hochradioaktiven Spaltprodukte aus einem Konzentratbehälter einer Wiederaufarbeitungsanlage.
2. Der Ausfall der Kühlung eines voll besetzten Brennelementlagerbeckens einer WAA.
3. Das Auslaufen des Kühlmittels aus einem voll besetzten Brennelementlagerbecken einer WAA.
4. Die Freisetzung von radioaktiven Spaltprodukten aus einem Kernkraftwerk durch Ausfall der Kühlung und Notkühlung und Schmelzen des Reaktorkerns.

Auf den Seiten 4 bis 30 des IRS - Berichtes wird der Verlauf und die Zeitdauer der einzelnen Störfälle berechnet. Dabei ergibt sich, daß

- beim Konzentratbehälterunfall die Freisetzung der radioaktiven Stoffe 41,5 Stunden nach dem Störfalleintritt beginnt,
- beim Brennelementlagerunfall (Ausfall der Kühlung) die Freisetzung der Spaltprodukte 11 Tage und
- beim Brennelementlagerunfall (Auslaufen des Kühlmittels) die Frei-

setzung der Spaltprodukte 24 Stunden nach Störfalleintritt beginnt.

- Beim Kernschmelzunfall eines Kernkraftwerkes (Druckwasserreaktor) beginnt die Freisetzung der Spaltprodukte in die Umwelt 36 Minuten nach Störfalleintritt.

Auf den Seiten 26,29 und 31 sind die Anteile der jeweiligen Spaltprodukte im Vergleich zum Gesamtinventar angegeben, die bei dem Störfall in die Umwelt freigesetzt werden.
Auf den Seiten 35 bis 40 sind die Auswirkungen der untersuchten Störfälle auf die nähere und weitere Umgebung der Anlage dargestellt. Dabei sind jeweils die in Abhängigkeit von der Entfernung (10^3, 10^4, 10^5 Meter bzw. 1, 10 und 100 km) zu erwartenden Strahlenbelastungen in rem angegeben.
Die Schreibweise, z.B. 1,4 E + 5 (auf Seite 37 angegeben als Ganzkörperstrahlenbelastung in 100 km Entfernung nach einem Kühlungsausfall eines Konzentratbehälters für hochaktiven Atommüll) bedeutet dabei eine Strahlenbelastung von $1{,}4 \times 10^5$ rem = 140 000 rem.
In dem Untersuchungsbericht wird an vielen Stellen versucht, die erhaltenen Ergebnisse durch Hinweise auf die angebliche große Konservativität der Annahmen abzuschwächen. Dies wird besonders deutlich auf Seite 34, wo durch die Formulierung des Schlußsatzes versucht wird, Konsequenzen aus den Untersuchungsergebnissen zu umgehen: *"... sollte man die vorliegende Analyse als Vergleich der unter pessimistischen Annahmen zu erwartenden Auswirkungen betrachten, nicht aber als Risikoaussage unter realistischen Bedingungen."*

Inwieweit die zugrundegelegten Annahmen tatsächlich " konservativ " und damit zu pessimistisch sind, ist in dem Kapitel " Realistische Annahmen ? " auf Seite 28 ausgeführt.

Wie aus der Fußnote des Titelblattes zu ersehen ist, wird dieser Bericht als vorläufiger Arbeitsbericht bezeichnet, woraus die Notwendigkeit des "vertraulich" abgeleitet wird. Die Bezeichnung geheimer Studien als "vorläufiger Arbeitsbericht" bzw. "Arbeitsbericht mit vorläufigen Arbeitsergebnissen" gehört zur Praxis der Geheimhaltung solcher Studien. Dadurch wird die Gewissensbelastung der an solchen Untersuchungen mitarbeitenden Angestellten (Autoren und Sekretärinnen) gering gehalten. Außerdem wird für den Fall, daß das Papier aus Versehen in falsche Hände gerät, die Erkenntnis der Brisanz des Papieres erschwert.

Auf den folgenden 21 Seiten ist der IRS-Bericht in vollem Umfang abgedruckt.

INSTITUT FÜR REAKTORSICHERHEIT
DER TECHNISCHEN ÜBERWACHUNGS VEREINE e.V.

ARBEITSBERICHT

UNTERSUCHUNGEN ZUM VERGLEICH GRÖSSTMÖGLICHER STÖRFALLFOLGEN IN EINER WIEDERAUFARBEITUNGSANLAGE UND IN EINEM KERNKRAFTWERK

Dr. D . Bachner, D. Holm, A. Meltzer, G. Morlock,
Dr. P. Neußer und Dr. H. Urbahn

Anmerkung:
Der Inhalt dieses Arbeitsberichtes gibt vorläufige Arbeitsergebnisse wieder und gilt deshalb als vertraulich. Arbeitsberichte können nicht zitiert und dürfen nur mit Zustimmung des Verfassers weitergegeben werden.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Einleitung	2
2.	Berechnung der Aufheizvorgänge	4
2.1	Eingangsdaten zur Berechnung der Aufheizvorgänge	4
2.2	Aufheizung des BE-Eingangslagers einer WAA	6
2.3	Aufheizung des Konzentratbehälters einer WAA	15
3.	Annahmen zur Freisetzung	23
3.1	BE-Eingangslager einer WAA	23
3.2	Konzentratbehälter einer WAA	27
3.3	Reaktorkern	30
4.	Ergebnisse und Diskussion	32
5.	Literaturverzeichnis	41

wieder und gilt deshalb als vertraulich. Arbeitsberichte können nicht zitiert und dürfen nur mit Zustimmung des Verfassers weitergegeben werden.

1. Einleitung

Die vorliegende Ausarbeitung wurde erstellt zur Beurteilung des Gefährdungspotentials einer großen Wiederaufarbeitungsanlage (WAA) für LWR-Brennelemente im Vergleich zu dem eines Kernkraftwerks (KKW). Zu diesem Zweck waren die folgenden Störfälle unter nachstehenden Annahmen zu betrachten und ihre Auswirkungen zu ermitteln und zu vergleichen:

Fall 1: Konzentratbehälter einer WAA

Versagen der Kühlung - vollständiges Ausdampfen der Konzentratlösung - Freisetzung der Verdampfungsprodukte direkt in die Umgebung.

Fall 2: BE-Eingangslager einer WAA

Ausfall der Beckenkühlung eines vollbesetzten Lagerbeckens - keine Abführung der Nachzerfallswärme - Freisetzung des radioaktiven Inventars direkt in die Umgebung.

Fall 3: BE-Eingangslager einer WAA

Auslaufen des Kühlmittels eines vollbesetzten Lagerbeckens - keine Abführung der Nachzerfallswärme - Freisetzung des radioaktiven Inventars direkt in die Umgebung.

Fall 4: Kernkraftwerk

Auslaufen des Kühlmittels - Ausfall der Notkühlung - Kernschmelzen - starke Beschädigung des Containments - Freisetzung des radioaktiven Inventars direkt in die Umgebung.

Die Bearbeitung des Auftrages wurde nicht unter Zugrundelegung der im Auftragsschreiben vom Juli 1975 genannten Daten durchgeführt; es wurden vielmehr die Daten verwendet, die direkt aus der Literatur übernommen werden konnten, um einerseits den Bearbeitungsumfang zu verkleinern und andererseits ein den Gegebenheiten entsprechendes Bild über die Störfallauswirkungen zeichnen zu können. Die für die Berechnungen zugrunde liegenden Annahmen stammen aus der KEWA-Konzeptstudie /1/, aus dem Sicherheitsbericht für das Kernkraftwerk Brokdorf /2/ und aus dem Abschlußbericht der KWU zum Förderungsvorhaben RS 72 a und RS 72 b "Coreschmelzen" /3/. Weiterhin wurden für die Auswahl der Nuklidspektren und der Freisetzungsanteile der KFK-Report 1800 /4/ und die Reaktorsicherheitsstudie WASH 1400 /5/ verwendet.

2. Berechnung der Aufheizvorgänge

2.1 Eingangsdaten zur Berechnung der Aufheizvorgänge

Die nachstehenden Daten sind der KEWA-Konzeptstudie /1/ entnommen und werden zur Abschätzung der nach Eintritt der postulierten Störfälle ablaufenden thermischen Vorgänge zugrundegelegt.

a) Brennelementlagerbecken

Abmessungen	des Lagerbeckens
Länge	17 [m]
Breite	56 [m]
Höhe des Wasserspiegels	15,5 [m]

Das im Lagerbecken vorhandene Wasservolumen vermindert sich um das Volumen des Entladebeckens und der im Lagerbecken abgesetzten Brennelemente und deren Paletten einschließlich der Schockabsorber.

Es können maximal eingelagert werden:

1400 Druckwasserreaktor-Brennelement oder
3500 Siedewasserreaktor-Brennelemente.

Die Abklingzeit der Brennelemente, d.h. die Zeit zwischen Reaktorabschaltung und Einlagerung bei der Wiederaufarbeitungsanlage, wird zu 200 Tagen, der mittlere Abbrand dieser Brennelemente zu 34.000 [MWd/t] angenommen.

b) Behälter für hochaktiven flüssigen Abfall

Abmessungen des Behälters	
Länge	16 [m]
Breite	16 [m]
Flüssigkeitsvolumen	1000 [m^3]

Für alle nachfolgenden Angaben wird ein Nenndurchsatz durch die Wiederaufarbeitungsanlage von 1400 [t/a] bestrahlter Brennelemente angenommen.

Der mittlere Abbrand der Brennelemente beträgt 34.000 [MWd/t].

Die jährlich anfallende Spaltproduktlösung wird zu 600 [m^3/a] angegeben. Dabei ergibt sich in der Spaltproduktlösung

der maximale Spaltproduktgehalt	zu	70 [g/l]
und der Salzgehalt	zu	250 [g/l HNO_3].
Die mittlere Kühlzeit	von	635 [d]

setzt sich zusammen aus der Kühlzeit bis zum Beginn der Behälterfüllung von 330 [d] und der Behälterfüllung von 610 [d].

Die sich in der Spaltproduktlösung einstellende Aktivitätskonzentration ergibt sich zu 3450 [Ci/l]
daraus resultiert eine mittlere Wärmeleistung von 16 [W/l]

Diese Wärmeleistung kann laut KEWA-Konzeptstudie /1/ durch die am Behälter angebrachte Kühlung abgeführt werden. Die bei Verdampfen der Aktivitätslösung anfallenden Dampfschwaden können durch den Lüftungsdurchbruch in der Decke der Behälterabschirmung von ca. 1 [m^2] Weite entweichen.

Nach Verdampfen der Flüssigkeit bleibt der Salzkuchen zurück, dessen Dichte mit 2 [g/cm^3] und dessen Schmelztemperatur mit 1273 [°K] angenommen wird.

Länge	16 [m]
Breite	16 [m]
Flüssigkeitsvolumen	1000 [m³]

2.2 Aufheizung des BE-Eingangslagers einer WAA

Verdrängungsvolumen DWR-Brennelement

236 Brennstäbe; Länge total ≈ 5,0 [m] ;
Länge aktiv 3900 [mm]; 20 Führungen mit eingefahrenen Fingern als massiver Stab angesehen; Radius Führung
$r_{Führung}$ = 0,00686 [m]

$$V_{\substack{Verdrängung \\ \varnothing\ Brennelement}} [m^3] = \left[\frac{\pi \cdot d^2_{Hülle}}{4} \cdot 236 + \frac{\pi \cdot d^2_{Führung}}{4} \cdot 20\right] \cdot H + V_{\substack{Halterung + Rest \\ \varnothing\ Brennelement}}$$

$$V_{\substack{Halterung\ \varnothing \\ Brennelement \\ + Rest}} = \frac{9{,}1155 \cdot 10^4}{193} = 472{,}306 \cdot 10^{-6} [m^3] \quad ; \quad 193 \text{---} \text{Anzahl der Brennelemente}$$

$$V_{\substack{Verdrängung \\ \varnothing\ Brennelement}} = \left[\frac{\pi \cdot 0{,}01075^2}{4} \cdot 236 + \frac{\pi \cdot 0{,}01372^2}{4} \cdot 20\right] \cdot 5{,}0 + 472{,}306 \cdot 10^{-6} =$$

$$= 0{,}12236 [m^3]$$

bei 1400 Brennelementen $V_{Verdrängung}$ = 171,3 [m³]

Verdrängungsvolumen SWR-Brennelement

Das Brennelement besteht aus 63 Stck Brennstäben und 1 Führungsrohr für Instrumentierung. Die Wanddicke des Brennelementkastens (140 x 140 mm) beträgt 2,1 [mm].
Aktive Länge 3760 [mm] . Totale Länge 4470 [mm].

$$V_{\substack{Verdrängung \\ \varnothing\ Brennelement}} = \left[\frac{\pi \cdot 0{,}0125^2}{4} \cdot 63 + \frac{\pi \cdot 0{,}03^2}{4} \cdot 1 + 0{,}14 \cdot 4 \cdot 0{,}0021\right] \cdot 4{,}47$$

$$V_{\substack{Verdrängung \\ \varnothing\ Brennelement}} = 0{,}04298 [m^3]$$

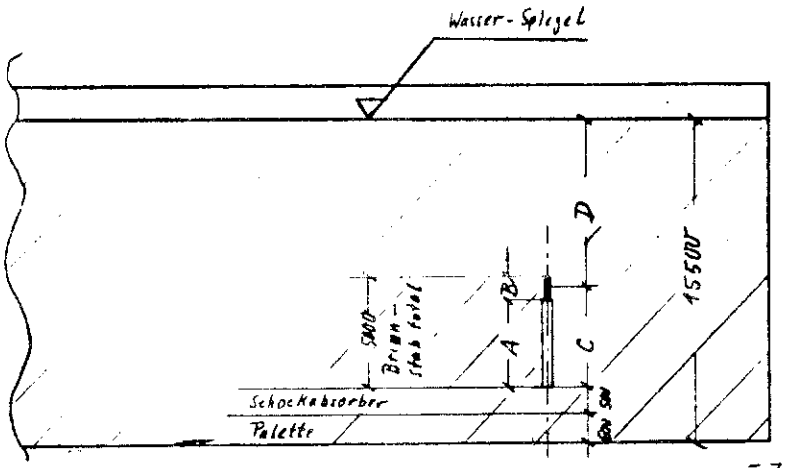
bei 3500 Brennelementen $V_{Verdrängung}$ = 150,4 [m³]

Das Verdrängungsvolumen bei voller Bestückung des Beckens ist:

$$V_{\substack{Verdrängung \\ DWR \\ 1400\ Brennelemente}} > V_{\substack{Verdrängung \\ SWR \\ 3500\ Brennelemente}}$$

Es werde den Überlegungen eine Bestückung des Brennelementbeckens mit 1400 DWR-Brennelementen zugrundegelegt.

Die geometrische Anordnung des mit Brennelementen bestückten Eingangslagers ist in folgender Abbildung angegeben:



A ..... Brennstablänge aktiv ..... 3,9 [m]

B ..... Spaltgasraum ..... 1,1 [m]

$$C = 3900 + \frac{1100}{2} = 4450 [mm]$$

D = Die zur Verdampfung zur Verfügung stehende Wasserschicht;

d.ist D = 15,5 − [0,5 + 0,5 + 4,45 = 10,05 [m]

dabei wurde die Hälfte des Spaltgasraumes der aktiven Brennstablänge zugeschlagen.

Da bezogen auf die Leistung des gesamten Brennstabes die axiale Wärmeleitung klein ist, wird aus Gründen der Vereinfachung der Rechnung angenommen, daß von dem nicht mehr mit Wasser bedeckten axialen Teil des Brennstabes keine Wärme zu dem mit Wasser bedeckten Teil des Brennstabes fließt. D.h. der Brennstab heizt sich ohne Berücksichtigung der axialen Wärmeleitung auf. Der dadurch verursachte Fehler ist vernachlässigbar klein. Für das Schmelzen des nicht mit Kühlwasser bedeckten Stabanteiles ist diese Annahme konservativ. Unter diesen Umständen und bei Berücksichtigung der totalen Brennstablänge, wobei aus Gründen der Konservativität die Paletten- und Schreckabsorber-Wasserschichten nicht berücksichtigt wurden, ergibt sich bei Ausfall der Beckenkühlung für die Erwärmung des Beckenwassers von 40 [°C] auf 100 [°C] folgendes Volumen:

$$V_{Erwärmung} = [4{,}45 + 10{,}05] \cdot 842 = 12\,209\,[m^3]\ \text{Wasser}$$

wobei 842 [m²] die Oberfläche des Brennelementbeckens bei Abzug des Entladebeckens ist:

$$F_{Becken} = 56{,}0 \cdot 17{,}8 - 10{,}0 \cdot 11{,}0 = 842\ [m^2]$$

Nach Abzug des Verdrängungsvolumens der Brennelemente in Höhe von 171,3 [m³] erhält man das effektiv zur Erwärmung von 40 [°C] auf 100 [°C] zur Verfügung stehende Wasser:

$$V_{Erwärmung,effektiv} = 12\,209 - 171{,}3 \approx 12\,038\ [m^3]$$

Die mittlere Stableistung ist 212 $\left[\frac{W}{cm}\right]$;
aktive Stablänge 3900 [mm].

Die Leistung je Stab:

$$390 \cdot 212 = 82\,680 \left[\frac{W}{Stab}\right] \quad \text{oder}$$

Mit 236 Stäben je Brennelement:

$$82\,680 \cdot 236 = 19{,}512\,48 \left[\frac{MW}{\text{Brennelement}}\right]$$

Die Nachwärme bei 200 [d] entsprechend 1,728 · 10⁷ [sec] wurde unter Zugrundelegung der Abb. 4 - 8 des NEDO-Reports 10625 /6/ ermittelt zu:

$$19{,}512\,48 \cdot 9{,}3 \cdot 10^{-4} = 0{,}018\,14\,66 \left[\frac{MW}{\text{Brennelement}}\right] \quad \text{oder}$$

$$82\,680 \cdot 9{,}3 \cdot 10^{-4} \cdot 2{,}3889 \cdot 10^{-4} = 0{,}018\,36\,88 \left[\frac{kcal}{sec\ und\ Stab}\right]$$

$\dot{Q}_{Nachwärme}$ bei Füllung von 1400 Brennelementen

$$\dot{Q}_{Nachwärme} = 1400 \cdot 0{,}018\,14\,66 = 25{,}405\ [MW] \quad \text{oder}$$

$$Q_{Nachwärme} = 25{,}405 \cdot 2{,}3889 \cdot 10^{2} = 6069 \left[\frac{kcal}{sec}\right]$$

Zeit zur Erwärmung des Wassers von 40 auf 100 °C:

$$Q_{Nachwärme} \cdot z_{Erwärmung} = G \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1)$$

$$z_{Erwärmung} = \frac{12\,038 \cdot 10^3 \cdot 1{,}0 \cdot (100 - 40)}{6069} = 119\,041\,[sec]$$

oder 33,06 [h]

Zeit $z_{Verd.}$ zum Verdampfen des Wassers:

Beim Verdampfen des Wassers stehe aus konservativen Gründen lediglich die mit "D" bezeichnete Schicht des Brennelementbeckenwassers zur Verfügung. Wie schon erwähnt, wurde der aktiven Brennstablänge der halbe Spaltgasraum zugeschlagen. **Diese Annahme soll eine durch das Schmelzen des nicht mehr vom Wasser bedeckten axialen Teiles des Brennstabes verursachte radiologische Freisetzung konservativ beschreiben.**

Die Leistung je Stab:

$$390 \cdot 212 = 82\,680 \left[\frac{W}{Stab}\right] \quad oder$$

NEDO-10828

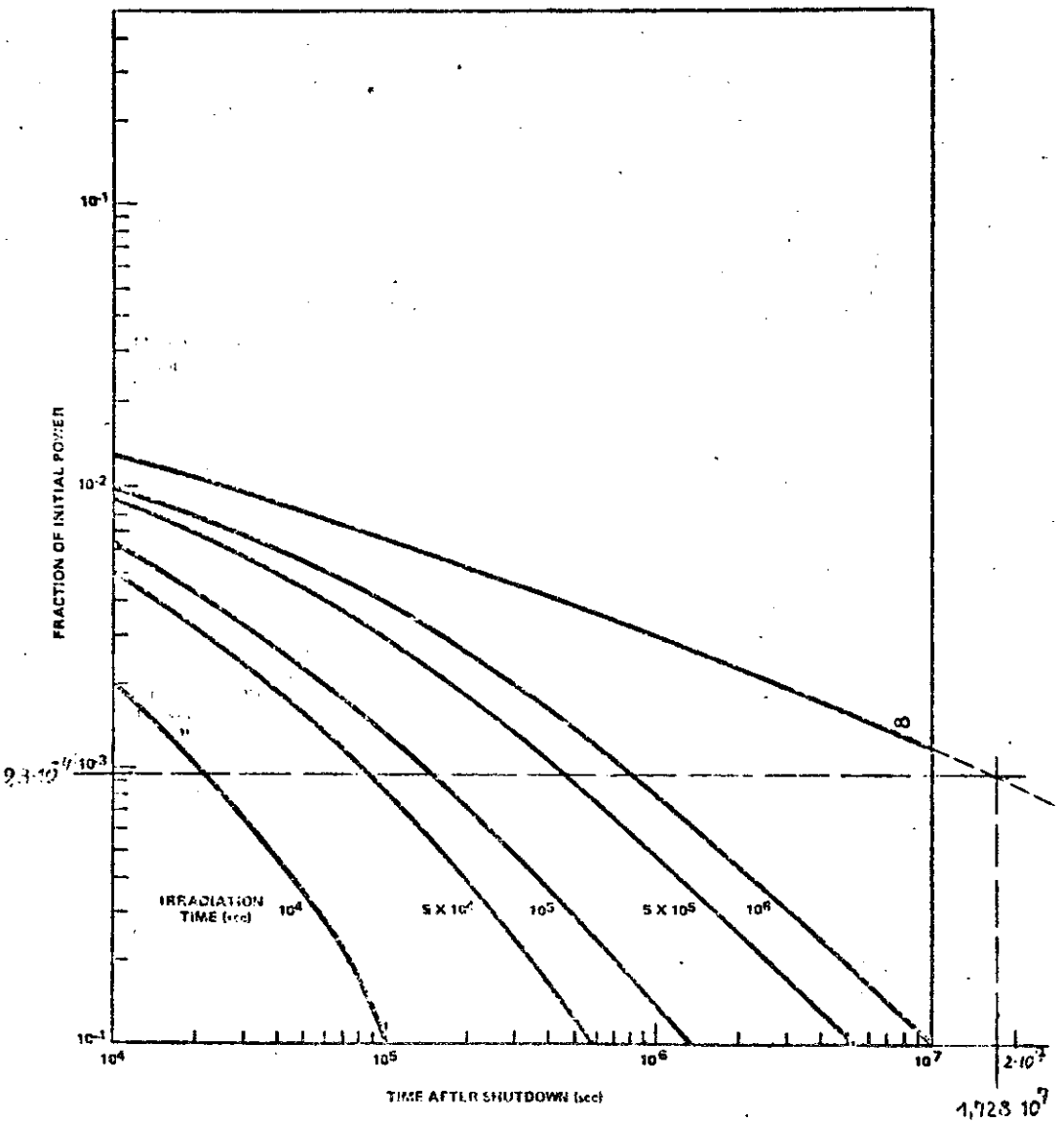


Figure 4-8. Decay Heat Fraction as a Function of Length of Irradiation and Time From Shutdown (May-Witt Model) (Sheet 2 of 2)

sachte radiologische Freisetzung konservativ beschreiben.

Damit erhält man das Volumen, das zur Verdampfung zur Verfügung steht, zu:

$$V_{Verdampfungs,effektiv} = F_{Becken} \cdot D = 842{,}0 \cdot 10{,}05 = 8462\,[m^3]$$

oder $8462 \cdot 10^3 [kg]$

Voraussetzung: Die Verdampfung soll bei 1,3 [bar] erfolgen; diese Annahme ist konservativ, da bei steigendem Druck die Verdampfungswärme kleiner und die Verdampfungszeit kürzer wird.

Weiter wurden konservativ die Wärmeverluste durch die wasserberührte Beckenfläche und die Strahlungsverluste durch die Wasseroberfläche (klein in diesem Temperaturbereich) vernachlässigt.

$$\dot{Q}_{Nachwärme} \cdot z_{Verdampfung} = G \cdot r$$

$$z_{Verdampfung} = \frac{8462 \cdot 10^3 \cdot 2137{,}8 \cdot 0{,}23889}{6069} = 745\,376\,[sec]$$

oder 207 [h] oder 8,63 [d]

Der Beginn der Zeit, in der Teile des Brennstabes nicht mehr durch das Beckenwasser bedeckt sind, ergibt sich zu

$z_{Erwärmung}$	119011	[sec]
$z_{Verdampfung}$	745376	[sec]
	864387	[sec]

oder 240,0 [h] oder 10,00 [Tage]

Aus einer Veröffentlichung des Kernforschungszentrums Karlsruhe /7/ wird eine Versagenstemperatur für Brennstäbe definiert. Sie wird mit

1850 [°C] angegeben.

Um wenigstens einen Teil der Unsicherheiten abzudecken, die in der Festlegung dieses Wertes zu suchen sind, werde mit einer Versagenstemperatur von

1700 °C gerechnet.

Zeit $z_{Versagen}$ bei adiabatischer Aufheizung des Brennstabes:

Folgende Stoffwerte wurden für UO_2 und Zry 4 zugrunde gelegt:

$$\gamma_{Zry\,4} = 6550 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$\gamma_{UO_2} = 650 \left[\frac{lbs}{ft^3}\right] = 16{,}018 \cdot 650 = \approx 10\,412 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$c_{p_{Zry\,4}}\Big|_{100\,°C}^{1700\,°C} = \approx 34 \left[\frac{Btu}{°F\,ft^3}\right] = 16{,}017 \cdot 34 \approx 544{,}0 \left[\frac{kcal}{m^3\,grd}\right] \quad oder$$

$$\frac{544}{6550} = 0{,}08305 \left[\frac{kcal}{kg\,grd}\right]$$

$$c_{p_{UO_2}}\Big|_{100\,°C}^{1700\,°C} = \approx 50 \left[\frac{Btu}{°F\,ft^3}\right] \quad oder \quad 800{,}0 \left[\frac{kcal}{m^3\,grd}\right] \quad oder$$

$$\frac{800}{10\,412} = 0{,}0768 \left[\frac{kcal}{kg\,grd}\right]$$

$z_{Versagen,\ adiab.}$ entspr. Zeit bis zum Versagen des Brennstabes nach Trockenlegen.

Da die axiale Wärmeleitung im Stab nicht berücksichtigt wurde (konservativ), ist die Zeit $z_{Versagen,\ adiab.}$ bezogen auf die axialen Abschnitte des Brennstabes, die oberhalb des H_2O-Spiegels liegen, konservativ. Der Vorgang werde zunächst adiabatisch gerechnet.

$$\dot{Q}_{Nachwärme,\,adiab.} \cdot z_{Versagen,\,adiab.} = \left[(V \cdot \gamma \cdot c_p)_{UO_2} + (V \cdot \gamma \cdot c_p)_{Zry\,4}\right] \cdot (T_2 - T_1)$$

$$z_{Versagen,\,adiab.} = \frac{\frac{\pi}{4}\left[d_{Pellet}^2 \cdot H_{aktiv} \cdot \gamma_{UO_2} \cdot c_{p_{UO_2}} + (d_a^2 - d_i^2)_{Hülle} \cdot H_{total}\, \gamma_{Zry\,4} \cdot c_{p_{Zry\,4}}\right] \cdot (T_2 - T_1)}{\dot{Q}_{Nachwärme}} \left[sec\right]$$

$$z_{Versagen,\,adiab.} = \frac{\frac{\pi}{4}\left[0{,}00908^2 \cdot 3{,}9 \cdot 800 + (0{,}01075^2 - 0{,}0093^2) \cdot 5{,}0 \cdot 544\right] \cdot (1700 - 100)}{18\,368{,}8 \cdot 10^{-6}} \left[sec\right]$$

$z_{Versagen,\ adiabetisch}$ = 23007 [sec] oder 6,39 [h]

Bei nicht adiabatischem Versagen ergibt sich $z_{Versagen}$ zu:

$$z_{Versagen} = \frac{\frac{\pi}{4}\left[0{,}00908^2 \cdot 3{,}9 \cdot 800 + (0{,}01075^2 - 0{,}0093^2) \cdot 5{,}0 \cdot 544\right] \cdot (1700 - 100)}{18\,368{,}8 \cdot 10^{-6} - \dot{Q}_{Verluste}} \left[sec\right]$$

$$\dot{Q}_{Verluste} = \alpha \cdot F\,(T_2 - T_1)\,\frac{1}{3600} \left[\frac{kcal}{sec}\right]$$

T_2 wird eingesetzt als zeitlicher Mittelwert der Hüllrohre.

$$T_2 = \frac{T_{2,A} + T_{2,E}}{2}$$

T_1 ist der zeitliche Mittelwert der Umgebungsatmosphäre.

$$T_1 = \frac{T_{1,A} + T_{1,E}}{2}$$

adiabatisch gerechnet.

Dieser Wert ($T_2 - T_1$) wird konservativ mit 50 [grd] angenommen. Für α werde ebenfalls konservativ der Wert $\alpha = 10$ [kcal/m² h grd] zugrundegelegt. In diesem Wert $\alpha = 10$ [kcal/m² h grd] ist Konvektion und Strahlung enthalten. Wert für α nach /8/.

Mit diesen Werten erhält man:

$$\dot{Q}_{Verlust} = \frac{10}{3600} \cdot \pi \cdot d_{Hülle} \cdot H \cdot (T_2 - T_1) \quad \left[\frac{kcal}{sec}\right]$$

$$\dot{Q}_{Verlust} = \frac{10}{3600} \cdot \pi \cdot 0{,}01075 \cdot 4{,}5 \cdot 50 = 21\,107{,}6 \cdot 10^{-6} \left[\frac{kcal}{sec}\right]$$

Für H wurde eingesetzt:

$$H = \frac{H_{aktiv} + H_{total}}{2} = \frac{3{,}9 + 5{,}0}{2} = 4{,}45 \approx 4{,}5 \; [m]$$

$$\dot{Q}_{Verlust} > \dot{Q}_{Nachwärme}$$

Damit wird die Nachwärme über den Wärmeübergang von Hülle an die Umgebungsatmosphäre abgeführt und es ergibt sich keine Aufheizung des Stabes.

Bei Änderung des Wertes α auf $\alpha = 8$ [kcal/m² h grd] und des Wertes ($T_2 - T_1$) auf 40 [grd] ergibt sich:

$$\dot{Q}_{Verlust} = \frac{8}{3600} \pi \cdot 0{,}01075 \cdot 4{,}5 \cdot 40 = 13\,508{,}8 \cdot 10^{-6} \left[\frac{kcal}{sec}\right]$$

und

$$z_{Versagen} = \frac{\frac{\pi}{4}\left[0{,}0908^2 \cdot 3{,}9 \cdot 800 + (0{,}01075^2 - 0{,}0903^2) \cdot 5 \cdot 544\right] \cdot (1700 - 100)}{(18\,368{,}8 - 13\,508{,}8) \cdot 10^{-6}} \quad [sec]$$

$z_{Versagen}$ = 86959 [sec] oder 24,2 [h]

$$T_2 = \frac{T_{2,A} + T_{2,E}}{2}$$

T_1 ist der zeitliche Mittelwert der Umgebungsatmosphäre.

$$T_1 = \frac{T_{1,A} + T_{1,E}}{2}$$

Das Versagen der Brennelemente unter voranstehenden Voraussetzungen tritt damit erst nach

	$z_{Erwärmung}$	= 119011	[s]
+	$z_{Verdampfung}$	= 745376	[s]
+	$z_{Versagen}$	= 86959	[s]
		= 951346	[s]
		= 264,3	[h]

= ca. 11,0 Tage ein

Bei der Berechnung von $z_{Versagen}$ wurde $\alpha = 8$ [kcal/m² h grd] und ($T_2 - T_1$) = 40 [°] zugrunde gelegt.

2.3 Aufheizung des Konzentratbehälters einer WAA

Inhalt des Behälters $V_{Beh.}$

16 · 16 · 3,9 = 998,4 [m³] bei 3,9 [m] Füllhöhe

Zusammensetzung des Konzentrates:

je m³ sind enthalten:

70 [kg] Spaltprodukte
250 [kg] Salz
x [kg] Wasser

An festen Produkten sind also enthalten:
320 kg Spaltprodukte und Salze.

bei einem $\gamma = 2 \left[\frac{kg}{dm^3}\right]$ für die 320 [kg] $\sum$ (Spaltprodukte + Salze)

sind in 1 [m³] $\frac{320}{2000} = 0{,}160$ [m³] $\sum$ (Spaltprodukte + Salze) vorhanden

damit sind in einem $[m^3]$ enthalten:

70 [kg]	Spaltprodukte
250 [kg]	Salze
840 [kg]	Wasser
1160 kg	enthalten

Die Wärmeleistung des Konzentrates ist $\dot{Q}_N$

$$\dot{Q}_N = 16\left[\frac{W}{ltr}\right] \cdot 2{,}3889 \cdot 10^{-4} \cdot 998{,}4 \cdot 10^3 = 3816\left[\frac{kcal}{hr}\right] \quad oder$$

$$\dot{Q}_N = 3816 \cdot 4{,}186 \cdot 10^{-3} = 15{,}974\,[MW]$$

Wie hoch füllen nach Verdampfung des Wasseranteiles im Konzentrat die Restsalze (320 kg Σ(Spaltprodukte / Salze)) den Behälter?

$$\frac{V_{Bek.} \cdot (250+70)}{\gamma_{Bodensatz}} = V_{Bodensatz} = F_{Behälter}\, H_{Bodensatz}$$

$$H_{Behälter} = \frac{998{,}4 \cdot 320}{2 \cdot 10^3 \cdot 16 \cdot 16} = 0{,}624\,[m]$$

Voraussetzung: $\gamma_{Bodensatz} = 2 \cdot 10^3\,[kg/m^3]$ bezieht sich auf den Bodensatz nach Ausdampfen des Wassers, bestehend aus Σ(Spaltprodukte + Salze).

Ist die Wärmeleistung des Bodensatzes, die konservativ der Wärmeleistung des Konzentrates vor der Verdampfung entsprechen soll, über die Oberfläche des Bodensatzes mit 16 x 16 = 256 $[m^2]$ abzuführen?

$$\dot{Q}_N = \alpha \cdot F\,(T_2 - T_1)\,\frac{1}{3600}$$

Annahmen und Voraussetzungen: $\alpha = 8\,[kcal/m^2\,h\,grd]$ für die Summe Strahlung + Konvektion in ruhender Luft für die Oberfläche des Bodensatzes. Wärmeverluste über die vom Bodensatz berührten Flächen des Behälters werden vernachlässigt und = 0 gesetzt. (Konservativ) siehe /8/.

$$T_2 - T_1 = \frac{\dot{Q}_N \cdot 3600}{\alpha \cdot F} = \frac{3816 \cdot 3600}{8 \cdot 256} \approx 6700\,[°]$$

d.h. die kritische Temperatur von 1000 [°C] für die Schmelze wird überschritten!

Zeit ($z_{Erwärmung}$), die zur Erwärmung des Konzentrates von 60 [°C] auf 100 [°C], erforderlich ist.

Voraussetzung: Cp (spez. Wärme) des Konzentrates = spez. Wärme des Wassers gesetzt. $c_{p_{H_2O}} \approx c_{p_{Bodensatz}}$

$$\dot{Q}_N \cdot z_{Erwärmung} = G \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)$$

$$z_{Erwärmung} = \frac{998{,}4 \cdot 840 \cdot 1 \cdot (100-60)}{3816} = 8791\,[sec]$$

$$oder\ 2{,}44\,[h]$$

Es werde bei der Erwärmung nur der Wasseranteil im Konzentrat (998,4 · 840) betrachtet. Diese Annahme ist konservativ!

Welche Zeit wird zur Verdampfung des H_2O-Anteils im Konzentrat benötigt?

Flüssigkeitsvolumen im Behälter 998,4 [m³]; der zu verdampfende Flüssigkeitsanteil ist:

$0{,}840 \cdot 998{,}4 \cdot 10^3 = 838656$ [ltr] oder [kg] $H_2O = G_{H_2O}$

Bei der Verdampfung wird sich ein Überdruck im Behälterraum einstellen, der auf 1,4 [bar] geschätzt wurde. Bei einer vorgegebenen Leckgröße von 1 [m²] ist diese Schätzung als konservativ anzusehen, da die Verdampfungswärme mit steigendem Druck kleiner wird. Dadurch ergeben sich kleinere Zeiten für die Verdampfung.

$$z_{Verdampfung} = \frac{G_{H_2O} \cdot r_{H_2O}}{\dot{Q}} = \frac{838656 \cdot 2231{,}9 \cdot 0{,}23889}{3816} = 117199 \text{ [sec]}$$

oder 32,5 [h] oder 1,36 [Tage]

Zeit $z_{Erwärmung}$ und $z_{Verdampfung}$ der H_2O-Füllung in der Kühlung

(a - Behälter mit Mantel-Kühlung; b - Kühlschlange im Konzentrat)

Bei einer Füllhöhe von 3,9 [m] bei einer Grundfläche von 16,0 x 16,0 [m] wird die gesamte Höhe i.Lichten mit 4,2 [m] angenommen. Weiter wird vorausgesetzt, daß der Behälter allseitig gekühlt wird. Der Kühlmantel habe eine Stärke von 7 [cm]. Diese Annahme liegt aus fertigungstechnischen Gründen an der unteren Grenze.

trat (998,4 · 840) betrachtet. Diese Annahme ist konservativ!

Die Wasserfüllung ergibt sich zu:

$$(16{,}14 \cdot 16{,}14 - 16{,}0 \cdot 16{,}0) \cdot 4{,}2 + 16{,}14 \cdot 16{,}14 \cdot 0{,}07 \cdot 2 = 55{,}36 \approx 56 \text{ [m}^3\text{]}$$

Damit ergibt sich für die Erwärmung der Wasserfüllung in dem Kühlmantel:

$$z_{Erwärmung} = \frac{56 \cdot 10^3 \cdot (100 - 60)}{3816} = 587 \text{ [s]}$$

und für die Verdampfung (konservativ, da bei 1,4 ata):

$$z_{Verdampfung} = \frac{56 \cdot 10^3 \cdot 2231{,}9 \cdot 0{,}23889}{3816} = 7824 \text{ [s]}$$

oder 2,17 [h]

Da die Anordnung der Kühlschlange im Konzentratbehälter nicht bekannt ist, wird aus Gründen der Konservativität die Wasserfüllung in den Kühlschlangen vernachlässigt.

Masse Behälterwandung:

Spez. Wärme für Stahl Cp = 0,11 [kcal/kg grd] gegenüber 1,0 [kcal/kg grd] bei Wasser. Bei Berücksichtigung dieser Werte ergibt sich für eine Eisenwandung von 1 [cm] Stärke eine äquivalente Wasserschicht von der Stärke δ H_2O:

$$[F \cdot \delta \cdot \gamma \cdot c_p \cdot T]_{H_2O} = [F \cdot \delta \cdot \gamma \cdot c_p \cdot T]_{Fe}$$

mit $\gamma_{Fe} = 7800 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$ und $\gamma_{H_2O} = 1000 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$ und $T_{Fe} = T_{H_2O}$; $F_{H_2O} = F_{Fe}$

$$\delta_{H_2O} = \frac{\delta_{Fe} \cdot F_{Fe} \cdot c_{p_{Fe}}}{\gamma_{H_2O} \cdot c_{p_{H_2O}}} = \frac{0{,}01 \cdot 7800 \cdot 0{,}11}{1000 \cdot 1{,}0} = 0{,}00858 \text{ [m]}$$

oder 8,6 [mm]

Da der Abstand für den Kühlmantel auf einer Annahme beruht, und die Größenordnung der Wandstärke des Behälters einer Wasserschicht von nur ca. 8,5 [mm] entspricht, werde konservativ die Massen der Behälterwandung mit seinen Verstärkungen vernachlässigt.

Bisheriger Zeitablauf:

$z_{Erwärmung,\ Konzentrat}$	8791 [sec]
$z_{Verdampfung,\ Konzentrat}$	117179 [sec]
$z_{Erwärmung,\ Kühlmantel}$	587 [sec]
$z_{Verdampfung,\ Kühlmantel}$	7824 [sec]
	134381 [sec] oder 37,33 [h]

Nach 37,33 Stunden sind nur noch Salze mit Spaltprodukten als Bodensatz vorhanden. Die Stärke der Salzschicht beträgt 0,624 [m].

Als spezifische Wärme für diese Salz- oder Kristall-Schicht wurde $c_p \approx 0{,}20$ [kcal/kg grd] entsprechend Sand als Mittelwert angenommen. Als Schmelztemperatur wurde ein Mittelwert über alle Salze und als Mittelwert für die geometrische Anordnung von 1000 [°C] angenommen.

Die Zeit zur addiabatischen Erwärmung der Schmelze auf 1000 [°C] bei Vernachlässigung (konservativ) der Schmelzwärme ergibt sich zu:

$$\frac{V \cdot \gamma \cdot c_p (T_2 - T_1)}{\dot{Q}_{Nachwärme}} = z_{Erwärmung,\ Salze} \left\{ \begin{array}{l} \text{alle Werte sind} \\ \text{auf Restsalze} \\ \text{zu beziehen.} \end{array} \right.$$

$$z_{Erwärmung,\ Salze,\ ad.\ ab} = \frac{16 \cdot 16 \cdot 0{,}624 \cdot 10^3 \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}20 \cdot (1000 - 100)}{3816}$$

$$z_{Erwärmung,\ Salze,\ adiab.} = 15070\ [sec] \text{ oder } 4{,}2\ [h]$$

Die Zeit zur nicht adiabatischen Erwärmung der Schmelze bei Berücksichtigung der nachstehend angegebenen Voraussetzungen ergibt sich zu:

Voraussetzung

a. Die Wärmeabfuhr über die salzberührten Flächen des Behälters wurde vernachlässigt (konservativ).

b. Die Wärmeübergangszahl α_{K+Str} durch Konvektion und Strahlung an der Oberfläche der Salzschicht wurde für den Temperaturbereich 100 bis 1000 °C mit 10 [kcal/m² h grd] als konservativer Wert angenommen /8/.

$$Q_{Nachwärme} - Q_{Verlust,\ Oberfläche} = V \cdot \gamma \cdot c_p \left(T_2 - T_1 \right) \frac{1}{z_{100 \to 1000 [°C]}}$$

$$3816 - \frac{10}{3600} 16 \cdot 16 \left[\frac{100 + 1000}{2} - T_{Umgebung,\ mittel} \right] = \left[16 \cdot 16 \cdot 0{,}624 \cdot 10^3 \cdot 2{,}0 \cdot 0{,}2 (1000 - 100) \right] \cdot \frac{1}{z_{100 \to 1000 [°C]}}$$

Die mittlere Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Temperatur der Salze und mittlerer Temperatur der Umgebungsatmosphäre wurde konservativ mit 50 [°C] $= \left[\frac{100 + 1000}{2} - T_{Umgebung,\ mittel} \right]$ angenommen.

$$3816 - \frac{10}{3600} \cdot 16 \cdot 16 \cdot 50 = 57{,}507\,840 \cdot 10^6 \frac{1}{z_{100 \to 1000 [°C]}}$$

Die Zeit für nicht adiab. Erwärmung von 100 [°C] auf 1000 [°C] ist

$$z_{100 \to 1000 [°C]} = \frac{57{,}507\,840 \cdot 10^6}{3816 - \frac{10}{3600} \cdot 16 \cdot 16 \cdot 50} =$$

$$= 15212\ [sec] \text{ oder } 4{,}23\ [h]$$

$$\tau_{\text{Erwärmung, Salze, adiab.}} = 15070\ [\text{sec}] \text{ oder } 4{,}2\ [\text{h}]$$

Der gesamte Zeitbedarf zur Aufheizung des Inhaltes eines Konzentratbehälters auf eine Temperatur von 1000 [°C] beträgt damit

$$\tau_{ges.} = 149493\ [\text{s}] \text{ oder ca. } 41{,}5\ [\text{h}]$$

Die Annahmen für diese Zeitermittlung sind:

$\alpha = 10\ [\text{kcal/m}^2\ \text{h grd}]$ ..... Wärmeübergangszahl durch Konvektion und Strahlung an der Oberfläche Salze

$(T_2 - T_1) = (T_{Salze,mittel} - T_{Umgebg.,mittel})$ ..... mittlere Temperaturdifferenz zwischen Salze und Umgebungsatmosphäre.

$= 50\ [°C]$

$$\tau_{m \to N \to 1000[°C]} = \frac{57{,}507\ 840 \cdot 10^{-}}{3816 - \frac{10}{3600} \cdot 16 \cdot 16 \cdot 50} =$$

$$= 15212\ [\text{sec}] \text{ oder } 4{,}23\ [\text{h}]$$

3. Annahmen zur Freisetzung

Entsprechend der in der Einleitung definierten Aufgabenstellung wird das Versagen der Kühlung an folgenden Einrichtungen betrachtet:

- Konzentratbehälter einer WAA
- BE-Eingangslager einer WAA
- Reaktorkern.

Beim BE-Eingangslager einer Wiederaufarbeitungsanlage werden die in der Einleitung Fall 2 und Fall 3 genannten Störfälle - Ausfall der Beckenkühlung und Auslaufen des Kühlmittels - gleich behandelt, da die Auswirkungen auf die Umgebung praktisch gleich sind. Es gibt nur Unterschiede im Zeitablauf bis zur Zerstörung der Brennelemente.

3.1 BE-Eingangslager einer WAA

Der Störfallablauf wird in 4 Phasen betrachtet, die durch unterschiedliche Temperaturen und damit durch unterschiedliche Freisetzungsgrade gekennzeichnet sind.

1. Phase Nach einem Beckenkühlungsunfall erwärmt sich das Beckenwasser von ~40 [°C] auf 100 [°C] in einer Zeit von ca. 33 [h]. In dieser Zeit finden praktisch keinerlei Freisetzungen statt, da die Brennstäbe noch als dicht betrachtet werden können.

2. Phase Nach Erreichen des Siedepunktes des Beckenwassers setzt die Verdampfung ein. In dieser Zeit sind die BE noch vollkommen mit Wasser bedeckt.

Erst 240 [h] ~ 10,0 [d] nach Kühlungsausfall werden Teile der Brennstäbe nicht mehr von Wasser bedeckt sein. In dieser Zeit heizen sich die

Hüllrohre stark auf, d.h. durch Aufplatzen von Hüllrohren sind geringe Freisetzungen gem. Tabelle 1 möglich.

3. Phase Nach weiteren 6,4 [h] erreichen Teile der Brennstäbe 1700 [°C], so daß mit ihrer Zerstörung gerechnet werden muß. Für eine pessimistische Zeitabschätzung wurde die adiabatische Aufheizung (s.a. S. 12/13) zugrunde gelegt.

4. Phase Die BE heizen sich weiter auf bis zur vollständigen Zerstörung (evtl. Bildung von Legierungen zwischen UO_2 und Zirkaloy, die relativ niedrige Schmelzpunkte (< 1800 °C)) haben können, so daß heiße Teile der Brennstäbe in das noch vorhandene Beckenbodenwasser fallen. Dieses Wasser kann dadurch sehr rasch verdampfen. Danach wird sich auf dem Boden eine Schmelze bilden, aus der große Mengen von Spaltprodukten freigesetzt werden. In dieser Phase wird auch der Lager-Beton Zerstörungen erleiden.

Wenn die Schmelze Temperaturen erreicht, die höher als ca. 2300 °C sind, so kann die "Verdampfungsphase" eingeleitet werden, wobei noch ein großer Anteil der in der Schmelze verbliebenen Spaltprodukte freigesetzt werden kann. Das ist in den Freisetzungsfaktoren für die Phase 4 konservativ berücksichtigt worden.

Anmerkungen:

1. Das Aktivitätsinventar besteht außer aus Spaltprodukten auch aus Aktivierungsprodukten des Brennstoffs und des Strukturmaterials bzw. des Hüllenmaterials.

   Den wichtigsten Anteil aber bilden die Spaltprodukte, deren Halbwertszeit größer als 10 Tage ist.

2. Die Freisetzungen der Spaltprodukte hängen von ihrer chemischen und physikalischen Form und daher von ihren Flüchtigkeiten bzw. Dampfdrücken ab. Allerdings muß davon ausgegangen werden, daß ab Temperaturen, bei denen sich Eutektika bilden können (< 2000 [°C]), sich die Nuklide (Elemente) in einem komplizierten Stoffgemisch befinden, so daß sie nicht mehr alle in rein metallischer bzw. oxidischer Form vorliegen. Von den theoretisch denkbaren Verbindungen, aus denen die Komponenten des Vielstoffsystems bestehen, sind die entsprechenden thermodynamischen Daten und Phasendiagramme nur unvollständig (oberhalb 2000 [°C] meist nur als extrapolierte Werte) oder überhaupt nicht bekannt. Von großer Bedeutung ist auch der Oxydationsgrad dieses Stoffsystems bzw. die Art der Atmosphäre über der Schmelze, weil davon auch wesentlich der Schmelzprozeß abhängt.

3. Versuche mit Kernschmelz-Gemischen in kleinen Maßstäben zeigen, daß die Freisetzungen bis zu einer Größenordnung streuen können.

4. Die in Tabelle 1 angegebenen Freisetzungsfaktoren sind als obere Grenzwerte zu betrachten.

5. Bei den angegebenen Freisetzungen wurden keinerlei Rückhaltevermögen der Lagerbeckenkonstruktionen oder -gebäude bzw. Lüftungs- und Filteranlagen angenommen.

Den wichtigsten Anteil aber bilden die Spaltprodukte, deren Halbwertszeit größer als 10 Tage ist.

Tabelle 1 Freisetzung des Aktivitätsinventars bei BE-Lagerbeckenkühlungsunfall

Element	Chem. Gruppe	Freisetzungsanteil vom Gesamtinventar		
	Flüchtigkeit	2. Phase	3. Phase	4. Phase
Kr, Xe	Edelgase lf.	1 %	9 %	90 %
J,	Halogene lf.	0,5 %	9,5 %	90 %
Rb, Cs,	Alkalimetalle lf.	0,5 %	9,5 %	80 %
As, Se, Sn, Sb, Te	- mf.	-	0,1 %	25 %
Sr, Ba,	Erdalkalim. mf.	-	0,1 %	20 %
Sm, Eu, Tb	Lantanide sf.-mf.	-	0,1 %	5 %
Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Cd,	Edelmetalle mf.	-	-	5 %
Y, Nb, La, Ce, Pr, Pm,	Lantanide sf.	-	-	1 %
Zr,	- sf.	-	-	1 %
Pu, U,	Aktiniden sf.	-	-	1 %

lf. = leichtflüchtig
mf. = mittelflüchtig
sf. = schwerflüchtig

3.2 Konzentratbehälter einer WAA: Versagen der Kühlung

Die Lösung hochaktiven Wastes(HAW) beinhaltet im wesentlichen nur langlebige Spaltprodukte mit Halbwertszeiten > 50 [d] und deren wichtigste Tochterprodukte, wobei folgende Spaltprodukte bei der Wiederaufarbeitung aus der Lösung entfernt wurden:

- alle Edelgase (Kr - 85)
- alle Halogene (J - 129)
- Anteile flüchtiger Stoffe (Cs, Rb, Ru)

Der Störfallablauf wird in drei Phasen betrachtet:

1. Phase Die Konzentratlösung erwärmt sich in einer Zeit von etwa 2,5 [h] von ca. 60 [°C] auf 100 [°C] (Verdampfungstemperatur des Wassers).

In dieser Zeit gibt es praktisch keine Freisetzung, da die leichtflüchtigen Spaltprodukte (im wesentlichen Edelgase und Halogene) beim WAA-Prozeß zu 100 % freigesetzt wurden.

2. Phase Nach dieser Zeit beginnt der Verdampfungsprozeß des Wassers aus der Lösung. Die Verdampfung des Wassers ist nach ca. 35 [h] abgeschlossen. Danach verbleibt am Boden des Behälters eine Schicht aus Salzen und Spaltprodukten von etwa 62 [cm] Höhe. Bis zu dieser Zeit werden praktisch keine Spaltprodukte freigesetzt.

3. Phase Die adiabatische Aufheizung dieser Salze von 100 [°C] bis auf etwa 1000 [°C] - verbunden mit dem Einsetzen der Spaltproduktfreisetzung - dauert ca. 4,2 [h] . Danach (d.h. nach insgesamt ca. 42,5 [h]) beginnt sich eine Schmelze zu bilden, aus der größere Anteile von Spaltprodukten ausdampfen können.

Anmerkungen:

1. Aus Konservativitätsgründen wird angenommen, daß flüchtige Stoffe wie Cs, Rb, Ru zu 100 % im HAW verblieben sind.

2. Das Aktivitätsinventar besteht außer aus Spaltprodukten auch aus Aktivierungsprodukten des Brennstoffs und des Strukturmaterials bzw. des Hüllenmaterials.

3. Die Freisetzung der Spaltprodukte hängt normalerweise von ihrer chemischen und physikalischen Form und deren Flüchtigkeiten bzw. ihren Dampfdrücken ab. Die Spaltprodukte befinden sich in der 1. und 2. Phase in komplizierten Stoffgemischen von Nitraten, Oxiden und anderen Verbindungen. In der 3. Phase werden die Spaltprodukte vor allem in oxidischer Form vorliegen.

   Aus Konservativitätsgründen wurden daher die Freisetzungsraten angenommen, die beim BE-Beckenstörfall der 4. Phase entsprechen.

4. Bei den angegebenen Freisetzungen in Tabelle 2 wurde keinerlei Rückhaltevermögen der Behälterkonstruktionen oder -gebäude bzw. der Lüftungs- und Filteranlagen angenommen.

Tabelle 2 Freisetzung des Aktivitätsinventars bei Versagen der Kühlung eines Konzentratbehälters

Element	Chem. Gruppe	Freisetzungsanteil vom Gesamtinventar		
		1. Phase	2. Phase	3. Phase
Rb, Cs,	Alkalimetalle	-	-	80 %
Se, Sn, Sb, Te	-	-	-	25 %
Sr, Ba,	Erdalkalimetalle	-	-	20 %
Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Cd,	Edelmetalle	-	-	5 %
Sm, Eu, Tb,	Lantanide	-	-	5 %
Y, Nb, La, Ce, Pm, Eu	Lantanide	-	-	1 %
Zr,	-	-	-	1 %

3.3 Reaktorkern

Der beim Schmelzen des Reaktorkerns aus der Schmelze entweichende Anteil einzelner Radionuklide wird analog dem Brennelementbecken - Kühlungsausfall angenommen. Hier ist nur zu beachten, daß die kurzlebigen Radionuklide noch vollständig vorhanden sind und diese im wesentlichen die Höhe der Dosisleistung verursachen. Die Abschätzung des Aktivitätsinventars im Core erfolgte unter Zuhilfenahme des KFK-Reports 1800 /4/ und des Sicherheitsberichtes für das Kernkraftwerk Brokdorf /2/. Der Zeitpunkt der Freisetzung wurde nach /3/ mit 2200 [s] nach Schnellabschaltung des Reaktors festgelegt. Dies ist der Zeitpunkt, zu dem die untere Kalotte des Reaktordruckbehälters zusammen mit der Kernschmelze in den Reaktorgebäudesumpf fällt. Weiterhin wird angenommen, daß das Containment durch eine gleichzeitig erfolgende Dampfexplosion in Bodennähe öffnet und die in Tabelle 3 genannten Anteile des Coreinventars aus dem zerstörten Reaktorgebäude in die Umgebung freigesetzt werden. Diese Betrachtung hat lediglich im Hinblick auf das Öffnen des Containments Gültigkeit, die Ausbreitung der Spaltprodukte in der Atmosphäre wird hingegen analog den beiden anderen Störfällen behandelt, da eine Ausbreitung durch atmosphärische Diffusion die höheren Strahlenexpositionen zur Folge hat.

Es wird an dieser Stelle nur der Coreschmelzen-Unfall beim Druckwasserreaktor behandelt, da dieser ungünstiger gegenüber dem beim Siedewasserreaktor ist. Die Zerstörung des Reaktordruckbehälters erfolgt beim Siedewasserreaktor nämlich erst nach ca. 19000 [s] /3/. Das bedeutet, daß vor der Freisetzung aus der Kernschmelze viele kurzlebige Radionuklide bereits ganz oder aber weitgehend abgeklungen sind.

Tabelle 3 Freisetzung des Aktivitätsinventars nach Coreschmelzen

Element	freigesetzter Anteil vom Gesamtinventar
Kr, Xe,	100 %
Br, J,	100 %
Rb, Cs,	90 %
Te, As, Sb, Sn,	25 %
Sr, Ba,	20 %
Mo, Tc, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb,	5 %
Ga, Y, Zr, Nb, In, La, Ce, Pr, Pm,	1 %
U, Pu,	1 %
Fe, Co, Cr, Mn,	5 %

4. Ergebnisse und Diskussion

Die in Kap. 3 diskutierten Freisetzungsfaktoren wurden den Dosisberechnungen zugrunde gelegt. Für die Ausbreitung in der Atmosphäre wurden zum Vergleich zwei verschiedene Wetterlagen angenommen, die stabile Wetterlage F, mit der man die konservativsten Ergebnisse erhält, und Wetterlage D, die in der Bundesrepublik neben Wetterlage C die größte Häufigkeit aufweist. Die Windgeschwindigkeit wurde mit $u = 1 [m \cdot sec^{-1}]$ angesetzt. Die Rechnungen wurden jeweils für zwei Freisetzungshöhen durchgeführt, bodennah (h = 0), die zu den höchsten Dosisbelastungen führt, und Freisetzungshöhe h = 20 bzw. 40 [m], die realistischer ist, da hierbei zumindest qualitativ das thermische Lift (Auftrieb der heißen Gase) berücksichtigt wird.

Da der zeitliche Verlauf der Freisetzung innerhalb der einzelnen Phasen nicht bekannt ist und es nicht als hinreichend konservativ angesehen werden kann, konstante Freisetzung über den ganzen in Frage kommenden Zeitraum anzunehmen, wurde in den Rechnungen unterstellt, daß jeweils zu Beginn der einzelnen Phasen die ganze in dieser Phase freisetzbare Aktivität abgegeben wird.

Beim Störfall "Kühlungsausfall BE-Eingangslager" wurden die einzelnen Phasen (vgl.Kap.3.1) zusammengefaßt, da der Beginn der einzelnen Phasen im Vergleich zum Störfallbeginn praktisch gleich ist.

Die Strahlenexposition bei allen betrachteten Störfällen wurde für drei Entfernungen von der Anlage berechnet. Die Driftzeit vom Freisetzungspunkt bis zum Aufpunkt beträgt bei der zugrundegelegten Windgeschwindigkeit von $u = 1 [m \cdot sec^{-1}]$:

Entfernung [km]	Driftzeit
1	17 min
10	2,8 h
100	27,8 h

Der radioaktive Zerfall während der Driftzeit wurde berücksichtigt.

Die potentielle Strahlenexposition wurde berechnet für die Organe Knochen (Dosis integriert über 50 Jahre), Schilddrüse, Magen-Darm-Trankt und Ganzkörper. Die Ergebnisse der Rechnungen sind in den Tabellen 4 - 1 bis 4 - 12 zusammengefaßt.

Sie zeigen deutlich, daß praktisch in allen Fällen die Knochen das kritische Organ sind. Den Hauptanteil daran trägt das Strontium 90. Die Plutoniumisotope tragen höchstens bis zu etwa 10 % zur Knochendosis bei. Die Schilddrüsendosis ist überwiegend durch das Jod 129, beim Coreschmelzen im Nahbereich auch noch durch das Jod 131 und 133 bestimmt.

Ein Vergleich der Auswirkungen der drei diskutierten Störfälle mit Kühlungsausfall zeigt, daß die potentielle Strahlenexpositionen näherungsweise in allen drei Fällen gleich sind. Das gilt jedenfalls für die Knochen als kritisches Organ. Lediglich bei Coreschmelzen und Wetterlage F mit bodennaher Freisetzung sind die Auswirkungen etwas geringer. Dominierend ist das Coreschmelzen bei der Strahlenexposition durch Jod. Das ist verständlich, da in den beiden anderen Fällen das Jod schon entfernt oder aber bis auf Jod 129 wegen seiner relativ kurzen Halbwertszeit schon zerfallen ist.

Geht man von bodennaher Freisetzung zu Freisetzungshöhen h = 20 m bzw. 40 m über, so werden natürlich die Dosisbelastungen geringer. Das gleiche gilt, zumindest im Nahbereich, wenn man statt Wetterlage F die Wetterlage D zugrundelegt. Die potentiellen Strahlenexpositionen durch Ingestion wurde hier nicht berechnet, da angenommen wird, daß die Aufnahme kontaminierter Nahrung durch administrative Maßnahmen verhindert wird. Die berechneten Dosisbelastungen in 100 km Entfernung können nur als grobe obere Abschätzung

100 27,8 h

angesehen werden, da das Ausbreitungsmodell, das diesen Rechnungen zugrunde liegt, sicherlich keine realistischen sondern nur obere Aussagen für diesen Bereich machen kann.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß bei den hier benutzten Parametern und Modellvorstellungen die Auswirkungen eines totalen Kühlungsausfalls beim BE-Eingangslager, beim HAW-Behälter und beim Reaktorkern näherungsweise gleich sind, soweit man die Maximalwerte betrachtet, d.h. in diesem Fall die Knochenbelastung. Es muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß bei der vorliegenden Analyse in keinem Fall Gegenmaßnahmen berücksichtigt worden sind. Da solche Gegenmaßnahmen bei den untersuchten Störfällen in sehr unterschiedlichem Maß möglich sind, sollte man die vorliegende Analyse als Vergleich der unter pessimistischen Annahmen zu erwartenden Auswirkungen betrachten, nicht aber als Risikoaussage unter realistischen Bedingungen.

Tabelle 4.1

Dosisbelastung [rem] in Abhängigkeit von der Entfernung

Störfall : Kühlungsausfall BE-Eingangslager
Wetterlage : 1
Freisetzungshöhe: 0 [m]

Bezugsorgan	Entfernung 10^3 m	10^4 m	10^5 m
Ganzkörper	1,3 E+7*	4,7 E+5	4,7 E+4
Magen-Darm-Trakt	1,8 E+6	6,6 E+4	6,6 E+3
Schilddrüse	8,1 E+1	3,1 E+0	3,1 E-1
Knochen	2,5 E+8	9,2 E+6	9,2 E+5

Tabelle 4.2

Freisetzungshöhe: 20 [m]

Bezugsorgan	Entfernung 10^3 m	10^4 m	10^5 m
Ganzkörper	4,3 E+6	3,9 E+5	3,9 E+4
Magen-Darm-Trakt	6,0 E+5	5,4 E+4	5,4 E+3
Schilddrüse	2,8 E+1	2,5 E+0	2,5 E-1
Knochen	8,5 E+7	7,5 E+6	7,5 E+5

* 1,3E + 7 ≙ $1,3 \cdot 10^{+7}$

Tabelle 4.3

Dosisbelastung [rem] in Abhängigkeit von der Entfernung

Störfall : Kühlungsausfall BE-Eingangslager
Wetterlage : 3
Freisetzungshöhe: 0 [m]

Bezugsorgan	Entfernung 10^3 m	10^4 m	10^5 m
Ganzkörper	2,4 E+6	6,9 E+4	6,9 E+3
Magen-Darm-Trakt	3,3 E+5	9,6 E+3	9,6 E+2
Schilddrüse	1,5 E+1	4,4 E-1	4,4 E-2
Knochen	4,7 E+7	1,3 E+6	1,3 E+5

Tabelle 4.4

Freisetzungshöhe: 20 [m]

Bezugsorgan	Entfernung 10^3 m	10^4 m	10^5 m
Ganzkörper	1,9 E+6	6,3 E+4	6,3 E+3
Magen-Darm-Trakt	2,6 E+5	8,8 E+3	8,8 E+2
Schilddrüse	1,2 E+1	4,1 E-1	4,1 E-2
Knochen	3,6 E+7	1,2 E+6	1,2 E+5

Tabelle 4.5

Dosisbelastung [rem] in Abhängigkeit von der Entfernung

Störfall : Kühlungsausfall HAW-Behälter
Wetterlage : 1
Freisetzungshöhe: 0 [m]

Bezugsorgan	Entfernung 10^3 m	10^4 m	10^5 m
Ganzkörper	3,8 E+7	1,4 E+6	1,4 E+5
Magen-Darm-Trakt	6,0 E+5	2,3 E+4	2,3 E+3
Schilddrüse	4,6 E+0	1,7 E-1	1,7 E-2
Knochen	6,5 E+8	2,4 E+7	2,4 E+6

Tabelle 4.6

Freisetzungshöhe: 20 [m]

Bezugsorgan	Entfernung 10^3 m	[illegible]	[illegible]
Ganzkörper	1,3 E+7	1,2 E+6	1,2 E+5
Magen-Darm-Trakt	2,1 E+5	1,9 E+4	1,9 E+3
Schilddrüse	1,6 E+0	1,4 E-1	1,4 E-2
Knochen	2,2 E+8	2,0 E+7	2,0 E+6

Tabelle 4.11

Dosisbelastung [rem] in Abhängigkeit von der Entfernung

Störfall : Coreschmelzen
Wetterlage : 3
Freisetzungshöhe: 0 [m]

Bezugsorgan	Entfernung 10^3 m	10^4 m	10^5 m
Ganzkörper	4,8 E+5	1,4 E+4	1,3 E+3
Magen-Darm-Trakt	2,5 E+5	6,0 E+3	4,0 E+2
Schilddrüse	1,0 E+7	2,8 E+5	1,8 E+4
Knochen	9,2 E+6	2,6 E+5	2,5 E+4

Tabelle 4.12

Freisetzungshöhe: 40 [m]

Bezugsorgan	Entfernung 10^3 m	10^4 m	10^5 m
Ganzkörper	1,9 E+5	1,0 E+4	9,8 E+2
Magen-Darm-Trakt	9,7 E+4	4,4 E+3	2,9 E+2
Schilddrüse	4,0 E+6	2,0 E+5	1,3 E+4
Knochen	3,6 E+6	1,9 E+5	1,9 E+4

5. Literaturverzeichnis

/1/ Konzeptstudie für den Bau einer großen Wiederaufarbeitungsanlage in der Bundesrepublik
Erstellt im Auftrag der Gesellschafter der KEWA - Kernbrennstoff-Wiederaufarbeitungsgesellschaft mbH, Frankfurt, durch die KEWA-Projektleitung - Leopoldshafen, in der Zeit vom 1.1.1974 - 30.6.1975.

/2/ Sicherheitsbericht; Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor am Standort Brokdorf
Norddeutsche Kraftwerke AG, Hamburg, April 1974.

/3/ Forschungsprogramm Reaktorsicherheit, KWU-Abschlußbericht, Förderungsvorhaben RS 72 a und RS 72 b - Nov. 1975
Theoretische Aufstellung der Energiebilanzen, Bilanzgrenze RDB-Wand (RS 72 b) und Bilanzgrenze Containment-Wand (RS 72 a) für DWR und SWR.

/4/ KFK-1800; Juni 1973
Nukleare Schadstoffe in der Nachunfallatmosphäre eines Leichtwasser-Reaktor (LWR) -Containment.

/5/ WASH-1400
Reactor Safety Study, An Assessment Of Accident Risks In U.S. Commercial Nuclear Power Plants, USAEC, August 1974.

/6/ NEDO-10625, March 1973, General Electric,
Report: Power Generation In A BWR Following Normal Shutdown Or Loss-Of-Coolant Accident Conditions - G.J. Scatena, G.L. Upham.

/7/ KFK-Nachrichten; 7. Jahrgang; 3/1975
Experimentelle Untersuchung des Abschmelzverhaltens von LWR-Brennelementen, S. Hagen, RBT/IT.

/8/ Alfred Schack: Der industrielle Wärmeübergang, 7. Auflage, 1969.

/8/ Alfred Schack: Der industrielle Wärmeübergang, 7. Auflage, 1969.

Unberücksichtigte Fragestellungen.

Aus der Studie ergeben sich eine Reihe von Fragestellungen, die in der Studie nicht gestellt und nicht ausgeführt wurden. Als wichtigste Fragestellungen erscheinen uns:

a) Wie kann es zu den beschriebenen Störfällen kommen? Sind die der Studie zugrundegelegten Annahmen tatsächlich immer konservativ?

b) Was werden die Fernwirkungen (über 100 km) eines solchen Unfalles sein?

c) Mit wie vielen Toten ist im Falle eines solchen Unfalles zu rechnen?

d) Wie groß wird die verseuchte Fläche sein, in der eine landwirtschaftliche Nutzung unmöglich wird?

e) Welche Kosten würden die in der Studie angegebenen Störfallfolgen verursachen?

f) Wie groß sind die Langzeitfolgen, die durch die freigesetzte Radioaktivität entstehen? (Langzeitauswirkungen entstehen zu einem Großteil durch Ingestion = Nahrungsaufnahme von Radionukliden. In der Studie wurde Ingestion ausgeklammert.)

g) Welche Kosten würden die Langzeitauswirkungen der beschriebenen Störfälle verursachen?

h) Welche genetischen Auswirkungen hätten die beschriebenen Störfälle auf unsere Generation und auf zukünftige Generationen?

i) Welche soziologischen Auswirkungen hätten die beschriebenen Störfälle auf unsere und auf zukünftige Generationen?

Die Fragen a - d sollen in den nächsten Kapiteln behandelt werden.

Realistische Annahmen ?

Man sollte annehmen, daß Wissenschaftler, die ein ganz bestimmtes Problem oder Thema untersuchen, dies zunächst einmal ohne Wertung tun. Wie wenig dies der Fall ist, zeigt der vorliegende IRS-Arbeitsbericht über die "Untersuchungen zum Vergleich größtmöglicher Störfallfolgen in einer Wiederaufarbeitungsanlage und in einem Kernkraftwerk". Hier zeigt sich deutlich, wie Wissenschaftler sich für ein Problem von gesellschaftlicher Bedeutung einspannen und mißbrauchen lassen, indem sie in ihrer Wortwahl und in ihrem Resümee, besonders für einen Außenstehenden (Politiker, Behörden) mißverständlich sind.

Auffallend oft wird das Wort "konservativ" verwendet, ein Begriff, der im allgemeinen naturwissenschaftlichen Sprachgebrauch kaum vorkommt. Seiner lateinischen Herkunft nach bedeutet er "erhaltend" oder "bewahrend", hat aber im Englischen die weitere Bedeutung von "zurückhaltend" oder "vorsichtig". Im letzteren Sinn wird er bei den vielen zweifelhaften Modellberechnungen als Terminus technikus angewendet.

In dem vorliegenden Arbeitsbericht werden für bestimmte physikalische Vorgänge "konservative" Betrachtungen angestellt und "konservative" Parameter gewählt, die "realistisch unwahrscheinlich" oder "pessimistisch angenommen" sind.

Mit diesen Parametern wird dann gerechnet und das Resultat so zusammengefaßt, *"daß man die vorliegende Analyse als Vergleich der unter pessimistischen Annahmen zu erwartenden Auswirkungen betrachten sollte, nicht aber als Risikoaussage unter realistischen Bedingungen."* Damit ist für den Wissenschaftler und für diejenigen, die diesen Arbeitsbericht verwerten sollen, die Welt wieder in Ordnung und das Gewissen beruhigt. Entweder ist dies ein psychologischer Selbstbetrug oder eine bewußt angewandte Methode, um damit gesellschaftspolitische Ziele und ganz bestimmte, wirtschaftliche Interessen durchsetzen zu können; - wahrscheinlich beides.

Für den Wissenschaftler besteht der Selbstbetrug darin, daß er nur für einen, von ihm ausgewählten bzw. ihm bekannten Vorgang die Parameter so auswählt, daß gewisse Schwankungen und Ungewißheiten als Imponderabilien innerhalb ein und desselben Vorganges erfaßt werden sollen. Alle anderen, möglichen Vorgänge oder Nebenreaktionen werden nicht betrachtet, auch nicht dadurch, daß man sogenannte "konservative Werte" wählt. Insofern ist die Endaussage, *"daß die vorliegende Analyse als Vergleich der unter pessimistischen Annahmen zu erwartenden Auswirkungen betrachtet werden sollte"*, wissenschaftlich unseriös, da sie zum einen den Eindruck erweckt, als ob sie alle möglichen Vorgänge zu diesem Thema

erfaßt und untersucht hätte und damit die Auswirkungen insgesamt beantwortet seien, zum anderen eine Wertung durch die Begriffe wie "konservativ", "pessimistisch", "unrealistisch" vornimmt, die in Hinblick auf eine gesellschaftspolitische Verwertung und Fragestellung verhängnisvoll werden kann.
Die Aussage, die Studie sei keine realistische Risikoaussage, wird vor allem damit begründet, daß im Falle eines Unfalles keine Gegenmaßnahmen angenommen wurden.
Als erstes stellt sich die Frage, ob bei solch katastrophalen Unfällen, wie sie in dieser Studie beschrieben werden, überhaupt noch Gegenmaßnahmen möglich sind, ohne daß die Menschen, die diese Gegenmaßnahmen ausführen, durch die Strahlung umkommen oder ihr Leben aufs Spiel setzen.
Als anschauliches Beispiel sollen hier kurz die Begleitumstände des Kritikalitätsunfalles am 3.1.1961 im Versuchsreaktor in Idaho Falls, USA, geschildert werden, bei dem drei Menschen ums Leben kamen:
Der Versuchsreaktor war damals schon einige Tage abgeschaltet, damit Instandhaltungsarbeiten ausgeführt werden konnten. Am Abend des 3.1.1961 befanden sich drei Arbeiter im Innern des Reaktorgeländes. Aus bis heute ungeklärten Gründen zog einer der Arbeiter mit der Hand den zentralen Steuerstab aus dem Reaktorkern, wodurch der Reaktor (unbeabsichtigterweise) überkritisch wurde. Die hierbei freiwerdende Hitze schleuderte heißes Wasser mit solcher Gewalt aus dem Reaktorkern, daß dieser teilweise zerstört wurde und zwei Arbeiter sofort getötet wurden. Unmittelbar nach diesem Unfall heulten auf dem Werksgelände die Warnsirenen los. Wegen der hohen Strahlung im Innern des Reaktorgeländes konnte man die drei Arbeiter nicht herausholen. Erst zwei Stunden später, nachdem ein Strahlenarzt eingetroffen war und die Stärke der Strahlung gemessen worden war, konnte man in das Reaktorgelände hineingehen und einen Arbeiter, der noch lebte, aus dem Gefahrenbereich herausholen. Dieser Mann starb unmittelbar darauf an einer Kopfverletzung, die er bei dem Unfall erlitten hatte. Aber auch ohne Kopfverletzung wäre für ihn in diesem Augenblick jede Hilfe zu spät gekommen, weil er in den zwei Stunden im Reaktorgebäudeinnern eine solch hohe Strahlendosis erhalten hatte, daß er daran gestorben wäre.
Daraus ergibt sich, daß bei diesem vergleichsweise kleinen Störfall die theoretisch denkbare Gegenmaßnahme, nämlich den Arbeiter sofort aus dem Gefahrenbereich herauszuholen, nicht durchgeführt werden konnte.

Der zweite Punkt der Kritik an der angeblichen "Konservativität" der Studie ergibt sich aus der Tatsache, daß das gestellte Thema nur für ganz bestimmte Vorgänge (Ausfall der Kühlung und Auslaufen des Kühlmittels), also nur teilweise beantwortet worden ist. Alle anderen äußeren oder anlagenbedingten Einwirkungen wie Knallgasexplosionen durch Radiolyse, Erdbeben, Überschwem-

mungen, Flugzeugabsturz, Druckwellen chemischer Explosionen, Sabotage, Brand, Kritikalitätsunfall sowie heute noch nicht bekannte und vorhersehbare chemische und physikalische Vorgänge, die Störfälle hervorrufen können, sind überhaupt nicht betrachtet worden.

Diese Art "wissenschaftlicher Aussage" ist zwar unwissenschaftlich, sie erfüllt jedoch eine wichtige Funktion: durch das andauernde Hervorheben tatsächlicher oder scheinbarer konservativer Annahmen und vor allem durch das Schlußkapitel ("Keine realistische Aussage") wird allen Beteiligten die Möglichkeit zur Gewissensberuhigung gegeben. Es wird suggeriert, daß es nicht nötig sei, aus den erschütternden Ergebnissen der Untersuchung Konsequenzen zu ziehen. Die einzige Konsequenz, die aus der Untersuchung gezogen werden müßte, wäre der sofortige Stopp des Atomprogramms. Dieser Stopp des Atomprogramms würde nicht nur die Autoren der Untersuchung, sondern auch den ganzen hinter ihnen stehenden Apparat (Institut für Reaktorsicherheit und kerntechnische Abteilungen der TÜV) mittelfristig arbeitslos machen. Es bleibt den von der Kernenergiewirtschaft abhängigen Wissenschaftlern also gar nichts anderes übrig, als politische Konsequenzen aus solchen Untersuchungen zu verhindern.

Im folgenden soll gezeigt werden, daß die Schlußaussage des Berichtes, die Untersuchung stelle *"keine Risikoaussage unter realistischen Bedingungen"* dar, falsch ist. Es soll vor allem untersucht werden, durch welche anderen Einwirkungen als den angenommenen Ausfall der Kühlung bzw. das Auslaufen des Kühlmittels katastrophale Freisetzungen von Radioaktivität verursacht werden können, für die die in der Untersuchung zugrunde gelegten Annahmen nicht mehr konservativ sind.

Daß Brände und Explosionen in chemischen Industrien vorkommen, wo mit leicht brennbaren Lösungsmittels gearbeitet wird und leicht explosive Gasgemische entstehen können, ist bekannt und erst jüngst beim Unglück von Seveso wieder deutlich geworden. (Dessen Auswirkungen auf die umliegende Bevölkerung sind übrigens harmlos gegenüber der Freisetzung von Radioaktivität aus einer Wiederaufarbeitungsanlage oder einem Atomkraftwerk.) Die Wiederaufarbeitungsanlage ist eine chemische Fabrik, die beispielsweise mit großen Mengen leicht entzündlichem Kerosin arbeitet, das auch bei Düsenflugzeugen als Treibstoff verwendet wird. Es ist nicht untersucht, welche Unfälle durch Brand oder Explosion organischer Lösungsmittel in der Wiederaufarbeitungsanlage verursacht werden können.

Radiolyse von Wasser und Knallgasexplosion:

Unter dem Einfluß von radioaktiver Strahlung (besonders α-Strahlung) wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zersetzt. Die vereinfachte Formel dafür lautet

$$2\ H_2O \longrightarrow 2\ H_2 + O_2$$

Die untere Explosionsgrenze eines Wasserstoff - Luft - Gemisches liegt bei 4 % Wasserstoff. In den Behältern für hochradioaktiven flüssigen Müll muß deshalb dauernd durch Ventilatoren die Luft umgewälzt werden, um die Bildung explosionsfähiger Knallgasgemische zu verhindern. Fallen die Ventilatoren bei einem solchen Atommüllbehälter in der Wiederaufarbeitungsanlage einmal aus, so ist bereits nach einigen Stunden eine Wasserstoffkonzentration von 4 % erreicht. Ab diesem Zeitpunkt ist mit einer Explosion zu rechnen. (Kernforschungszentrum Karlsruhe, KfK-1992-"Radioactive waste management - potentials and hazards from a risk point of view"- S. 108).

In dem IRS-Arbeitsbericht ist eine Wasserstoff - Luft - Explosion (Knallgasexplosion) überhaupt nicht berücksichtigt, obwohl nach dem Titel des Berichtes die "größtmöglichen Störfallfolgen" untersucht werden sollen. Eine Knallgasexplosion zum Beispiel durch Ausfall der Ventilatoren kann die in dem IRS-Bericht beschriebenen Störfallabläufe aus folgenden Gründen verschlimmern:

a) Die Zeitspannen zwischen Unfalleintritt und Freisetzung von Radioaktivität in die Umwelt können durch eine Knallgasexplosion wesentlich verkürzt werden. Dadurch wird auch die Möglichkeit von Gegenmaßnahmen stark vermindert.

b) Die Unfallfolgen können sich erhöhen (auch wenn das schon fast nicht mehr vorstellbar ist), indem durch die Knallgasexplosion auch schwer verdampfbare Nuklide wie z.B. Plutoniumoxid bzw. Plutoniumnitrat in die Umwelt fein verteilt werden.

zu a): Bei der Aufheizung des Konzentratbehälters für flüssigen hochaktiven Atommüll kann es sowohl während der ersten Phase wie auch während der zweiten Phase zu einer Knallgasexplosion kommen. Das würde dann auch zu einer Freisetzung von Nukliden bereits während dieser Phasen führen. In der IRS-Untersuchung (S. 29) wird während der ersten und zweiten Phase,also während 37,5 Stunden, noch keine Freisetzung von Radioaktivität angenommen. Durch Knallgasexplosion könnte es also bereits zwei bis drei Stunden nach Eintritt des Störfalles zur Freisetzung von Radioaktivität in die Umgebung kommen.

zu b): In der hochaktiven Konzentratlösung werden wahrscheinlich noch etwa 1 - 2 % des ursprünglich in den Brennelementen enthaltenen Plutoniums vorhanden sein. Daraus folgt, daß jeder der 1000 m^3 Lagertanks zwischen 100 und 200 kg Plutonium enthält. In dem IRS-Bericht wird von einer Freisetzungsrate von 1 % für Plutonium ausgegangen, das bedeutet 1 - 2 kg Plutonium. Da dies im Vergleich zu den Mengen an anderen freigesetzten Spaltprodukten sehr wenig ist, wurde es bei der IRS-Untersuchung vernachlässigt. (Das ist für die Be-

rechnung von Kurzzeitfolgen möglich, aber nicht für die Abschätzung der Langzeitfolgen.)

Berücksichtigt man jedoch eine Knallgasexplosion, so ist mit großer Wahrscheinlichkeit mit einer höheren Freisetzungsrate für Plutonium zu rechnen.
Ebenso können sich die Mengen an freigesetztem radioaktivem Selen, Zinn, Antimon, Tellur, Strontium, Barium, Molybdän, Technetium, Ruthenium, Rhodium, Palladium, Cadmium und vor allem auch die freigesetzten Mengen der zum Teil sehr langlebigen Lanthaniden und Aktiniden stark erhöhen. Dadurch würden sich die Kurzzeitfolgen, aber noch viel stärker die Langzeitfolgen eines derartigen Störfalles erhöhen.
Daraus folgt, daß der IRS-Bericht zum Beispiel für den Störfall "Ausfall der Kühlung und Knallgasexplosion" nicht mehr konservativ ist. Es kommt hinzu, daß mit einem Ausfall der Kühlung wahrscheinlich auch ein Ausfall der Ventilatoren einhergeht, so daß die beiden Störfallursachen nicht unabhängig von einander zu sehen sind, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit zusammen auftreten werden.

Kriegseinwirkung und Sabotage:

Jedes Jahr werden über 25 Milliarden DM Steuergelder für die Bundeswehr zur Verteidigung der BRD aufgewandt. Bei Fortführung des Atomprogrammes werden diese Ausgaben für die Landesverteidigung überflüssig und sinnlos werden, da die Bundesrepublik Deutschland in einem Krisenfall dann nicht mehr verteidigbar ist.
Die in der IRS-Studie dargestellten Störfälle in Kernkraftwerken und der Wiederaufarbeitungsanlage können in viel größerem Maße im Falle einer kriegerischen Auseinandersetzung ausgelöst werden durch:

- Beschuß mit konventionellen Waffen
- Raketentreffer, die z.B. auch durch "Streuwirkung" beim vorgeblichen Angriff auf militärische Ziele in der Umgebung der Anlagen zu erreichen sind.
- durch Kommandounternehmen
- durch in die Bedienungsmannschaft eingeschleuste Fachsaboteure mit Spezialausbildung

In der modernen Militärausbildung werden heute Einzelkämpfer und Kommandounternehmen bevorzugt trainiert (bei der Bundeswehr die Ranger-Ausbildung), um die empfindlichsten Zentren des Gegners wie Munitions- und Treibstoffdepots, Elektrizitätswerke und Rüstungsindustrien usw. auszuschalten und zu zerstören.

In einem Kriegsfall ist es nicht nur wahrscheinlich, sondern so gut wie sicher, daß der Gegner kerntechnische Anlagen innerhalb der Bundesrepublik Deutschland

vernichten wird. Er wird dazu geradezu gezwungen,

- da durch das in der Wiederaufarbeitungsanlage vorhandene Plutonium für ihn die Gefahr besteht, daß die BRD Atombomben baut (dies wäre im Krisenfall innerhalb sehr kurzer Zeit möglich)
- da in Zukunft nach den Plänen der Bundesregierung die Stromversorgung und damit z.B. auch die Rüstungsindustrie mit dem Funktionieren der Kernkraftwerke stehen und fallen wird.

Außerdem bieten die kerntechnischen Anlagen einem Gegner die militärisch außerordentlich günstige Möglichkeit, innerhalb der BRD durch einfachste Maßnahmen weitläufige Vernichtungen hervorzurufen. Durch die Zerstörung der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage könnte ein Gegner eine Radioaktivität freisetzen, die der von mehr als 50 000 Hiroshima-Atombomben entspricht, ohne sich dem Vorwurf auszusetzen, er hätte als erster Atomwaffen eingesetzt.

Kerntechnische Anlagen, insbesondere Kernkraftwerke und die Wiederaufarbeitungsanlage lassen sich im Krisenfall weder verstecken noch sonst irgendwie in Sicherheit bringen. Auch eine Tarnung ist unmöglich, einmal wegen ihrer Größe, zum anderen, weil sie jahrelang vorher lokalisierbar sind und in Angriffspläne einbezogen werden können.
Für einen Gegner bieten sich zur Zerstörung am besten die Konzentrat- und Brennelementbehälter der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage an, weil dort der radioaktive Atommüll am konzentriertesten gelagert wird.
Diese Behälter bestehen aus einer etwa einen Zentimeter starken Edelstahlwanne und einer diese umgebenden Betonwand. Ihre Schwachstellen sind die Schächte für die Lüftungs- und Kühlmittelleitungen sowie die Öffnungen für die Ein- und Auslagerung des radioaktiven Mülls. Hier können also schon einfache Sprengsätze wie Handgranaten, Panzerminen, Panzerfäuste u.a. die notwendigen Leitungssysteme für die Kühlung und Belüftung, die Pumpen und die Ventilatoren ebenso wie die Notkühlaggregate zerstören, wobei anschließende wirksame Gegenmaßnahmen kaum mehr möglich sind. Größere Wirkungen können erzielt werden, wenn Schneid- und Hohlladungen an die Schwachstellen und an die Betonwände der Behälter angebracht und gezündet werden. Deren Sprengwirkung besteht darin, daß die gesamte Energie parabolspiegelartig bzw. punktförmig konzentriert wird und so meterdicke Wände durchschmolzen und zum Bersten gebracht werden können. Bereits im zweiten Weltkrieg wurden mit solchen Waffen (Bezeichnung "Zuckerhüte") massive Betonbunker zerstört. Heute ist diese Sprengtechnik noch wesentlich wirkungsvoller weiterentwickelt und auf Raketen und Flugkörper übertragen worden.

Abgesehen von solchen militärischen Einwirkungen von außen ist eine gigantische Freisetzung von Radioaktivität auch durch in die Bedienungsmannschaft

eingeschleuste Saboteure mit Spezialausbildung möglich. Sie können sich jahrelang unerkannt an den ihnen zugewiesenen Arbeitsplätzen befinden und auf ihren Auftrag warten. Sie müssen dabei nicht einmal ihr Leben aufs Spiel setzen, denn man kann Methoden ausarbeiten, die ihnen nach Einleitung ihrer technischen Sabotageprozesse noch ein gefahrloses Entkommen gewährleisten.
Ein Schutz vor der Einschleusung von Saboteuren ist, besonders bei 3 600 Arbeitsplätzen der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage, nicht möglich.
Selbst das Eindringen eines Spions in das Bundeskanzleramt konnte, trotz vorliegender kritischer Hinweise, nicht verhindert werden.

Bereits im Jahr 1970 beklagte sich die Gewerbeaufsicht über das nicht kontrollierbare Fremdfirmenpersonal, das in Atomkraftwerken arbeiten muß wie folgt: *"Da aus schnellerer Abwicklung von Reparatur- und Wartungsarbeiten bedeutend mehr Personal eingesetzt werden muß, als der Anlage normalerweise zur Verfügung steht, und aus anderen Gründen, werden üblicherweise Beschäftigte anderer Firmen hinzugezogen. So, wie die Verhältnisse liegen, werden diese nacheinander in verschiedenen Anlagen tätig, was eine einwandfreie Überwachung der höchstzulässigen Personendosen bei diesem Personenkreis sehr erschwert"* (Jahresbericht der Gewerbeaufsicht Baden-Württemberg, 1970, S. 49).

Daraus ist ersichtlich, daß es Personenkreise gibt, (bei Fortführung des Atomprogramms im Jahre 1980 circa 10 000 Mann) die sich über die örtlichen Verhältnisse nicht nur einer einzigen, sondern vieler Atomanlagen Detailinformationen beschaffen können, da sie dort arbeiten. Wenn es nicht möglich ist, die empfangenen Personendosen der Strahlenbelastung zu kontrollieren und zu registrieren, beweist dies, daß sich der ganze Personenkreis einer exakten Überwachung entzieht. Das sind ideale Verhältnisse für Sabotageabsichten.

Atomkraftwerke und Wiederaufarbeitungsanlagen produzieren also zwei kriegswichtige Dinge:

- elektrischen Strom, ohne den die Rüstungsindustrie nicht arbeiten kann und
- Plutonium, das man für den Bau von Atombomben verwenden kann.

Allein diese beiden Produktionsaufgaben zwingen einen Gegner, der einen Krieg gewinnen will, Atomkraftwerke mit allen Mitteln zu vernichten. Es ist undenkbar, daß die Verteidigungsabteilungen und Kriegsministerien der ausländischen Mächte in ihren Planungen nicht längst die zur Ausschaltung von Atomkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen notwendigen Schritte festgelegt hätten.

Die Durchführung des Atomprogramms führt also in eine völlige Verteidigungsunfähigkeit der Bundesrepublik Deutschland in der Zukunft.

Daß Sabotageakte, Kommandounternehmen und Terroranschläge nicht nur im Kriegszustand vorkommen, zeigt die Gegenwart. Wir erleben heute weltweit Gewalttätigkeiten in Form öffentlicher Erpressungen und Terrors, die an Aggressivität und Brutalität zuzunehmen scheinen. Menschen- und Flugzeugentführungen mit nachfolgender Erpressung, Bombenanschläge von Terroristen, Raubüberfälle von Gangstern sind fast an der Tagesordnung. Sogar kriegerische Auseinandersetzungen in entfernt gelegenen Ländern werden in nicht direkt beteiligte Länder hineingetragen, wie es die Kommandounternehmen der Israelis und Palästinenser gezeigt haben.

Das oben über die Möglichkeit des Einschleusens von Saboteuren und der Unmöglichkeit einer umfassenden Überwachung ausgeführte gilt natürlich für Sabotage in Friedenszeiten genauso. Mit der Fortführung des Atomprogramms und dem Bau der Wiederaufarbeitungsanlage schafft die Bundesregierung für die Zukunft die Möglichkeit, daß ein einziger Wirrkopf durch eine gezielte Sabotage in der Wiederaufarbeitungsanlage den Tod von Dutzenden von Millionen Menschen in der Bundesrepublik Deutschland verursacht. (Über die konkreten Auswirkungen eines Unfalles in der Wiederaufarbeitungsanlage siehe weiter unten).

Dieses ins Gigantische gesteigerte Gefährdungspotential, das das Leben der Bundesbürger von einzelnen Terroristen abhängig macht, ist mit nichts vergleichbar. Die Möglichkeit der Auslösung kerntechnischer Katastrophen durch den Zugriff von Terroristen macht überdies jegliche Wahrscheinlichkeitsrechnung, mit der normalerweise die "Unwahrscheinlichkeit" eines solchen Ereignisses "bewiesen" werden soll, absurd. Die Wahrscheinlichkeit für Sabotage ist nicht angebbar.

Alle diese Gesichtspunkte wurden in der IRS-Studie nicht berücksichtigt. Daraus ergibt sich, daß die in dem Schlußabschnitt der Studie ausgesprochene Feststellung, die Untersuchung sei keine "Risikoaussage unter realistischen Bedingungen" falsch ist. Die Untersuchung ist im Gegenteil, was die Möglichkeiten der Verursachung solcher katastrophaler Störfälle und die dann noch zu treffenden Gegenmaßnahmen anbelangt, zu wenig realistisch, das heißt, zu optimistisch.

Fernwirkungen der untersuchten Unfälle.

Die Studie untersucht lediglich die Auswirkungen der Unfälle auf die Umgebung bis in maximal 100 km Entfernung. Sie erhält dabei Strahlenbelastungen in 100 km Entfernung (bei stabiler Wetterlage) zwischen 9200 rem (Reaktorunfall) und 140 000 rem (Atommüllunfall). Diese Strahlenbelastungen als Folge eines Unfalles in 100 km Entfernung liegen zwischen 15- und 230fach über der tödlichen Dosis von 600 rem.
Es stellt sich daher die Frage, welche Auswirkungen die beschriebenen Unfälle in Entfernungen größer als 100 km haben werden. Es ist klar, daß die Strahlenwirkungen nicht bei 100 km aufhören werden. Die radioaktiven Luftmassen werden durch den Wind weitergetragen werden. Sie werden dabei weiter verdünnt werden, wodurch mit Zunahme der Entfernung die Strahlenbelastung absinken wird.

Normalerweise läßt sich die Strahlenbelastung in einer bestimmten Entfernung von einer Emissionsquelle durch eine meteorologische Ausbreitungsrechnung errechnen. Meteorologische Ausbreitungsrechnungen für Entfernungen über einige hundert Kilometer sind jedoch kaum möglich, da für die Rechnung eine konstante Wetterbedingung angenommen werden muß. Konstante Wetterbedingungen über sehr große Entfernungen können jedoch kaum zugrunde gelegt werden.
Die Strahlenbelastung in großen Entfernungen kann deshalb nur geschätzt werden. Wie aus den auf den Seiten 35 - 40 der Studie angegebenen Werten der Strahlenbelastung hervorgeht, nimmt die Strahlenbelastung bei Zunahme der Entfernung um eine Zehnerpotenz um eine Zehnerpotenz ab. (Das heißt z.B., bei zehnfacher Entfernung sinkt die Strahlenbelastung auf ein Zehntel.) Ganz in der Nähe der Emissionsquelle (Bereich zwischen 1 und 10 km) sinkt die Strahlenbelastung etwas stärker als linear ab.

Ausgehend von diesen Zahlen und Zusammenhängen lassen sich Abschätzungen über die in größerer Entfernung zu erwartenden Strahlenbelastungen machen. Diese Abschätzungen sind auf den nächsten Seiten in den Abbildungen 1 - 3 dargestellt. Aus der Darstellung ist ersichtlich, daß die Abschätzung um so ungenauer wird, je größer die Entfernung ist. Die Ursache der Ungenauigkeit ist in der Unkenntnis der zu dem Störfallzeitpunkt über eine lange Entfernung herrschenden Wetterbedingungen begründet. Die Folgen eines solchen Störfalles sind so groß, daß diese Ungenauigkeit in Kauf genommen werden kann. (Es ist in der Tat im Prinzip unwesentlich, ob bei einem solchen Störfall die Grenze der tödlichen Strahlenbelastung exakt bei 4150 km oder 11 200 km liegt.)

In den Abbildungen 1 bis 3 ist zusätzlich zu den in Abhängigkeit von der Entfernung zu erwartenden Strahlenbelastungen die in einer bestimmten Entfernung zu erwartende x-fache Überschreitung der tödlichen Dosis und des gesetzlichen Unfallgrenzwertes angegeben.

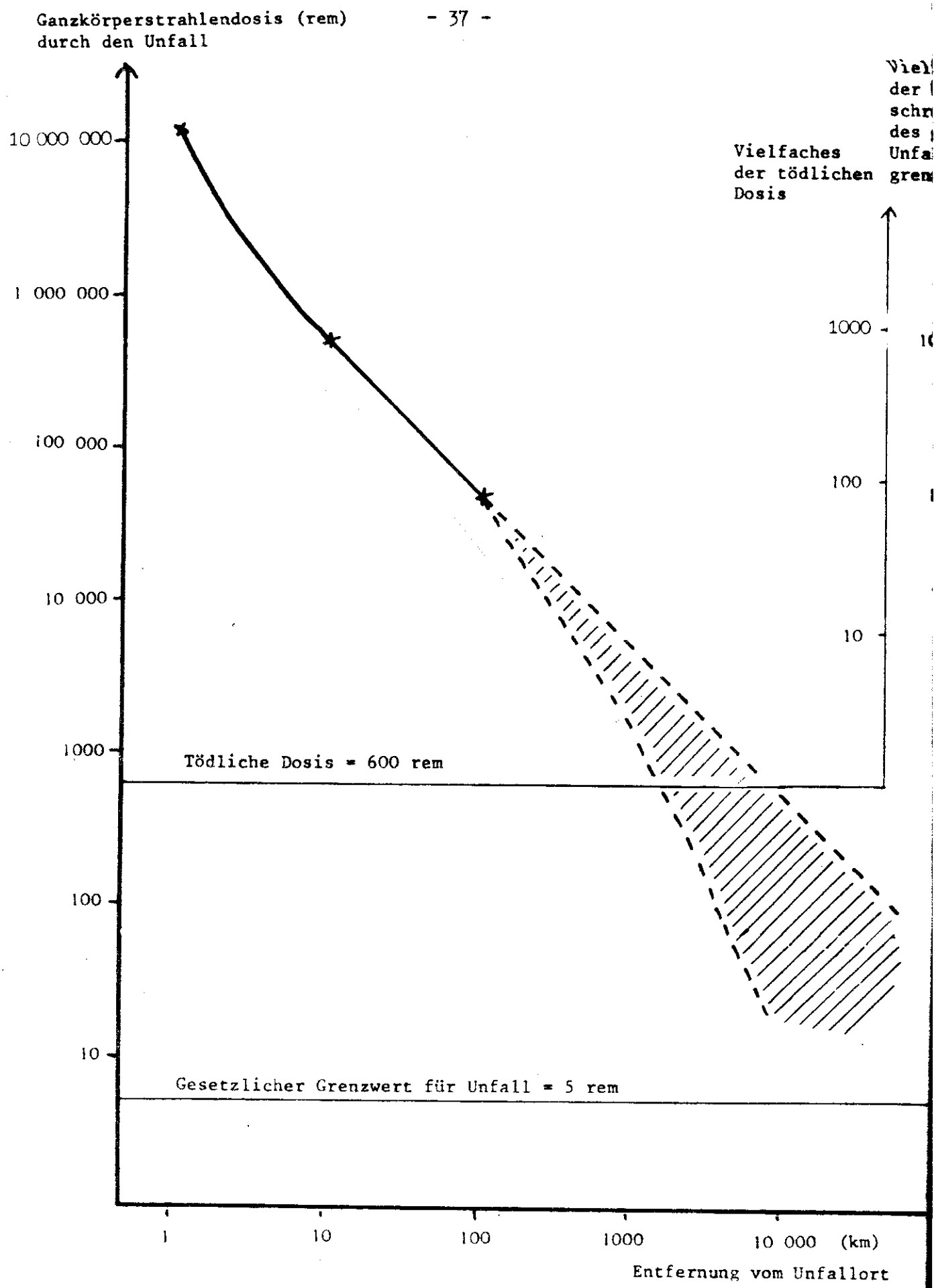


Abb. 1: Strahlenbelastung (Ganzkörper) als Folge eines Unfalles in einem Brennelementlagerbecken einer Wiederaufarbeitungsanlage in Abhängigkeit von der Entfernung vom Unfallort. Vergleich dieser Strahlenbelastung mit dem gesetzlichen Unfallgrenzwert und der tödlichen Strahlendosis.

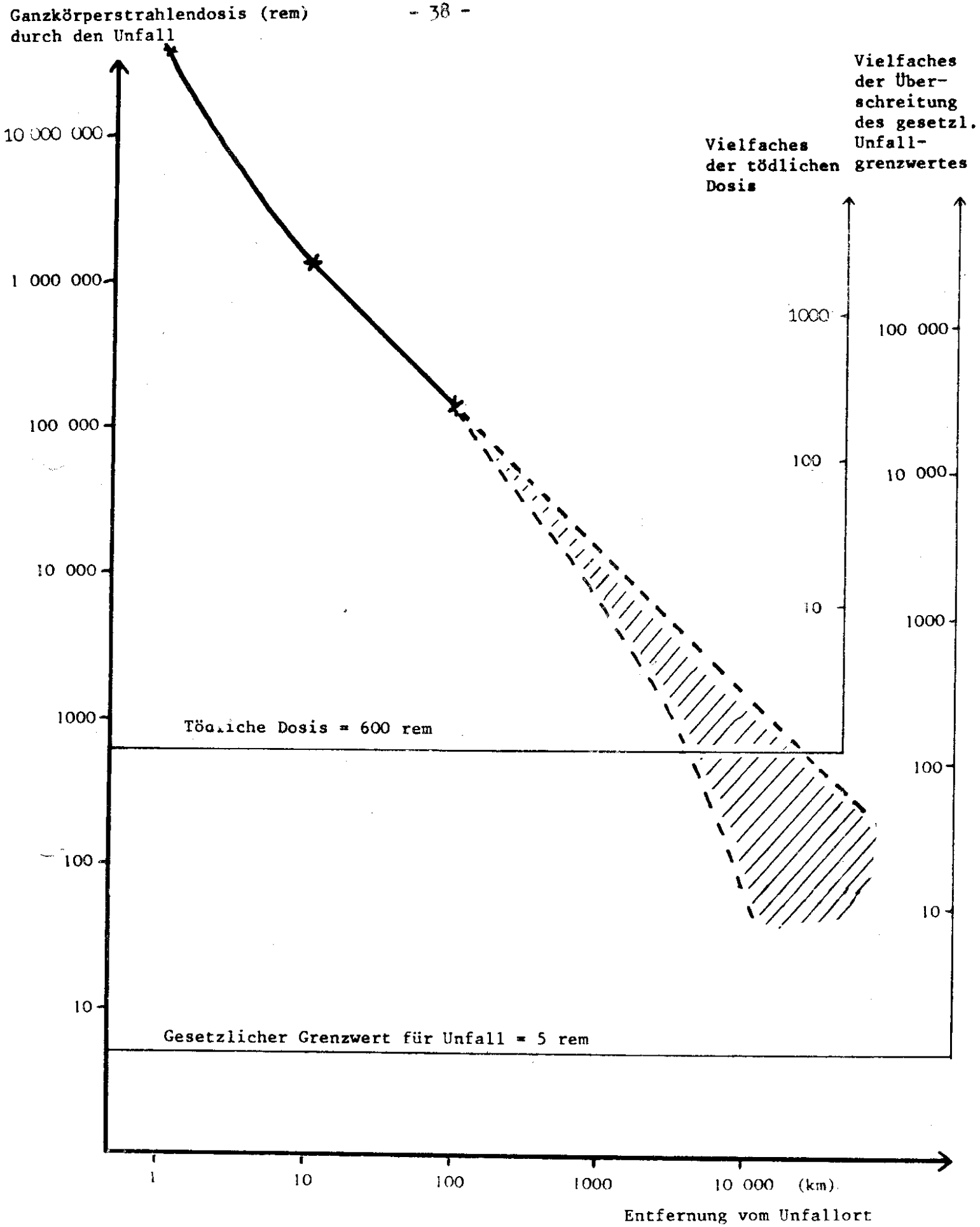


Abb. 2: Strahlenbelastung (Ganzkörper) als Folge eines Unfalles in einem Lagertank für hochaktiven Müll einer Wiederaufarbeitungsanlage in Abhängigkeit von der Entfernung vom Unfallort. Vergleich dieser Strahlenbelastung mit dem gesetzlichen Unfallgrenzwert und der tödlichen Strahlendosis.

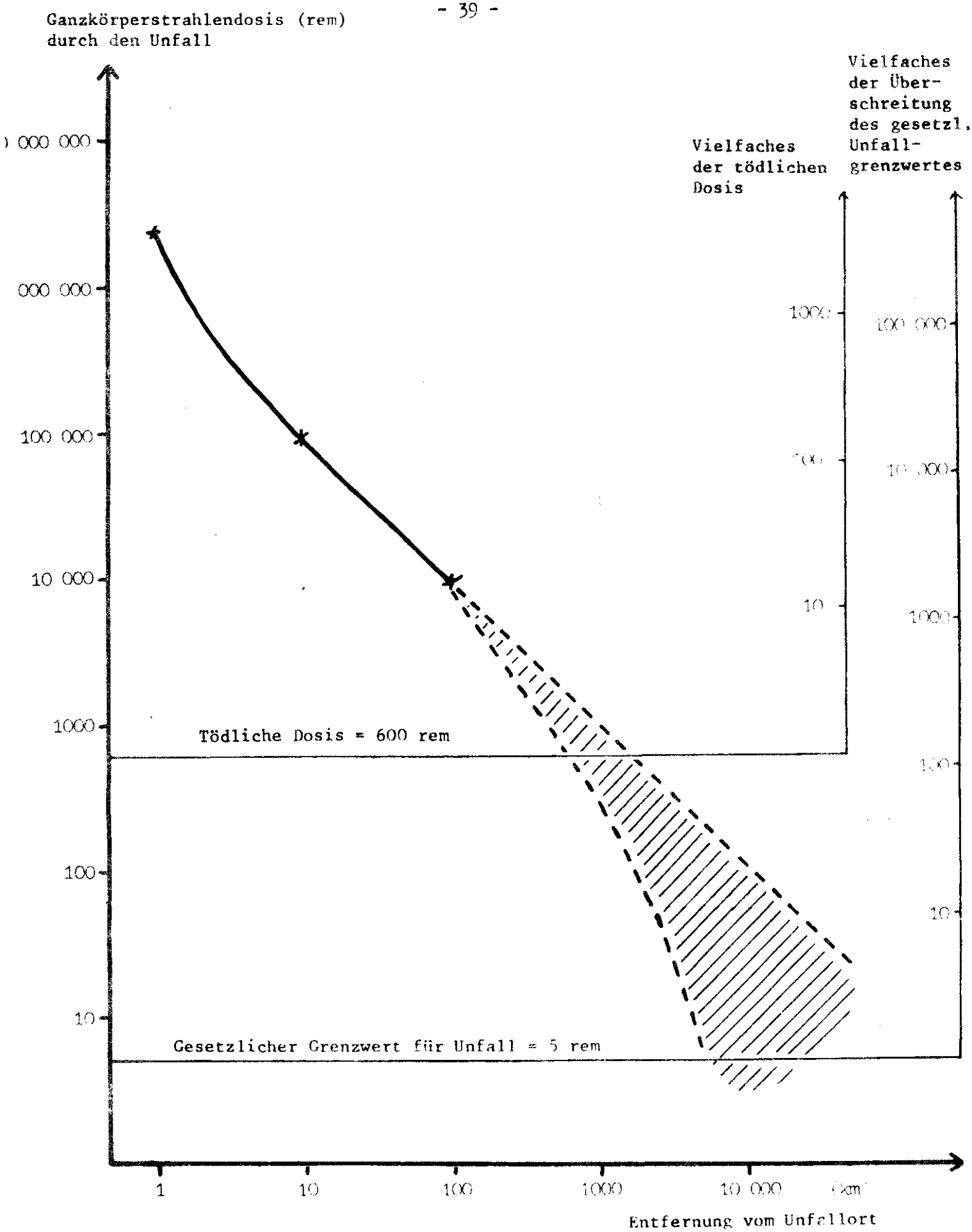


Abb. 3: Strahlenbelastung (Ganzkörper) als Folge eines Unfalles in einem Kernkraftwerk in Abhängigkeit von der Entfernung vom Unfallort. Vergleich dieser Strahlenbelastung mit dem gesetzlichen Unfallgrenzwert und der tödlichen Strahlendosis.

Der gesetzliche Unfallgrenzwert ist in § 28, Absatz 3 der neuen Strahlenschutzverordnung mit 5 rem = 5000 mrem festgelegt. Eine kerntechnische Anlage darf nach dieser Bestimmung nur dann genehmigt werden, wenn nachgewiesen ist, daß durch Störfälle dieser Grenzwert in der Umgebung der Anlage nicht überschritten werden kann. Wie die Abbildungen zeigen, würde dieser Grenzwert bei den untersuchten Störfällen in der Umgebung der Anlagen zwischen 500 000fach (Kernkraftwerk) und 9 000 000fach (Wiederaufarbeitungsanlage) überschritten.

Die gesetzliche Regelung, daß eine kerntechnische Anlage nur genehmigt werden darf, wenn bei einem Störfall keine höhere Strahlenbelastung als 5 rem auftreten kann, wird von den Genehmigungsbehörden durch einen Trick umgangen: Es wird ein "Auslegungsunfall" postuliert, der gerade so groß (so klein) ist, daß der Grenzwert von 5 rem gerade noch eingehalten werden kann. Alle anderen Störfälle werden nicht betrachtet. Dieser "Auslegungsstörfall", auf den sich das Bewußtsein der Genehmigungsbehörden ausrichtet, besteht beim Kernkraftwerk z.B. in der Annahme, daß zwar die Kühlung ausfällt, alle Sicherheitseinrichtungen (wie z.B. Notkühlsysteme) jedoch vollständig funktionieren. Eine Funktionsstörung der Sicherheitssysteme oder z.B. das relativ wahrscheinliche Bersten des Druckbehälters wird nicht berücksichtigt (siehe dazu auch das Kapitel "Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke" auf S. 53)

Die Abb. 4 (nächste Seite) zeigt eine Karte Europas, in die Entfernungen von 500, 1000, 1500 und 2000 km von der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage eingezeichnet sind. Zusammen mit den Abb. 1 - 3 läßt sich abschätzen, welche Gebiete bei welcher Windrichtung von tödlichen Strahlenbelastungen bedeckt würden.

Verseuchte landwirtschaftliche Fläche:

Eine weitere wichtige Frage ist, wie groß die Fläche des Landes sein wird, das nach einem solchen Störfall für lange Zeit unbewohnbar und der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen würde. Diese Frage ist in der Studie nicht untersucht. Auf Seite 33 heißt es dazu:

> *"Die potentiellen Strahlenexpositionen durch Ingestion* (= Nahrungsaufnahme landwirtschaftlicher Produkte, d. Verf.) *wurden hier nicht berechnet, da angenommen wird, daß die Aufnahme kontaminierter* (= radioaktiv verseuchter, d. Verf.) *Nahrung durch administrative Maßnahmen verhindert wird."*

Wie groß wird das Gebiet sein, auf dem nach einem solchen Störfall "die Aufnahme kontaminierter Nahrung durch administrative Maßnahmen verhindert", mit anderen Worten die landwirtschaftliche Nutzung eingestellt werden muß?

Im folgenden wird eine Rechnung durchgeführt, die eine Vorstellung von der Größe des verseuchten Gebietes vermittelt.

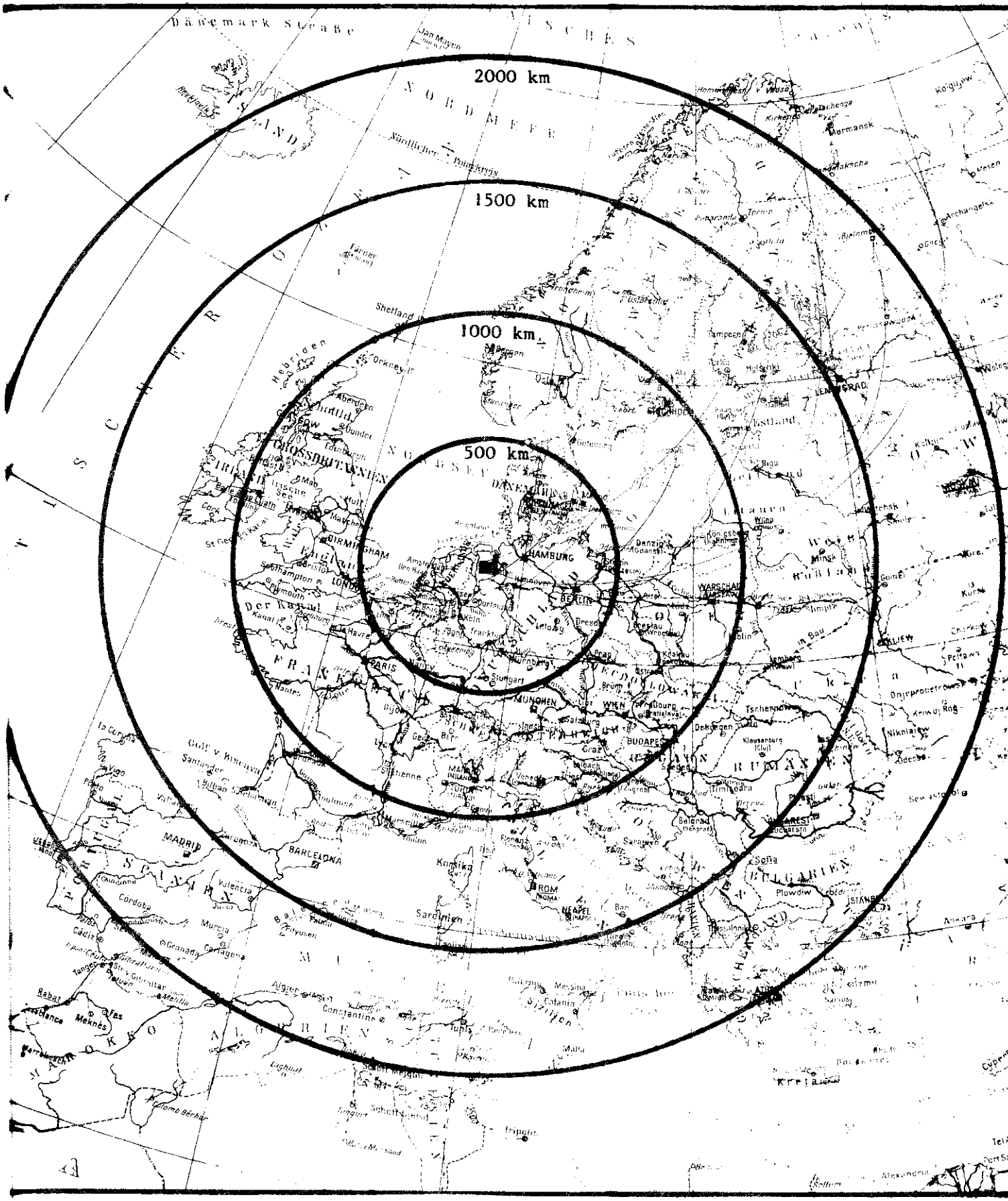


Abb. 4 : Karte von Europa mit dem eingezeichneten Standort der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage

Berechnung der Ingestionsbelastung nach einem Kühlungsausfall in einem Lagertank für hochaktiven Atommüll

In dem Bericht des Kernforschungszentrums Karlsruhe "Radioaktive waste management - potentials and hazards from a risk point of view", Juni 1974, sind Zahlenwerte für die Konzentration radioaktiver Spaltprodukte in einem Lagertank für Atommüll nach der Wiederaufarbeitung angegeben. Für unsere Rechnung sollen lediglich die drei Nuklide Caesium-134, Caesium-137 und Strontium-90 berücksichtigt werden. Alle anderen Nuklide bleiben unberücksichtigt. Dies führt zu einer Unterschätzung der Strahlenbelastung. Als Gehalt für einen 1000 m^3 Tank ein Jahr nach der Wiederaufarbeitung ergeben sich

$$1{,}6 \times 10^8 \text{ Ci Cs-134} \qquad (\text{Ci} = \text{Curie})$$
$$1{,}07 \times 10^8 \text{ Ci Cs-137}$$
$$0{,}72 \times 10^8 \text{ Ci Sr-90.}$$

Die IRS-Studie nimmt für Caesium eine Freisetzungsrate von 80 %, für Strontium von 20 % an. Daraus ergibt sich eine Freisetzung bei dem Störfall in die Atmosphäre von

$$1{,}28 \times 10^8 \text{ Ci Cs-134}$$
$$0{,}86 \times 10^8 \text{ Ci Cs-137}$$
$$0{,}144 \times 10^8 \text{ Ci Sr-90}$$

Entscheidend für die Berechnung der Ingestionsbelastung sind die Wetterbedingungen, die zur Zeit des Störfalles herrschen. Nach der Art der Wetterbedingungen richtet sich auch die Rechenweise. Um die Rechnung nicht zu kompliziert werden zu lassen, sei folgender meteorologischer Fall angenommen:

Die radioaktiven Spaltprodukte aus dem Atommülltank werden bei trockenem Wetter in die Atmosphäre freigesetzt. Durch Wind wird die radioaktive Wolke verteilt und verdünnt. Es werden turbulente Wetterbedingungen angenommen, die zu einer raschen Verdünnung der radioaktiven Wolke führen. Wir nehmen weiter an, daß ein Regen einsetzt zu der Zeit, wenn sich die radioaktive Wolke auf eine Fläche von 200 000 km^2 verteilt hat. Durch den Regen wird das radioaktive Caesium und Strontium aus der Atmosphäre auf den Erdboden ausgewaschen. Der Durchschnittswert des Wash-out in diesem Gebiet von 200 000 km^2 wird betragen

$$6{,}4 \times 10^8 \text{ pCi / m}^2 \text{ Cs-134} \qquad (\text{pCi} = 10^{-12} \text{ Ci})$$
$$4{,}3 \times 10^8 \text{ pCi / m}^2 \text{ Cs-137}$$
$$0{,}72 \times 10^8 \text{ pCi / m}^2 \text{ Sr-90}$$

Wir nehmen weiter an, daß sich das radioaktive Caesium und Strontium in den oberen 60 cm des Erdbodens gleichmäßig verteilt. Dies ist eine optimistische Annahme, die berücksichtigen soll, daß die Konzentration des Caesium und

Strontium durch Tiefpflügen vermindert wird. Bei einem spezifischen Gewicht des Bodens von 1,5 Gramm/cm^3 (Trockengewicht) ergibt sich folgende Verseuchung des Erdbodens bis in 60 cm Tiefe:

Cs-134	711 000 pCi/kg Boden
Cs-137	477 000 pCi/kg Boden
Sr-90	80 000 pCi/kg Boden

Zur Berechnung der Ingestionsbelastung werden die 3 Nahrungsmittel Gemüse, Getreide und Kartoffel berücksichtigt. Als Verzehrraten werden für diese drei Nahrungsmittel pro Jahr angenommen: 108 kg, 60 kg und 100 kg. Als Transferfaktoren für das Verhältnis der Konzentration des Radionuklids im Boden (pCi/kg Tr.g.) zu der Konzentration in der Pflanze (pCi/kg Frischgewicht) werden die aus der Literatur entnommenen in der untenstehenden Tabelle dargestellten Werte verwendet.

Nuklid	Gemüse	Getreide	Kartoffel
Caesium	0,5	0	0,012
Strontium	1,4	0,12	0,029

Wir beschränken uns darauf, die Strahlenbelastung für den Ganzkörper und für die Knochen zu errechnen. Dazu verwenden wir die in der untenstehenden Tabelle angegebenen Dosis-commitment-Faktoren. Diese geben an, wieviel mrem Strahlenbelastung pro in den Körper aufgenommenem pCi eines Nuklids entsteht. Diese Dosiscommitment-Faktoren sind dem "Regulatory guide 1109 der US regulatory commission, März 1976" entnommen.

Dosis commitment Faktoren

Nuklid	Ganzkörper	Knochen
Cs-134	$1,21 \times 10^{-4}$	$6,22 \times 10^{-5}$
Cs-137	$7,15 \times 10^{-5}$	$7,98 \times 10^{-5}$
Sr-90	$1,86 \times 10^{-3}$	$7,61 \times 10^{-3}$

Mit diesen Faktoren können wir nun ausrechnen, wie groß die Strahlenbelastung eines Erwachsenen sein wird, wenn er landwirtschaftliche Produkte aus diesen 200 000 km^2 verseuchten Landes zu sich nimmt. Das Ergebnis ist eine

Ganzkörperstrahlenbelastung von 31 rem (also 31 000 mrem) u. eine Knochenbelastung von 102 rem (also 102 000 mrem).

Diese Strahlenbelastung würde entstehen, wenn ein Erwachsener nur 1 Jahr lang

landwirtschaftliche Produkte aus diesem Gebiet zu sich nehmen würde. Das Gebiet wäre jedoch nicht nur ein Jahr, sondern mindestens für einige Jahrhunderte radioaktiv verseucht.

Legt man eine Strahlenbelastung von 5 rem = 5000 mrem zugrunde, die durch Nahrungsaufnahme nicht überschritten werden sollte (dieser Wert beträgt das 166fache des in der Umgebung kerntechnischer Anlagen geltenden Grenzwertes von 30 mrem), so ergibt sich in der Rechnung, daß diese Strahlenbelastung durch eine Verteilung und Verdünnung der radioaktiven Wolke über eine Fläche von 1 200 000 km^2 erzeugt werden kann. Die Knochendosis läge dann bei 16,8 rem (diese Zahlen gelten wieder nur für eine nur 1jährige Nahrungsaufnahme). Zusätzlich zu dieser Strahlenbelastung durch Nahrungsaufnahme käme die direkte Strahlenbelastung aus der radioaktiven Wolke und aus der Ablagerung von Radioaktivität auf den Boden.

Das Gebiet Mitteleuropas (Belgien, Dänemark, DDR, Frankreich, Niederlande, Österreich, Schweiz und Bundesrepublik Deutschland) hat eine Fläche von 1 140 000 km^2. Dies bedeutet, daß durch eine Freisetzung von Radioaktivität durch Ausfall der Kühlung nur eines Lagertanks der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage ein Gebiet von der Größe Mitteleuropas radioaktiv verseucht werden könnte, so daß die darin lebenden Menschen allein durch die Nahrungsaufnahme eines Jahres eine Ganzkörperstrahlenbelastung von 5000 mrem und eine Knochenbelastung von 16 800 mrem erhalten würden.

Diese Strahlenbelastungen, die man bei nur einjährigem Verzehr erhalten würde, sind unakzeptabel hoch. Sie würden zwar nicht zu Sofortschäden, aber zu einem starken Anwachsen der Krebs-, Leukämie- und Mißbildungenrate führen. Strontium-90 hat eine Halbwertzeit von 28 Jahren, Caesium-137 eine Halbwertzeit von 30 Jahren, d.h. es würde etwa 150 Jahre dauern, bis das Strontium-90 und das Caesium-137, die den Hauptanteil der Strahlenbelastung stellen, auf etwa ein 30stel der ursprünglichen Menge zerfallen wären. Mindestens für diesen Zeitraum wäre in dem hier betrachteten Gebiet von 1.200.000 km^2 Landwirtschaft nicht mehr möglich.

Unter diesem Gesichtspunkt erscheint die Aussage in der IRS-Studie auf Seite 33: *"Die potentiellen Strahlenexpositionen durch Ingestion wurden hier nicht berechnet, da angenommen wird, daß die Aufnahme kontaminierter Nahrung durch administrative Maßnahmen verhindert wird."* in einem anderen Licht. Die ganze in diesem Kapitel dargestellte Problematik einer radioaktiven Verseuchung riesiger Landstriche und ganzer Länder wird mit dem Nebensatz zugedeckt, *"daß die Aufnahme kontaminierter Nahrung durch administrative Maßnahmen verhindert wird."*

Wie würde es in Mitteleuropa aussehen, wenn solch ein Unfall passieren würde? Was machen die schätzungsweise 30 - 40 Millionen Bauern, deren Land radioaktiv verseucht ist?

Wie sehen administrative Maßnahmen aus, mit denen in einem Gebiet der Größe Mitteleuropas die Aufnahme kontaminierter Nahrung verhindert werden soll ?

Was machen die etwa 170 Millionen Menschen in Mitteleuropa, die nichts mehr zu essen haben? Einfuhr von Nahrungsmitteln aus der Dritten Welt??

Das Vernichtungspotential der Atomenergie sprengt jeden Rahmen der bisher bekannten Gefährdung des Menschen durch die Technik.

Die akute tödliche Strahlenkrankheit

Das akute Strahlensyndrom, das innerhalb weniger Tage bis Wochen zum Tode führt, äußert sich vor allem in Störungen des Blutbildungssystems, des Wasser- und Elektrolythaushaltes, und in einem Versagen der Schleimhäute. Die Störung des Blutbildungssystems verursacht in den meisten Fällen eine Schwächung oder Zerstörung des Immunsystems, wodurch zusätzlich die Anfälligkeit gegenüber pathogenen Keimen erhöht wird. Mit dem Krankheitsbild des akuten Strahlensyndroms gehen in den meisten Fällen einher: Anämien, Granulozytopenien bis hin zur Agranulozytose (starke Verminderung bis hin zum Fehlen einer bestimmten Art der weißen Blutkörperchen, der Granulozyten), Hämorrhagische Diathesen (besondere Disposition zu Folgestörungen infolge innerer oder äußerer Blutungen durch Gefäßdurchbrüche) u.a. (Weish, P., Gruber, E. "Radioaktivität und Umwelt", Fischer, 1975; Pschyrembel, Klinisches Wörterbuch, Springer, 1969).

"Das volle Krankheitsbild der schweren Allgemeinreaktion des menschlichen Organismus auf eine Ganzkörperbestrahlung mit tödlicher Dosis wurde zum erstenmal in schrecklichem Ausmaß nach den Atombombenexplosionen in Hiroshima und Nagasaki im August 1945 gesehen. Wenn auch bei den Opfern Verbrennungen und Verletzungen die vorherrschenden Schäden waren, konnte doch in umfangreichen medizinischen Untersuchungen der Patienten der Verlauf des akuten Strahlensyndroms verfolgt werden. Die bei späteren Strahlenunfällen bei Testexplosionen von Atombomben (Bikini-Atoll, 1954) und in der friedlichen Kernforschung aufgetretenen akuten Schädigungen konnten die in Japan gemachten Erfahrungen nur bestätigen.

Aufgrund der Erfahrungen mit den Atombombenopfern wurde eine Tabelle zusammengestellt, die das Auftreten der Krankheitssymptome in Abhängigkeit von der Dosis zeigt:

Zu erwartende Wirkungen einer akuten Ganzkörperbestrahlung

0- 50 rad	*keine nachweisbare Wirkung außer geringfügigen Blutbildveränderungen* (jedoch spätere Schäden, d. BBU)
80-120 rad	*bei 5 bis 10 % der Exponierten etwa 1 Tag lang Erbrechen, Übelkeit und Müdigkeit, aber keine ernstliche Arbeitsunfähigkeit*
130-170 rad	*bei etwa 25 % der Exponierten etwa 1 Tag lang Erbrechen und Übelkeit, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; keine Todesfälle zu erwarten*
180 260 rad	*bei etwa 25 % der Exponierten etwa 1 Tag lang Erbrechen und Nausea, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; einzelne Todesfälle möglich*
270-330 rad	*Bei fast allen Exponierten Erbrechen und Nausea am ersten Tag, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; etwa 20 % Todesfälle innerhalb 2 bis 6 Wochen nach Exposition;etwa 3 Monate lang Rekonvaleszens der Überlebenden*
400-500 rad	*bei allen Exponierten Erbrechen und Nausea am ersten Tag, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit; etwa 50 % Todesfälle innerhalb eines Monats; etwa 6 Monate lang Rekonvaleszens der Überlebenden*
550-750 rad	*bei allen Exponierten Erbrechen und Nausea innerhalb 4 Stunden nach Exposition, gefolgt von anderen Symptomen der Strahlenkrankheit. Bis zu 100 % Todesfälle; wenige Überlebende mit Rekonvaleszens von etwa 6 Monaten*
1000 rad	*bei allen Exponierten Erbrechen und Nausea innerhalb 1 bis 2 Stunden; wahrscheinlich keine Überlebenden*
5000 rad	*fast augenblicklich einsetzende schwerste Krankheit; Tod aller Exponierten innerhalb 1 Woche*

(aus: "Kernenergie - Nutzen und Risiko", Lindackers, Aurand, Hug, Kiefer u.a., dva, 1970, Sonderausgabe für die Kerntechnische Gesellschaft im Deutschen Atomforum e.V., S. 26 - 29)

Das akute Strahlensyndrom ist bisher neben einigen tödlich verlaufenen Reaktorunfällen vor allem in Hiroshima und Nagasaki infolge der Atombombenabwürfe aufgetreten. Eine Atombombe entfaltet ihre zerstörerische Wirkung auf drei Arten: Durch die enorme Hitzestrahlung im Augenblick der Explosion, durch eine mechanische Druckwelle kurz nach der Explosion und durch die bei der Explosion freiwerdende Radioaktivität. Die ersten beiden Zerstörungsenergien sind mit der

eines kerntechnischen Unfalles nicht vergleichbar. Ein normales Kernkraftwerk (Leichtwasserreaktor) kann nicht wie eine Atombombe explodieren. Dies gilt jedoch nicht mehr für die in Zukunft geplanten Schnellen Brüter, bei denen eine atombombenähnliche Explosion nicht unter allen Umständen auszuschließen ist.

Auch in einer Wiederaufarbeitungsanlage kann durch unglückliche Umstände die kritische Masse des behandelten Plutoniums überschritten werden,wobei es ebenfalls zu kleinen Atomexplosionen kommen kann.
Wir wollen hier jedoch nur die Auswirkungen der bei einem kerntechnischen Unfall freigesetzten Radioaktivität untersuchen. Diese ist prinzipiell mit der Radioaktivität aus einer Atombombenexplosion vergleichbar, mit zwei Unterschieden:

a) Das Inventar an langlebiger Radioaktivität in einem Kernkraftwerk ist etwa 1000mal, das in der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage etwa 45 000mal größer als das der Atombomben in Hiroshima oder Nagasaki.
b) Bei einer Atombombenexplosion wird der überwiegende Teil der radioaktiven Stoffe mit der Explosionswolke sehr hoch in die Atmosphäre geschleudert und damit sehr stark verdünnt. Die bei einem Unfall in einem Atomkraftwerk oder einer Wiederaufarbeitungsanlage freigesetzte Radioaktivität wird demgegenüber infolge fehlender Explosionswirkung im unteren Bereich der Atmosphäre verbleiben und so konzentriert einwirken.

Ausführliche Beschreibungen des akuten Strahlensyndroms,an dem in Hiroshima und Nagasaki Zehntausende Menschen starben, finden sich in dem Buch der drei japanischen Mediziner Dr. M. Shiocuki, Dr. N. Kusano und Dr. S. Jamamoto "Wir können nicht schweigen! - Japanische Mediziner berichten über die Atombombenkrankheit", Hanns Georg Müller Verlag, München, 1958:
"Von jenen Patienten, die nicht innerhalb von 2 bis 3 Tagen den Tod fanden, erlagen viele ihren Verletzungen unter charakteristischen Symptomen, wie z.B. eine 41jährige Meisterin. Vermutlich befand sie sich ca. 500 m vom Explosionszentrum entfernt. (Nach Prof. Dr. Pauling, in: "Leben oder Tod im Atomzeitalter", Wien, 1968, Seite 68, herrschte in diesem Bereich eine durchschnittliche Strahlenbelastung von 650 rem.)
Ihre Körpertemperatur betrug schon bei der Einlieferung 38 Grad. Sie hatte durch Ausscheidung von Blutstühlen sehr zu leiden, die denen bei Dysenterie (Ruhr) ähnelten. Ihre geschädigte Mundhöhlen-Schleimhaut strömte einen eigenartig üblen Geruch aus.
In den Morgenstunden des 13. August begann plötzlich - bei erhaltenem Bewußtsein - ihr Sehvermögen nachzulassen. Zugleich trat eine Lähmung beider Hände und Füße ein.
In der Frühe des 14. August schwand ihr Bewußtsein. Die Halsregion wies Zeichen beginnender Starre auf. Bei der Untersuchung fand ich den Liquor cerebro spinalis (Gehirn-Rückenmark-Flüssigkeit) mit dunkelrotem Blut vermischt. Nachmittags

hatte die Patientin annähernd 40 Grad Fieber, ungeheure Schweißabsonderung stellte sich ein, und am Abend starb sie schließlich.
Ich sezierte ihren Leichnam sofort und bemerkte in der Schleimhaut des Rektums (Mastdarm) hier und da reiskorn- bis erbsengroße Blutaustrittsstellen und außerdem Blutungen auch in das Gehirn.
Ein anderes Beispiel ist der Fall eines 19jährigen Arbeiters. Er war 1 km vom Explosionszentrum entfernt und wurde an beiden Händen verbrannt. Seine Brandwunden besserten sich zusehends. Nach 15 Tagen verließ er das Lazarett. Aber einen halben Monat später begann er zu fiebern. Er klagte über schlechten Appetit, allgemeines Müdigkeitsgefühl und Haarausfall. Unter der Haut tauchten Hämorrhagische Pünktchen auf, unstillbare Darmblutungen kamen hinzu und nach kurzer Zeit starb der Patient.
In derartigen Fällen nahmen wir Bluttransfusionen vor, injizierten Vitamin- und Traubenzuckerlösungen, verabreichten blutstillende Mittel und genügend Nahrung, aber wir vermochten nicht, die Menschen vor diesem Tod zu bewahren."

An anderer Stelle heißt es: *"Obwohl einige Menschen sich in der Nähe des Explosionszentrums aufgehalten hatten, wiesen sie weder größere Verwundungen noch Verbrennungen auf, weil sie sich dem direkten Einfluß entziehen konnten. Es zeigte sich, daß dennoch auch sie starke Ausstrahlungen auf Zellen in verschiedenen Regionen ihres Körpers empfangen hatten: sie bekamen hohes Fieber, Blutungen unter die Haut oder in innere Organe - und starben während der ersten 10 Tage an hochgradiger Entkräftung.*
Alle, die sich weniger als 1 km vom Explosionszentrum entfernt aufhielten und der Explosion nicht unmittelbar ausgesetzt waren, empfingen Ausstrahlungen mittleren Grades. Sie erbrachen am selben Tag, wurden an den folgenden Tagen immer schwächer und zeigten nach 2 Wochen die typischen Symptome der Krankheit.
Die Schriftstellerin Frau Jokoota, selbst eines der Strahlenopfer, schreibt über diese speziellen Symptome in ihrem Buch 'Straßen der Leichen': 'Wenige Tage nach dem 20 August begannen die aus Hiroshima hierhin geflüchteten Kriegsopfer jäh zu sterben, einer nach dem anderen, hingestreckt von der Atombombenkrankheit. Gestern hörte ich, daß der Mensch, den ich vor etlichen Tagen beim Arzt sah, schwärzliches Blut zu erbrechen begann. Und heute sagte man mir, das schöne Mädchen, dem ich vor drei Tagen auf der Straße begegnete, erwarte jetzt den Tod - mit ausgefallenen Haaren und häßlich purpurnen Flecken auf dem Körper. Auch zu mir kann der Tod jeden Augenblick kommen! Mehrmals am Tag ziehe ich an meinen Kopfhaaren und zähle die ausgefallenen Haare. (Das Ausfallen der Haare ist das erste sichtbare Symptom des akuten Strahlensyndroms, d. BBU). *Unruhig - wegen der Hautfleckchen, welche plötzlich auftauchen könnten - prüfe ich immer wieder die Haut meiner Hände und Füße - und nochmals - und von neuem. ...'*
Die Kopfhaare beginnen auszufallen, unter der Haut tauchen Hämorrhagische Fleck-

chen auf, die Halsmandeln schwellen an, Zahnfleisch und Mundschleimhaut werden geschädigt und deformiert, schreckliche ruhrähnliche Durchfälle setzen ein und die anfangs scheinbar abheilenden Wunden verschlimmern sich unter deformierender Ausdehnung. Die Patienten fiebern um 40 Grad Celsius, dauerndes Erbrechen, Blutharn und Blutstuhl treten hinzu, und nach 7 bis 10 Tagen sterben sie endlich. Wenn man das Blut solcher Kranken untersucht, stellt man eine offensichtliche Verminderung der Leukozyten fest (weniger als 1000 im mm³), welche bei Gesunden 6000 - 8000 im mm³ betragen. Hierdurch vermindert sich auch die Widerstandskraft des Körpers gegen Eitererreger: er beginnt lebendig zu verfaulen. Ein derartiger Zustand wird gangrän genannt. Solcher Art werden die Hautwunden ebenso wie die Gaumenmandeln, die Schleimhäute des Magens und des Darmes brandig."

(Nach Dr. M. Shiocuki, Dr. N. Kusano und Dr. S. Jamamoto, "Wir können nicht schweigen! - Japanische Mediziner berichten über die Atombombenkrankheit", Hanns Georg Müller Verlag, München, 1958, S. 108)

Diese hier beschriebenen Symptome des aktuen Strahlensyndroms sind identisch mit den Folgen, die nach einem großen kerntechnischen Unfall in einer Wiederaufarbeitungsanlage oder in einem Atomkraftwerk auftreten werden.

Wieviele Menschenleben würde ein Unfall in der geplanten WAA kosten?

Die IRS-Studie macht lediglich Angaben über die nach bestimmten Unfällen in bestimmten Entfernungen zu erwartenden Strahlenbelastungen. Ausgehend von diesen Angaben läßt sich berechnen, wieviele Menschen bei Eintreten eines dieser Unfälle sterben müssen.

Abbildung 5 zeigt eine Karte der Bundesrepublik Deutschland, in die der wahrscheinliche Standort der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage eingezeichnet ist. Es wird angenommen, daß zur Zeit des Unfalles Nordwind herrscht. Dieser wird die radioaktiven Luftmassen, die zum Beispiel bei Ausfall der Kühlung aus einem Brennelementtank oder einem Tank für hochaktive Abfallösungen der Wiederaufarbeitungsanlage entweichen, nach Süden über das östliche Ruhrgebiet, die Ballungsräume Rhein - Main, Rhein - Neckar und Stuttgart tragen. In die Karte ist die wahrscheinliche Breite des Sektors bei Wetterlage F eingezeichnet. In 10 km Entfernung von der Wiederaufarbeitungsanlage werden nach Angaben der IRS-Studie bei einem Unfall in einem Atommülltank und Wetterlage F 1 400 000 rem, in 100 km Entfernung 140 000 rem Strahlenbelastung entstehen. Bis zur südlichen Grenze der Bundesrepublik Deutschland sind es vom wahrscheinlichen Standort der Wiederaufarbeitungsanlage im Landkreis Aschendorf-Hümmling circa 600 km.

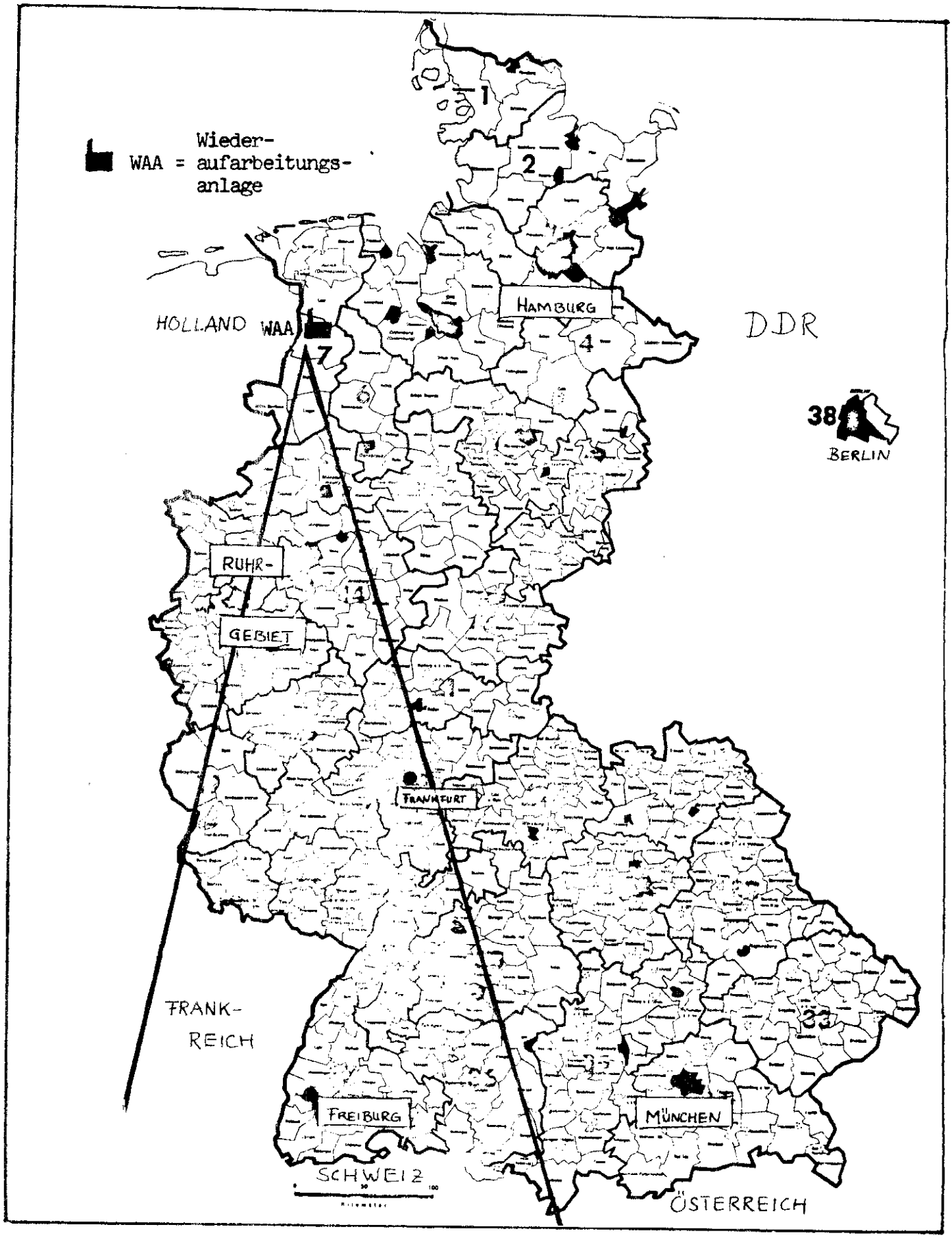


Abb. 5 : Der eingezeichnete Sektor zeigt das Gebiet, in dem die bei dem untersuchten Störfall in der Wiederaufarbeitungsanlage ausgetretene Radioaktivität tödlich wirken würde. Das Gebiet (nur in der BRD) umfaßt ca. 63 000 km^2. Die durchschnittliche Einwohnerzahl ist 485 E/km^2. Allein in der BRD würden in diesem Fall

ca. 30,5 Millionen Menschen sterben.

Bei anderer Windrichtung verschiebt sich der Todessektor entsprechend.

An der südlichen Grenze der BRD zur Schweiz hin wird deshalb nach diesem Unfall, wie aus Abbildung 2 zu entnehmen ist, eine Strahlenbelastung zwischen 20 000 und 23 000 rem entstehen.
Diese Strahlenbelastungen sind alle absolut tödlich.
Dies bedeutet, daß man davon ausgehen muß, daß bei einem solchen Unfall alle in dem eingezeichneten Sektor lebenden Menschen sterben werden. Die mittlere Bevölkerungsdichte in dem in der Abbildung 5 eingezeichneten Sektor liegt bei 485 Einwohnern pro km^2, die von dem Sektor eingeschlossene Fläche (nur in der Bundesrepublik Deutschland) liegt bei 63 000 km^2.

Daraus ergibt sich, daß bei einem solchen Unfall unter den angegebenen Wetter-Bedingungen etwa 30,5 Millionen Bewohner der Bundesrepublik Deutschland umkommen würden. Dies ist etwa die Hälfte der Einwohnerzahl der BRD.
Die Berechnung der Zahl der Toten wurde nur bis zu den Grenzen der BRD durchgeführt. Wie den Abbildungen 1 bis 3 zu entnehmen ist, werden jedoch auch weit über die hier diskutierte Entfernung von 600 km hinweg tödliche Strahlenbelastungen auftreten. Die Zahl der Toten in anderen Ländern wäre gesondert zu berechnen.

Kettenreaktion atomarer Unfälle

Die in der IRS-Studie errechneten Strahlenbelastungen und die in den Kapiteln "Fernwirkungen der untersuchten Unfälle", "Verseuchte landwirtschaftliche Fläche" und "Wieviele Menschenleben würde ein Unfall in der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage kosten?" dargestellten Auswirkungen beschreiben jeweils nur die Auswirkungen des Leckwerdens eines Lagertanks für hochaktiven Atommüll bzw. eines Atomkraftwerkes. Sind diese beschriebenen Unfallauswirkungen konservativ genug angesichts der Tatsache, daß in der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage nicht nur ein Lagertank für hochaktiven Atommüll vorhanden sein wird, sondern allein 4 Lagertanks für die hochaktiven Brennelemente und pro Betriebsjahr der Wiederaufarbeitungsanlage ein großer Lagertank für hochradioaktiven flüssigen Atommüll, also z.B. nach 10 Betriebsjahren 10 solcher Lagertanks?

Was wird geschehen, wenn, wie in der IRS-Studie beschrieben, bei nur einem dieser Tanks die Kühlung ausfällt und es zur Freisetzung der Radioaktivität kommt?
Nach der IRS-Studie wird in diesem Fall in 1 km Entfernung eine Strahlenbelastung (Ganzkörper) zwischen 1,9 Millionen und 38 Millionen rem entstehen. Dies ist das 3000 bis 60 000fache der tödlichen Dosis. Was dies für den weiteren "sicherheitsgemäßen" Betrieb der Wiederaufarbeitungsanlage bedeutet, dürfte klar sein. Das Personal der Wiederaufarbeitungsanlage wird, wenn es ihm nicht gelingt, Hals über Kopf zu fliehen, genauso wie die Bevölkerung in der näheren und

weiteren Umgebung der Anlage sterben. In beiden Fällen wird es dadurch unmöglich werden, weitere Katastrophen auf dem Gelände der Wiederaufarbeitungsanlage durch menschlichen Eingriff zu verhindern. Es kommt hinzu, daß durch die Verbreitung der radioaktiven Wolke vermutlich sehr bald die Elektrizitäts- und Wasserversorgung ausfallen wird. In diesem Falle werden die Sicherheits-, insbesondere die Kühlungssysteme der anderen Lagertanks der Wiederaufarbeitungsanlage automatisch auf Notstrombetrieb umschalten. Dieser wird jedoch nur solange weitergehen, bis die Dieseltanks der Notstromaggregate leer sind. Spätestens zu diesem Zeitpunkt wird auch die Kühlung aller anderen Lagertanks ausfallen, wodurch deren radioaktives Inventar ebenfalls in die Atmosphäre freigesetzt wird. Die Folgen werden unvorstellbar sein.
Was wird mit den Atomkraftwerken geschehen, die im Einwirkungsbereich der radioaktiven Wolke liegen?

Wie aus Abbildung 5 und dem Kapitel "Wieviele Menschenleben würde ein Unfall in der geplanten WAA kosten?" hervorgeht, wird die radioaktive Wolke aus nur einem Lagertank der Wiederaufarbeitungsanlage, egal wohin der Wind weht, mindestens bis an die jeweilige Grenze der Bundesrepublik Deutschland tödlich wirken. Dies betrifft natürlich nicht nur die "normale Bevölkerung", sondern auch z.B. die Beschäftigten von Atomkraftwerken.
Was geschieht in diesem Fall mit den Atomkraftwerken? Was mit chemischen Fabriken, Lagerstätten für chemische und biologische Waffen?

Die Folgen einer solchen Kettenreaktion atomarer Unfälle, ausgelöst durch Sabotage, Knallgasexplosion, Kühlungsausfall o.ä. in einem Lagertank der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage sollen hier nicht weiter besprochen werden. Es bleibt dem Leser überlassen, sich anhand der bisher dargestellten Einzelheiten die Auswirkungen eines solchen Falles auszumalen.

Es sei hier lediglich angeführt, daß in einem solchen Fall (unter der Annahme, daß die Wiederaufarbeitungsanlage ca 10 Jahre in Betrieb war) die nur von den Lagertanks der Wiederaufarbeitungsanlage freigesetzte Radioaktivität etwa in der Größenordnung liegt wie die in einem weltweiten, letzten Atomkrieg freigesetzte Radioaktivität. (+)

(+) Berechnung nach Prof. Dr. L. Pauling, "Leben oder Tod im Atomzeitalter", Wien, 1960. Prof. Dr. J. Gofman, "Some important unexamined questions concerning the barnwell nuclear fuel reprocessing plant, testimony befor the nuclear study committee, the legislature of the state of South Carolina," 7. Jan. 1972; Prof. Dr. D.v. Ehrenstein: "Sorge vor Mißbrauch bleibt", VDI - nachrichten, 8.Oktober 1976

Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke

Die in den IRS-Untersuchungen beschriebenen Störfälle, die die in dieser Studie dargestellten katastrophalen Auswirkungen haben werden, werden bei Genehmigungsverfahren für kerntechnische Anlagen systematisch nicht berücksichtigt.

Als stellvertretendes Beispiel sei das Kernkraftwerk Brokdorf angeführt:
"Für das Kernkraftwerk Brokdorf wird als Auslegungsstörfall (GAU) der doppelendige Bruch einer heißen Hauptkühlmittelleitung bei Nennlast bei einem gleichzeitigen Folgebruch im Sekundärteil eines Dampferzeugers angenommen" (Erste Teilgenehmigung (TG) für das Kernkraftwerk Brokdorf, Ministerium für Wirtschaft und Verkehr und Sozialministerium des Landes Schleswig-Holstein, 25.10.1976, S. 85).
Der Auslegungsstörfall wird als *"größter anzunehmender Unfall (GAU)"* bezeichnet, wobei von der Behörde bewußt der falsche Eindruck erweckt wird, es handle sich um einen maximalen Unfall. Dieser falsche Tatbestand wird sogar noch extra ausgeführt:
"Der GAU wird definitionsgemäß als oberer Grenzwert eines breiten Spektrums denkbarer Kühlmittelverluststörfälle im Primärkühlsystem angenommen." (1. TG KKW Brokdorf, S. 85).
Wie falsch diese Aussage ist, wird auf der selben Seite der Teilgenehmigung für das KKW Brokdorf von der Behörde selbst ausgeführt:
"Zur Beherrschung des Kühlmittelverluststörfalles (bis einschließlich GAU) sowie zur Begrenzung der radiologischen Auswirkungen wird unter anderem die Funktion folgender Sicherheitseinrichtungen vorausgesetzt:

Notkühlsystem,
Sicherheitseinschluß mit kontrollierter Abgabe von Spaltprodukten über den Kamin,
Schnellabschaltung." (1. TG KKW Brokdorf, S. 85)

Bei Versagen der Sicherheitseinrichtungen wird es also zu Unfällen kommen, die weit über den GAU hinausgehen. Gerade das Funktionieren der Sicherheitseinrichtung Notkühlsysteme ist sehr fraglich. Die bisher durchgeführten Experimente zur Notkühlung eines Kernreaktors zeigen, daß diese Notkühlung bei einem Kühlmittelverluststörfall wahrscheinlich nicht funktioniert (Filmsieden, Beschädigung des Kerns durch plötzlichen Druckabfall u.a.). Ebenso wird zum Beispiel der Bruch des Druckbehälters bei einem Druckwasserreaktor als Störfall nicht berücksichtigt.
Gerade der Bruch des Druckbehälters ist aber wahrscheinlich der wichtigste

Störfall, durch den es zu einer katastrophalen Freisetzung von Radioaktivität kommen kann. Die dauernde Einwirkung von Neutronenstrahlung und α-Strahlung sowie der hohe Druck führen zu einer Materialversprödung des Reaktorkessels. Dadurch wird die Berstwahrscheinlichkeit stark erhöht.
Die Britische Atomenergiekommission UKAEA hat folgende Wahrscheinlichkeiten für ein Versagen des Reaktordruckbehälters ermittelt:

Potentiell gefährliches Bersten pro Reaktor und Jahr 1 : 1 600

Katastrophal gefährliches Bersten pro Reaktor u. Jahr 1 : 20 000

(Lit: "The Second Survey of Defects in Vessels Built to High Standards of Construction and its Relevance to Nuclear Primary Circuits", F.A. Smith and R.G. Warwick, AHSB, S, R.162 - UKAEA; siehe auch 'Atomwirtschaft', Januar 1975, Seite 8).
In dieser Untersuchung ist die aufwendige Überwachung des Reaktordruckbehälters durch Ultraschall und andere Verfahren bereits berücksichtigt.
(Um sich eine Vorstellung von diesen angegebenen Wahrscheinlichkeiten machen zu können, sei ein Vergleich angeführt: Die Wahrscheinlichkeit, beim Lotto 6 Treffer aus 49 zu haben, beträgt 1 : 13 900 000. Das heißt, ein katastrophal gefährliches Bersten und damit eine Reaktorkatastrophe eines Reaktors pro Jahr ist 700 mal wahrscheinlicher als ein Sechser im Lotto!)
Vor einer Genehmigung eines Kernkraftwerkes werden durch die Genehmigungsbehörde Gutachten eingeholt, die die Auswirkungen von Störfällen untersuchen sollen. Diese Gutachten berücksichtigen jedoch ebenfalls nur Störfälle bis zur Größe des GAU.
"Die Gutachter gehen abschließend auf die Einhaltung der im vorliegenden Entwurf der neuen SSVO enthaltenen Störfallrichtwerte von

Ganzkörperdosis: 5 rem

Schilddrüsendosis: 15 rem

ein. Diese Werte werden im Falle des vorgezeichneten Störfalles nicht erreicht.
Insgesamt ergeben sich nach Auffassung der Gutachter daher keine Aspekte, die auf unzulässige radiologische Auswirkungen nach Kühlmittelverluststörfällen oder anderen, ebenfalls im Konzeptgutachten u n t e r s u c h t e n S t ö r f ä l l e n hinweisen." (1. TG KKW Brokdorf, S. 86)
Mit anderen Worten: alle Störfälle, die zu einer höheren Strahlenbelastung als erlaubt (5 rem Ganzkörper- und 15 rem Schilddrüsendosis) führen können, werden sowohl in den Gutachten als auch von der Genehmigungsbehörde konsequent nicht berücksichtigt.
Dieses kriminelle Verhalten der Genehmigungsbehörden kann in Zukunft Millionen Menschen das Leben kosten.

Vergleich mit bisherigen Veröffentlichungen der Bürgerinitiativen

In der Auseinandersetzung um die Atomenergie wird den Bürgerinitiativen Umweltschutz von Seiten der Energiewirtschaft, aber auch von Politikern und Behörden häufig der Vorwurf gemacht, sie würden die Gefährdung der Umwelt durch die Atomenergie übertreiben. Schlagworte in diesem Zusammenhang sind, die Bürgerinitiativen betrieben "Panikmache", würden "mit falschen Zahlen spielen", allgemein die Gefährdungen durch Kernenergie überzogen darstellen. Die Wahrheit läge wohl eher in der Mitte zwischen dem, was Industrie, Behörden und Regierungen einerseits und Bürgerinitiativen andererseits behaupten.

Bürgerinitiativen haben keinen Grund, die negativen Sachverhalte der Atomenergie übertrieben darzustellen. Sie würden damit sich und ihrer Arbeit nur schaden. Wir waren bisher der Meinung, daß das, was wir über die Auswirkung von Störfällen in kerntechnischen Anlagen wußten und der Öffentlichkeit in unserer Arbeit mitteilten, richtig war. Wir müssen heute erschüttert feststellen, daß die Auswirkungen von Unfällen in Wiederaufarbeitungsanlagen und Atomkraftwerken in Wirklichkeit um Größenordnungen schlimmer sind als Bürgerinitiativen bisher ahnten.
Der bisherige Kenntnisstand der Bürgerinitiativen auf diesem Gebiet soll an zwei Veröffentlichungen vom November und Dezember 1976 dargestellt werden:

Im November 1976 erschien das Buch "Wiederaufarbeitung und Lagerung von Atommüll - Entsorgung oder ewige Sorgen?", herausgegeben vom Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. . Dieses Buch enthält Abschätzungen über die zu erwartenden Folgen eines Unfalles durch Ausfall der Kühlung eines Lagertanks einer Wiederaufarbeitungsanlage.

Auf Seite 16 wird die kurzfristige Strahlenbelastung (Ganzkörper) als Folge eines solchen Unfalles in 100 km Entfernung mit 80 rem angegeben. Aufgrund der IRS-Studie müssen wir nun feststellen, daß die Strahlenbelastung in Wirklichkeit etwa um den Faktor 1000 (!) höher sein wird.

Auf Seite 17 des BBU-Buches ist die Zahl der bei einem solchen Unfall zu erwartenden direkten Unfallopfer mit 750 Toten angegeben. Wie auf Seite 50 dieser Broschüre dargestellt, ergeben sich bei Nordwind aufgrund der IRS-Studie jedoch allein in der Bundesrepublik Deutschland ca. 30,5 Millionen Tote, das ist mehr als 40 000 mal so viel wie der BBU noch vor 2 Monaten annahm.

Ein zweites Beispiel ist die Zeitschrift "Atommüll - Politisch unabhängige Zeitschrift der Bürger gegen Atommüllaufbereitung in der Heide", Ausgabe Dezember 1976. Auf Seite 1 dieser Zeitschrift sind die nach einem großen Unfall in der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage zu erwartenden Strahlenbelastungen in Abhängigkeit von der Entfernung dargestellt. Für eine Entfernung von 200 km ist dabei eine Strahlenbelastung von 15 rem angegeben. Nach der IRS-Studie wird die für diese Entfernung zu erwartende Strahlenbelastung jedoch um den Faktor 4600 höher liegen.

Das heißt, die Auswirkungen eines großen Unfalles in der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage sind zwischen 1000 und 40 000 mal schlimmer, als die Bürgerinitiativen bisher wußten und in ihrer Öffentlichkeitsarbeit darstellten.

Der Bundesregierung, Länderregierungen und Energiewirtschaft mußte dies bekannt gewesen sein. Warum wurden Bürgerinitiativen immer wieder mit dem Argument verleumdet, sie würden die Auswirkungen eines Unfalles übertreiben?

Mit dem Argument, die Aussagen der Bürgerinitiativen seien übertrieben und falsch, wurde und wird das staatliche Vorgehen und Verhalten gegenüber Bürgerinitiativen im Bereich Kernenergie begründet: Entweder Nicht-Berücksichtigung der Argumente der Bürgerinitiativen oder brutalen Einsatz der Staatsgewalt gegen gewaltlose, für ihre Umwelt- und Lebensbedingungen eintretende Bürger wie bisher in Wyhl und Brokdorf.
In welche Richtung entwickelt sich ein Staat, der sich gegenüber seinen Bürgern so verhält?

Der Trick mit der zweiten Studie

Parallel zu der bisher beschriebenen IRS-Studie über die Auswirkungen von Störfällen kerntechnischer Anlagen wurde am Institut für Reaktorsicherheit im gleichen Zeitraum und zum Teil von den gleichen Autoren eine zweite Studie über dieses Thema erarbeitet mit dem Titel:

"Radiologische Auswirkungen massiver Spaltproduktfreisetzungen aus Druckwasserreaktoren."

Diese Studie gibt als Folge eines Unfalles in einem Kernkraftwerk Strahlenbelastungen an, die etwa um den Faktor 1000 (!) niedriger liegen als die Werte in der bisher beschriebenen IRS-Studie Nr. 290. Die Geschichte dieser zweiten Studie ist ein erschütterndes Dokument über interne Vorgänge in der deutschen Kernenergiebürokratie, die mit den Problemen der Kernenergie nicht mehr fertig wird und deshalb in kriminell erscheinende Verhaltensweisen abgleitet.

In diesem Kapitel soll der Inhalt dieser zweiten Studie beschrieben werden. Im nächsten Kapitel "Die Täuschung von Behörden durch Behörden" wird beschrieben, was mit dieser zweiten Studie behördenintern geschah.

Der Titel der Studie "Radiologische Auswirkungen massiver Spaltproduktfreisetzungen aus Druckwasserreaktoren" erweckt beim Betrachter den Eindruck, es handle sich um eine Untersuchung eines schweren Unfalles in einem Kernkraftwerk. Dieser Eindruck ist beabsichtigt. Die Studie wurde zu dem Zweck erstellt, für einen Störfall in einem Kernkraftwerk relativ niedrige Strahlenbelastungen in der Umgebung darzustellen. Nach diesem Gesichtspunkt wurden die den Unfall betreffenden Annahmen ausgewählt: auf Seite 2 der Studie heißt es dazu: *"Die Hüllen aller Brennstoffstäbe werden undicht. Die in den Spalten zwischen den Hüllen und dem Brennstoff enthaltenen Spaltprodukte werden in die Atmosphäre des Sicherheitsbehälters freigesetzt."*

Aus dieser der Studie zugrundegelegten Annahme geht hervor, daß nur eine sehr geringe Freisetzung von Radioaktivität, anders als es der Titel der Studie (massive Spaltproduktfreisetzung) erwarten läßt, angenommen wurde. Die eigentlichen kritischen Unfallmöglichkeiten eines Kernkraftwerkes wie Versagen der Notkühlsysteme, Bruch des Druckbehälters, Kernschmelzen u.a. werden in keiner Weise untersucht. Dies wird auch an einer Stelle im Text der Studie bestätigt: auf den Seiten 1 bis 2 heißt es: *"Bei Versagen eines oder mehrerer dieser Sicherheitssysteme können, wie entsprechende Analysen gezeigt haben, die Auswirkungen wesentlich größer sein. Zum Beispiel sind beim Kernschmelzen mit zusätzlichem Versagen des Sicherheitsbehälters Strahlenexpositionen in der Umgebung möglich, die um mehrere Größenordnungen über den Störfallrichtwerten liegen."*

Entsprechend den optimistischen Annahmen über die Freisetzungsrate von Radioaktivität sind die Ergebnisse der Studie viel zu optimistisch. Wie aus den Abbildungen 1 bis 6 der Studie (hier abgedruckt) hervorgeht, liegt die Ganzkörperstrahlenbelastung in 10 km Entfernung unter 100 rem, in 40 km Entfernung unter 20 rem. Dies ist ziemlich genau ein Tausendstel der Werte, wie sie für einen großen Unfall in einem Kernkraftwerk mit massiver Spaltproduktfreisetzung in der IRS-Studie Nr. 290 errechnet wurden.

Bemerkenswert ist dennoch, daß trotz dieser optimistischen Annahmen die zu erwartenden Strahlenbelastungen teilweise erheblich über den Störfallrichtwerten der Strahlenschutzverordnung liegen. Auf Seite 10 der Studie heißt es:

"Die potentielle Strahlenexposition durch äußere γ-Strahlung aus abgelagerten Spaltprodukten liegt bei den genannten Ausgangsparametern für einen

Kühlmittelverluststörfall mit nachfolgendem Versagen des Sicherheitsbehälters teilweise erheblich über den Störfallrichtwerten der Strahlenschutznovelle, wenn man eine entsprechend lange Aufenthaltsdauer in diesem Gebiet voraussetzt."

Interessant und typisch ist der letzte Abschnitt im Textteil der Studie auf Seite 10, wo sich wie in allen solchen Studien die anscheinend obligatorische Aussage findet, daß die der Studie zugrundegelegten Annahmen durchwegs konservativ seien. In diesem Beispiel ist es besonders deutlich, daß diese Aussage falsch ist.

Solch ein Abschnitt findet sich am Schluß praktisch aller staatlichen oder industriellen Untersuchungen über die Auswirkungen von Kernenergieunfällen, egal, ob er wissenschaftlich berechtigt ist oder nicht. Er hat die Funktion der Möglichkeit einer Gewissensberuhigung bei Behördenvertretern oder sonstigen mit diesem Thema befaßten Personen.

Im folgenden sind die wichtigsten Seiten dieser Studie im Original abgedruckt.

INSTITUT FÜR REAKTORSICHERHEIT
DER TECHNISCHEN ÜBERWACHUNGS-VEREINE e.V.

ARBEITSBERICHT

RADIOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN MASSIVER SPALTPRODUKTFREISETZUNGEN AUS DRUCKWASSERREAKTOREN

Dr. D. Bachner, Dr. H.-G. Friederichs und G. Morlock

Anmerkung:

Der Inhalt dieses Arbeitsberichtes gibt vorläufige Arbeitsergebnisse wieder und gilt deshalb als vertraulich. Arbeitsberichte können nicht zitiert und dürfen nur mit Zustimmung des Verfassers weitergegeben werden.

Nummer 293 November 1976

5000 KÖLN 1 · GLOCKENGASSE 2 · TELEFON (02 21) 20 68-1 · TELEX 8 881 807 IRS D

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	1
2. Annahmen zum Störfall	1
3. Annahmen zum Standort und zur Ausbreitung	4
4. Ergebnisse und Diskussion	5
4.1 Inhalation und äußere Bestrahlung aus der Wolke	5
4.2 Äußere γ- Bestrahlung aus der Ablagerung	7
5. Literatur	11
Abbildungen	12
Tabellen	44
Verteiler	56

1. Einleitung

Mit Schreiben vom 17. Dezember 1975 /1/ wurde das IRS vom BMI beauftragt, eine Studie über die radiologischen Auswirkungen schwerer, hypothetischer Störfälle mit massiver Spaltproduktfreisetzung aus einem Druckwasserreaktor zu erstellen. Den Rechnungen wurde dabei ein Kühlmittelverluststörfall (doppelendiger Bruch einer Hauptkühlmittelleitung innerhalb des Sicherheitbehälters, der zum Verlust des Primärkühlmittels führt) zugrunde gelegt. Zusätzlich wurde noch ein teilweises Versagen (Leckage) des Sicherheitsbehälters angenommen. Der Analyse wurde ein Druckwasserreaktor mit einer thermischen Leistung von 2331 MW_{th} zugrunde gelegt.

Ziel der vorliegenden Studie war es, die potentielle Strahlenexposition außerhalb der Anlage durch

- Inhalation
- äußere Bestrahlung aus der Wolke

  und
- äußere γ- Bestrahlung aus den am Boden abgelagerten radioaktiven Schadstoffen

in Abhängigkeit von Zeit und Entfernung für verschiedene Randbedingungen darzustellen.

2. Annahmen zum Störfall

Ausgangspunkt der Rechnungen ist der Bruch einer Reaktorkühlmittelleitung innerhalb des Sicherheitsbehälters, der zum Verlust des Primärkühlmittels führt (Kühlmittelverluststörfall). Dieser Störfall gehört zu den Auslegungsstörfällen, d.h. die Anlage muß so ausgelegt sein, daß die Auswirkungen dieses Störfalls unter den in der Novelle der Strahlenschutzverordnung festgelegten Störfallrichtwerten bleiben. Das setzt die ordnungsgemäße Funktion einer Reihe von Sicherheitssystemen voraus. Bei Versagen eines oder mehrerer dieser Sicherheitssysteme können, wie entsprechende Analysen,z.B. /3/,ge

zeigt haben, die Auswirkungen wesentlich größer sein. Z.B. sind beim Kernschmelzen mit zusätzlichem Versagen des Sicherheitsbehälters Strahlenexpositionen in der Umgebung möglich, die um mehrere Größenordnungen über den Störfallrichtwerten liegen. Allerdings liegt die Eintrittswahrscheinlichkeit für diesen hypothetischen Störfall auch um mehrere Größenordnungen unter denen eines Auslegungsstörfalls.
Für die Planung von Notfallschutzmaßnahmen sind besonders wichtig solche Ereignisabläufe , bei denen massive Spaltproduktfreisetzung mit Auswirkungen über den Störfallrichtwerten zu erwarten sind und bei denen die Eintrittswahrscheinlichkeiten zwar im Rahmen eines Risikokonzeptes als tolerierbar gelten, für die aber Notfallschutzmaßnahmen vorgesehen werden müssen. Dazu gehört ein Kühlmittelverluststörfall mit Versagen, d.h. Leckage, des Sicherheitsbehälters. Dieser Ereignisablauf ist deshalb der vorliegenden Studie zugrundegelegt.

Zur Berechnung der Freisetzungsraten von radioaktiven Spaltprodukten aus dem Brennstab und dem Sicherheitsbehälter und für die Rückhaltefaktoren werden folgende Annahmen gemacht, wie sie heute in der Gutachtenspraxis im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren Stand der Praxis sind:

- Die Hüllen aller Brennstoffstäbe werden undicht. Die in den Spalten zwischen den Hüllen und dem Brennstoff enthaltenen Spaltprodukte werden in die Atmosphäre des Sicherheitsbehälters freigesetzt. Bezogen auf das Gesamtspaltproduktinventar werden aus den Brennstäben freigesetzt:

  10 % der Edelgase und Halogene
  5 % der flüchtigen Feststoffe
  0,1 % der übrigen Feststoffe

- Ablagerungen an Oberflächen, Auswaschung durch Kondensation des Wasserdampfes (z.B. durch die Gebäudesprühanlage) und ähnliche Effekte reduzieren die freigesetzten Anteile. Den in der Atmosphäre des Sicherheitsbehälters [illegible]

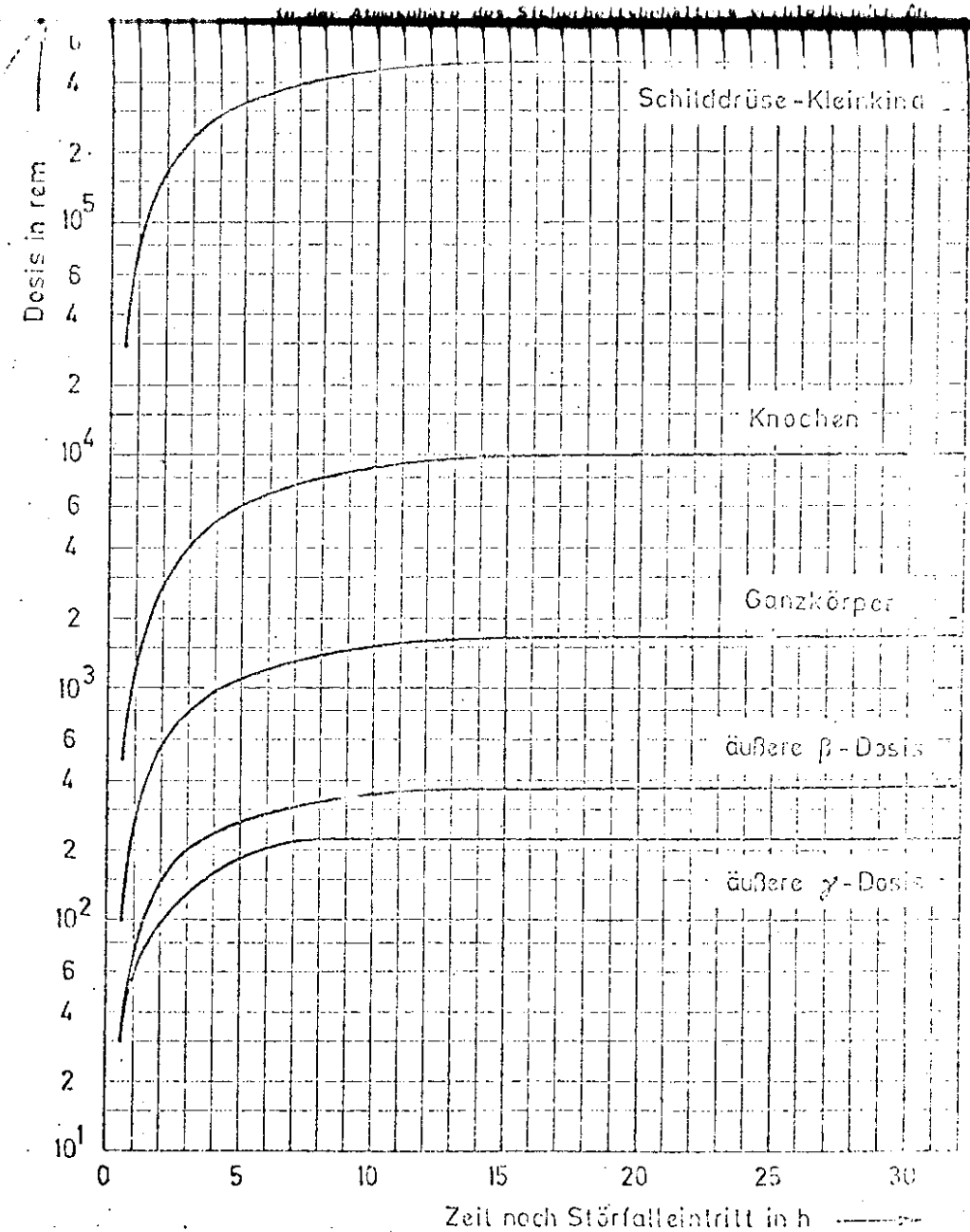
- 60 -

Sicherheitssystemen voraus. Bei Versagen eines oder mehrerer dieser Sicherheitssysteme können, wie entsprechende Analysen, z.B. /3/, ge

des Wasserdampfes (z.B. durch die Gebäudesprühanlage) und ähnliche Effekte reduzieren die freigesetzten Anteile. Den

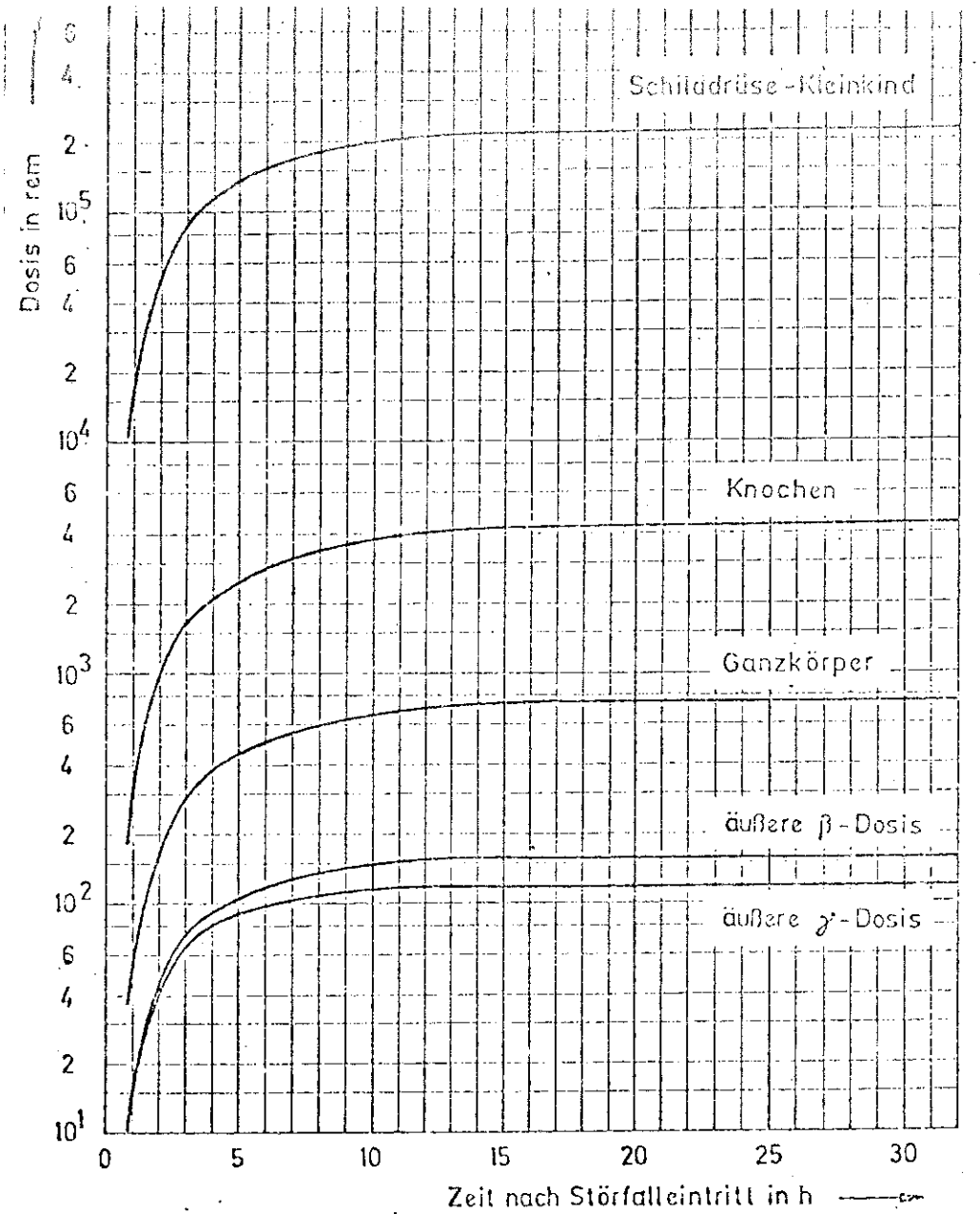
Die potentielle Strahlenexposition durch äußere γ - Strahlung aus abgelagerten Spaltprodukten liegt bei den genannten Ausgangsparametern für einen Kühlmittelverluststörfall mit nachfolgendem Versagen des Sicherheitsbehälters (Leckage) teilweise erheblich über den Störfallrichtwerten der Strahlenschutznovelle, wenn man eine entsprechend lange Aufenthaltsdauer in diesem Gebiet voraussetzt.

Abschließend muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß die der Analyse zugrunde gelegten Eingangsparameter durchweg konservativ sind. Auch wurden mögliche Maßnahmen, die zu einer Verzögerung und Reduktion der Freisetzung (z.B. Sprühsystem) oder einer Verringerung der Bestrahlung (z.B. Aufenthalt in Gebäuden) nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse zeigen aber, in welchen Entfernungen und zu welchen Zeiten nach Eintritt des hier betrachteten Störfalls bestimmte Notfallschutzmaßnahmen sinnvoll und notwendig sind.

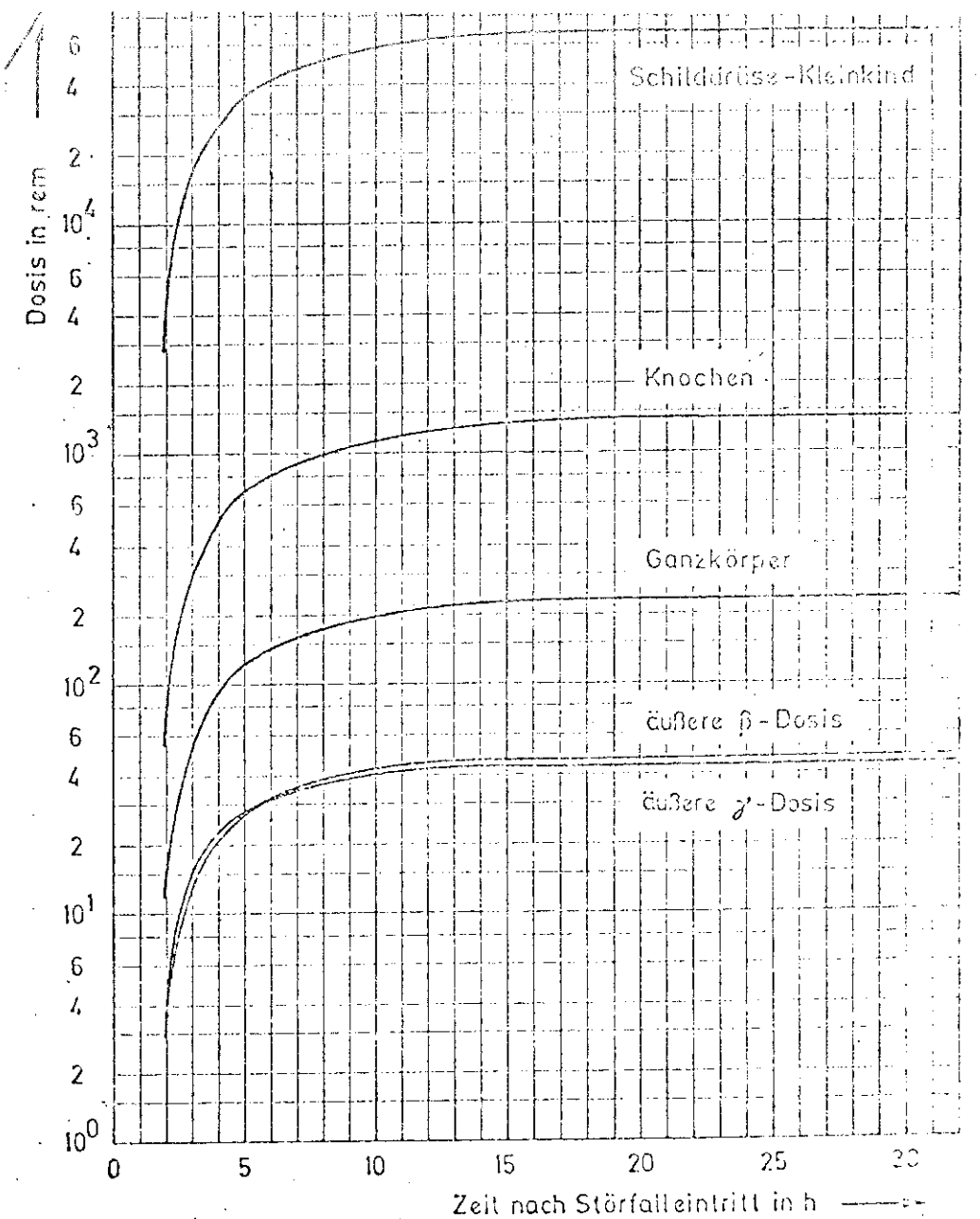


Leckagefaktor : 0,2 h^{-1}
Wetterlage : I(F) nach Forlak
Windgeschwindigkeit : 1 m/s
Entfernung : 1 km

Abb. 1



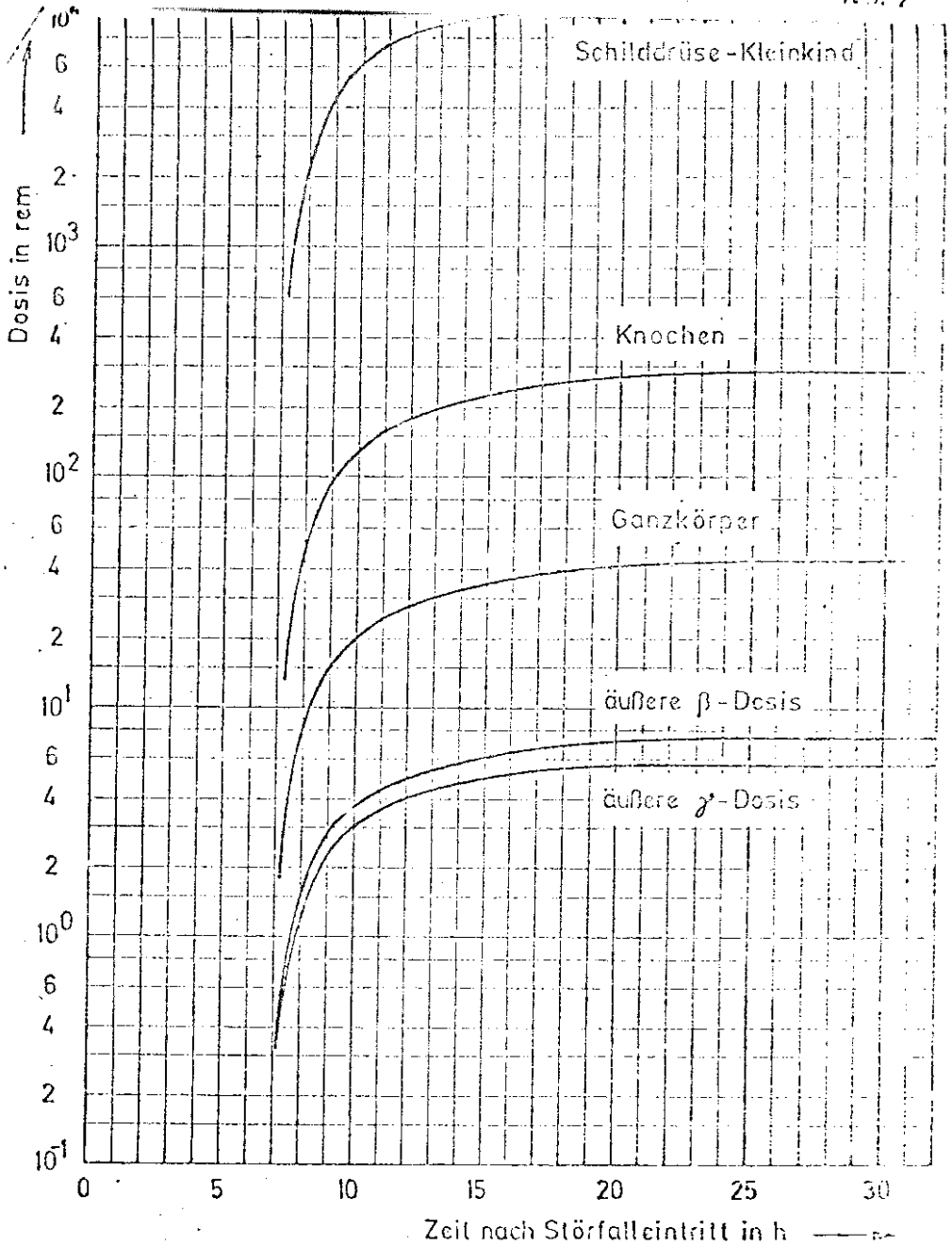
Leckagefaktor : 0,2 h^{-1}
Wetterlage : 1(F) nach Fortak
Windgeschwindigkeit : 1 m/s
Entfernung : 2 km



Leckagefaktor : 0,2 h^{-1}
Wetterlage : 1(F) nach Fortak
Windgeschwindigkeit : 1 m/s

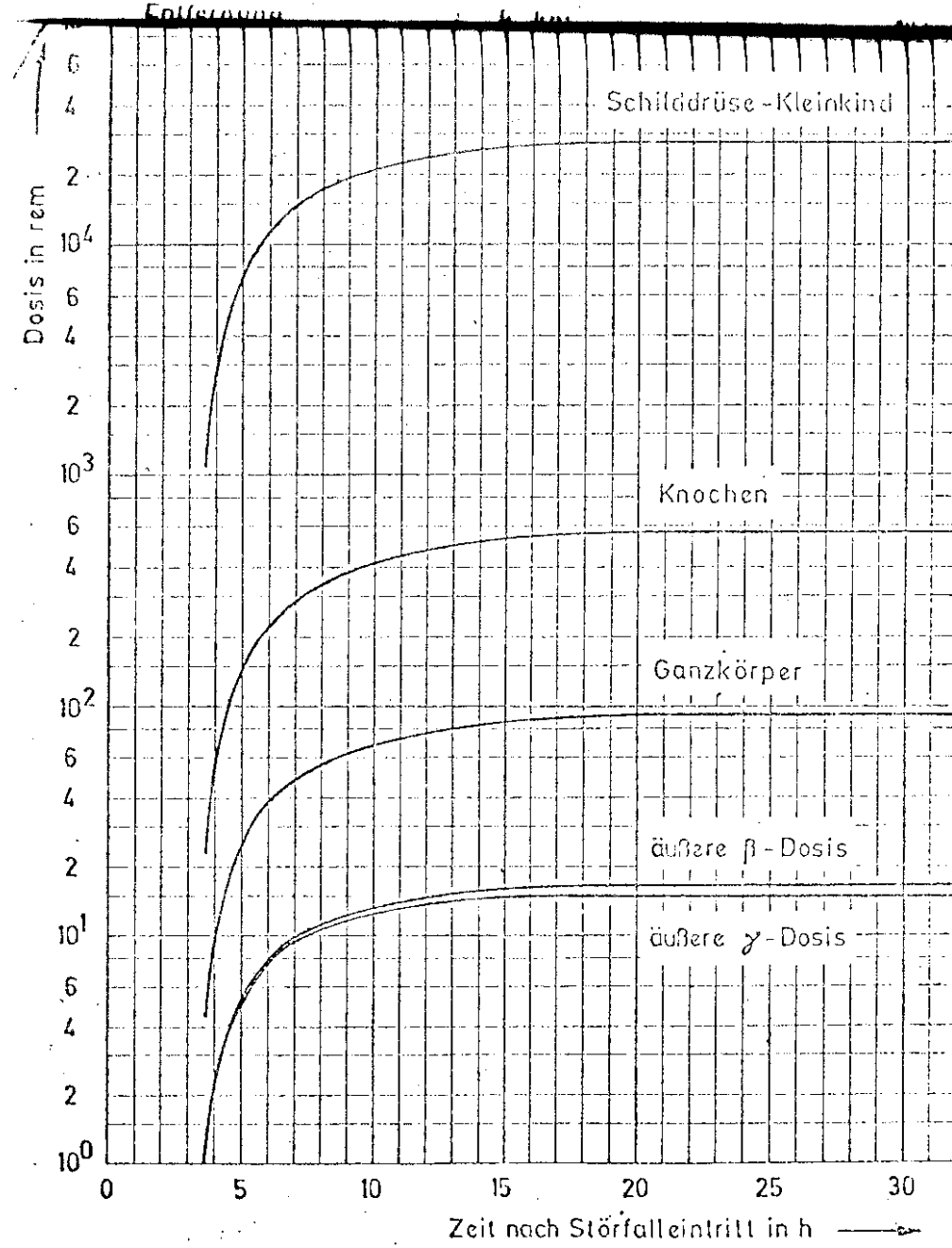
Windgeschwindigkeit : 1 m/s
Entfernung : 2 km

Abb. 2



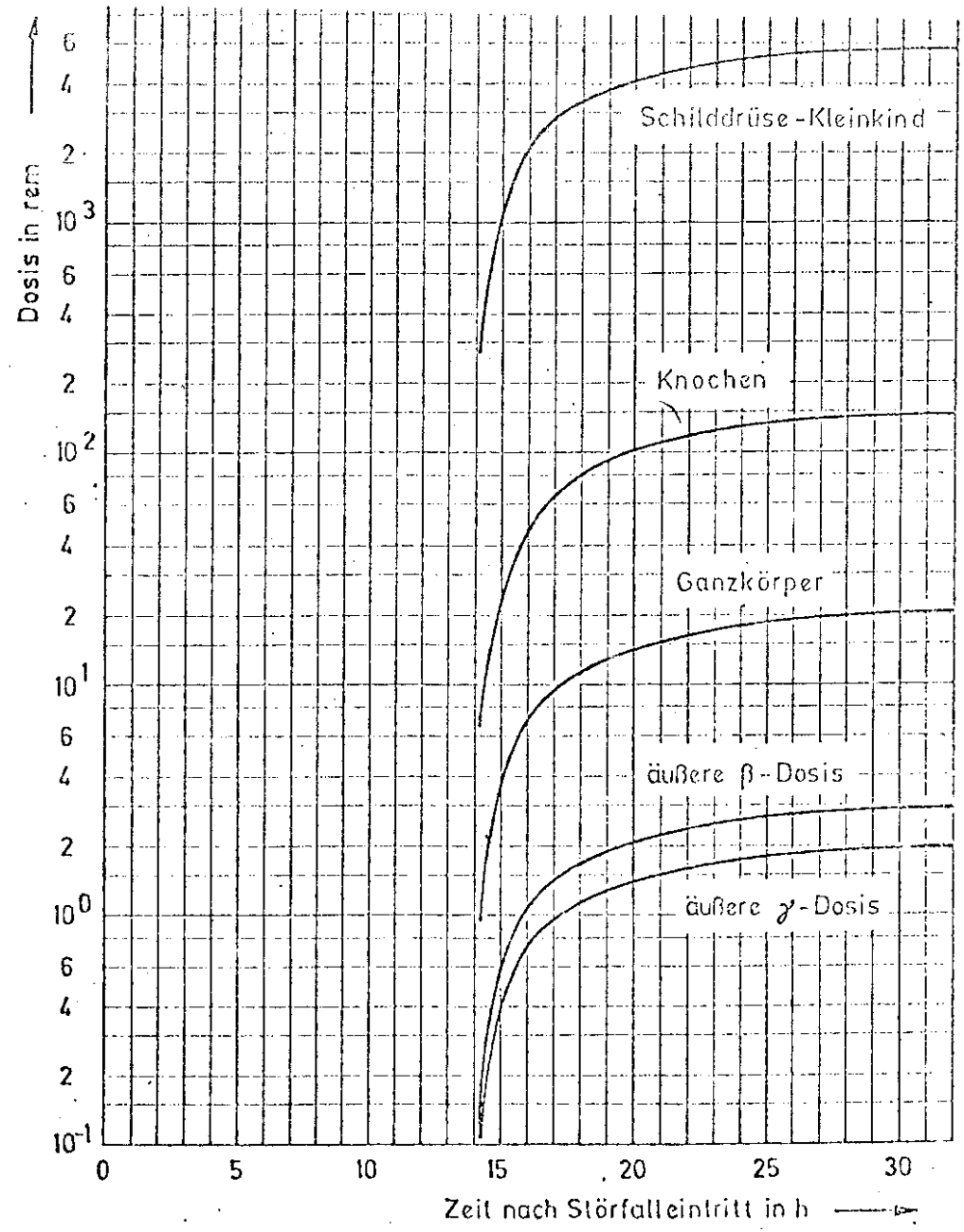
Leckagefaktor : 0,2 h^{-1}
Wetterlage : I(F) nach Fortak
Windgeschwindigkeit : 1 m/s
Entfernung : 20 km

Wetterlage : I(F) nach Fortak
Windgeschwindigkeit : 1 m/s
Entfernung : [illegible] km



Leckagefaktor : 0,2 h^{-1}
Wetterlage : I(F) nach Fortak
Windgeschwindigkeit : 1 m/s
Entfernung : 10 km

Abb. 4



Leckagefaktor : 0,2 h^{-1}
Wetterlage : 1(F) nach Fortak
Windgeschwindigkeit : 1 m/s

von Unterlagen: die Katastrophenschutzrichtlinien des Bundesinnenministeriums und Störfallunterlagen des Betreibers des Kernkraftwerkes. Die Katastrophenschutzrichtlinien des Bundesinnenministeriums enthalten lediglich Angaben darüber, bei welcher Strahlenbelastung welche Maßnahmen zu treffen sind; sie enthalten keinerlei Angaben darüber, welche Strahlenbelastungen nach einem Störfall in der Umgebung eines Kernkraftwerkes auftreten können.

Diese Informationen entnehmen die Dienststellen des Katastrophenschutzes direkt aus Unterlagen des Betreibers des Kernkraftwerkes. Die in dieser Broschüre des BBU abgedruckten Störfalluntersuchungen des Instituts für Reaktorsicherheit, die im Auftrag des Bundesinnenministeriums, also mit Steuergeldern, durchgeführt wurden, sind den amtlichen Dienststellen des Katastrophenschutzes nicht zugänglich!

Dementsprechend herrscht in den Amtsstuben der Behörden, die die Verantwortung für die Abwicklung des Katastrophenschutzes im Ernstfall tragen, völlige Unkenntnis über die tatsächlichen Auswirkungen eines großen kerntechnischen Unfalles.

Fassen wir zusammen:

Diejenigen Behörden, die für die Planung und Durchführung des Katastrophenschutzes die Verantwortung tragen, werden von übergeordneten Behörden und behördlichen Institutionen bewußt getäuscht.

1. Die IRS-Studie Nr. 290 "Untersuchungen zum Vergleich größtmöglicher Störfallfolgen in einer Wiederaufarbeitungsanlage und in einem Kernkraftwerk", die die Folgen eines großen Unfalles in einer kerntechnischen Anlage realistisch untersucht, wird mit äußerster Sorgfalt geheimgehalten. Es steht behördenintern noch nicht einmal zur Diskussion, diese Studie an für den Katastrophenschutz zuständige Behörden weiterzugeben.

2. Stattdessen wird eine zweite Studie in Auftrag gegeben und durchgeführt, die durch die Wahl außerordentlich optimistischer Freisetzungsraten zu um den Faktor 1000 geringeren Störfallfolgen kommt. Hier steht zur Diskussion, diese Studie auf dem Dienstweg an andere Behörden weiterzugeben.

3. Die Diskussion dieser zweiten Studie in den dafür zuständigen Gremien der Strahlenschutzkommission und des Länderausschusses für Atomkernenergie führt zu dem Entschluß, diese zweite Studie an untergeordnete Behörden nicht weiterzugeben, da ein Katastrophenschutz für die darin untersuchten Störfallfolgen wirtschaftlich nicht vertretbar sei und die in der Studie dargestellten Störfallfolgen zu gravierend seien, um sie untergeordneten Behörden zur Kenntnis zu geben.

Diese für einen normalen Bürger unfaßbare Situation vollzieht sich hinter den Kulissen der Behördenbürokratie. Die daran Beteiligten zeigen fast immer Angst, darüber zu sprechen oder verweisen auf die ihnen auferlegte Pflicht zur Wahrung von Amtsgeheimnissen.
Diejenigen, die Verantwortung zu tragen haben, erhalten keine relevanten Informationen. Diejenigen, die die Informationen besitzen, tragen keine Verantwortung.
Diejenigen Behörden, die direkt für das wohl größte Problem der Kernenergie zuständig sind, für den Katastrophenschutz bei großen kerntechnischen Unfällen, werden zum Handlanger einer Entwicklung gemacht, gegen die sie sich sowohl aufgrund der fehlenden Informationen als auch aufgrund der behördlichen Strukturen nicht wehren können.
Wir erinnern uns, daß wir eine ähnliche Entwicklung in der deutschen Geschichte schon einmal hatten.

Konsequenzen:

?

Jeder von uns trägt mit Verantwortung für das, was von Politikern oder Behörden in unserem Namen, " im Namen des Volkes ", entschieden wird.

Wenn uns falsche Entscheidungen von solcher Tragweite aufgezwungen werden sollen, müssen wir unsere Verantwortung wahrnehmen und gemeinsam, jeder an seiner Stelle, Widerstand leisten.

Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V.

A N H A N G (Januar 1978)

Reaktion auf die Veröffentlichung der IRS-Studien

Die beiden geheimen IRS-Studien über die Auswirkungen von Unfällen in Wiederaufarbeitungsanlagen und Kernkraftwerken wurden vom BBU auf einer Pressekonferenz am 12. Januar 1977 der Öffentlichkeit vorgelegt. Daraufhin begann die in solchen Fällen schon fast obligatorische Abwiegelungsstrategie mit Dementies, Versuchen, den Sachverhalt herunterzuspielen und zu verharmlosen und, falls dies nichts hilft , mit massiven Angriffen. Versuchten die zuständigen Beamten der Bundesregierung am 11. Januar nach einer Vorveröffentlichung des BBU und des STERN noch, die Existenz der beiden Studien abzustreiten, sahen sie bald ein, daß dieses Manöver nicht durchzuführen war, da die Studien im Besitz des BBU waren, der sie den Journalisten vorlegte.
In einem zweiten Anlauf behauptete das Bundesinnenministerium, die Studien seien "überhaupt nicht geheim gewesen." "Es habe niemals die Absicht bestanden, die Schriftstücke geheimzuhalten." Selbst wenn dies so wäre (es war nicht so), könnte dies am Ergebnis der Studie natürlich nichts ändern. Der "Sinn" einer solchen Diskussion, ob geheim oder nicht geheim, besteht vielmehr in dem Versuch, von dem Inhalt und den Ergebnissen der Studien abzulenken.
Daß auch das zweite Argument des Bundesinnenministeriums nach dem Versuch, die Existenz der Studien ganz abzustreiten, eine Lüge war, bestätigte sogar der Mitgeschäftsführer des Instituts für Reaktorsicherheit, Dr. Kellermann:

> Den Vorwurf der Öffentlichkeitsfeindlichkeit will das Innenministerium nicht auf sich sitzen lassen. Ein Sprecher erklärte, es habe nie die Absicht bestanden, die Schriftstücke geheim zu halten. Allerdings sollten sie zunächst erst einmal ausgewertet werden. Dr. Kellermann dagegen, Mitgeschäftsführer der Kölner Forschungsstätte, sieht diesen Punkt anders: Es sei ein durchaus übliches Verfahren, derartige Studien ausschließlich zum Dienstgebrauch anzufertigen. „Ohne den Vorstoß des Bundesverbandes der Bürgerinitiativen", so Kellermann, „wären diese Papiere wohl nie bekannt geworden."

(Badische Neueste Nachrichten, 13. 1. 1977)
Nachdem auch diese zweite Strategie fehlschlug, ging das Bundesinnenministerium zum verbalen Großangriff über:

"Die Äußerungen des Bundesverbandes Bürgerinitiativen Umweltschutz (BBU) zu einer angeblich geheimen Studie des Bundesinnenministeriums über die Gefährlichkeit einer geplanten Wiederaufarbeitungsanlage

für ausgebrannte Reaktorstäbe bezeichnete der Parlamentarische Staatssekretär im Innenministerium, Gerhart Baum (FDP), am Donnerstag in Bonn als "bewußte Irreführung der Öffentlichkeit und unverantwortliche Panikmache" ". (Frankfurter Rundschau, 14. 1. 1977)

Auf diese Strategie nach dem Motto "Haltet den Dieb!" fielen prompt eine Reihe von Journalisten herein und schimpften in Kommentaren auf den BBU ob seiner"unverantwortlichen Panikmache". (Ein Merksatz der Psychologie lautet: Eine Lüge ist um so schwerer durchschaubar, je größer sie ist und je vehementer sie vorgetragen wird. Denkschema hier: 'Das Bundesinnenministerium würde doch einen solch massiven verbalen Angriff auf den BBU nicht loslassen, wenn es dazu nicht einen besonderen Grund hätte.' (?!))

Die Mehrzahl der Journalisten jedoch, darunter die, die die Broschüre erhalten hatten, durchschauten das Manöver und berichteten objektiv. Bereits nach zwei Monaten war die erste Auflage der BBU-Broschüre von 15 000 Exemplaren vergriffen. Interessant war, daß erstaunlich viele Vertreter von Gutachtergremien, Behörden und Verwaltungen durch den BBU die Studien bezogen, die ihnen auf dem Dienstweg vorenthalten worden waren.

In der Zwischenzeit hatte das Bundesinnenministerium dem Institut für Reaktorsicherheit den Auftrag erteilt, den 'Arbeitsbericht Nr. 290' "zu überarbeiten". Diese "Überarbeitung" dauerte länger als 10 Monate. Sie wurde Ende November 1977 von der"Gesellschaft für Reaktorsicherheit mit beschränkter Haftung", der Nachfolgerin des Instituts für Reaktorsicherheit, vorgelegt. Sie besteht aus einem Papier von 21 Seiten mit dem Titel

"Untersuchungen zum Vergleich größtmöglicher Störfallfolgen in einer Wiederaufarbeitungsanlage und in einem Kernkraftwerk. (Kritische Anmerkungen zum Arbeitsbericht AB 290.) "

Da dieses Papier als"Nachfolgestudie" des Arbeitsberichtes Nr. 290 in einer größeren Auflage verbreitet werden soll, sei hier näher darauf eingegangen.

Zusammenfassend besteht die Argumentation darin,

a) daß die im AB-290 untersuchten Störfälle in einer Wiederaufarbeitungsanlage nicht passieren können und deshalb eine Untersuchung der Störfallfolgen unnötig ist

b) daß auch der bei einem Kernkraftwerk untersuchte Störfall "so unwahrscheinlich ist, daß er auszuschließen ist." Darüber hinaus seien bei genauer Untersuchung die Störfallfolgen bei einem Kernkraftwerksunfall wesentlich geringer als im AB-290 ausgerechnet.

Bereits ohne auf technische Gesichtspunkte einzugehen, läßt sich schon bei oberflächlicher Betrachtung feststellen, daß das Papier keine wissenschaftliche Untersuchung, sondern eine psychologisch raffinierte, wenn auch nicht allzu schwer zu durchschauende Propagandaschrift darstellt.

1. Der ursprüngliche AB-290 untersuchte für eine Wiederaufarbeitungsanlage 3 Störfälle (AB-290, S. 2).

   Fall 1: Das Versagen der Kühlung im Konzentratbehälter einer WAA

   Fall 2: Das Versagen der Kühlung im Brennelementeingangslager einer WAA

   Fall 3: Das Auslaufen des Kühlmittels eines Brennelementeingangslagers einer WAA.

Wichtiges Ergebnis war, daß folgende Zeiten zwischen Störfalleintritt und katastrophaler Freisetzung von Radioaktivität bestehen:

Fall 1: 42,5 Stunden

Fall 2: 240 Stunden = 10 Tage

Fall 3: 6,4 Stunden.

Dazu führen die"kritischen Anmerkungen zum AB-290" nun aus (S. 9):

"Es stehen also 10 bzw. 2 Tage zur Verfügung, um die vergleichsweise geringen Wassermengen zum Verhindern des Schmelzens einzuspeisen. Aus diesem Grunde kann ein Schmelzunfall für das Brennelementbecken und den HAW-Behälter ausgeschlossen werden, da die eventuell erforderlichen Notmaßnahmen einfach zu realisieren sind."

Diese Argumentation wird auf den 21 Seiten des Papiers ganze 11-mal wiederholt. 11 mal wird dabei verschwiegen, daß in dem Nachfolgepapier nur noch die Fälle 1 und 2, nicht mehr jedoch Fall 3, wo durch das Auslaufen des Kühlmittels die Zeit bis zur Freisetzung der Radioaktivität stark verringert wird, betrachtet wurden. 11 mal wird dabei weiter verschwiegen, daß lediglich der normale technische Ausfall der Kühlung unterstellt wurde, alle die einen eventuellen Unfallablauf verschlimmernden Faktoren jedoch nicht berücksichtigt wurden, die in der BBU-Broschüre in dem Kapitel "Realistische Annahmen?" auf den Seiten 28 bis 35 dargestellt wurden. (U.a. Knallgasexplosionen, Dampfexplosionen, Sabotage- und

Terrorakte, Kriegseinwirkungen). Es fällt weiter auf, daß in dem Nachfolgepapier die BBU-Broschüre mit den Erläuterungen und Kommentaren zu den IRS-Studien mit keinem einzigen Wort erwähnt und somit auch keine der in der BBU-Broschüre enthaltenen Aussagen widerlegt wird.

2. Ähnlich sieht es bei dem Kernkraftwerksunfall aus. Auf den 10 Seiten, die auf Kernkraftwerksunfälle eingehen, wird insgesamt 5 mal die Aussage wiederholt:

   "Bei Störfallanalysen für ein Kernkraftwerk im Rahmen des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens wird ein Kühlmittelverluststörfall mit anschließendem Kernschmelzen nicht betrachtet, da die Eintrittswahrscheinlichkeit für eine solche Ereigniskombination so niedrig liegt, daß man sie ausschließen kann." (S. 1) (Unterstreichungen d.PBU)

Für wie dumm halten eigentlich Herr Professor Birkhofer und Herr Kellermann, die das Nachfolgepapier unterzeichnet haben, den deutschen Bürger? In dieser Aussage, die das Hauptargument des Nachfolgepapiers darstellt, sind die einfachsten Regeln der Logik verletzt. Entweder hat ein Ereignis eine geringe Eintrittswahrscheinlichkeit, dann kann dieses Ereignis nicht ausgeschlossen werden, dann kann es, wenn auch mit einer geringen Wahrscheinlichkeit, eintreten. Wenn ein Ereignis ausgeschlossen werden kann, so liegt seine Eintrittswahrscheinlichkeit nicht "niedrig", sondern bei Null. Ein Ereignis mit einer "niedrigen Eintrittswahrscheinlichkeit" kann nach den Regeln der Logik nicht ausgeschlossen werden: es kann im Prinzip bereits morgen eintreten.
Gleichzeitig offenbart diese Aussage des Nachfolgepapiers das, was Bürgerinitiativen immer behauptet haben und was allzuoft abgestritten wurde: daß diese Störfälle, die zu einer katastrophalen Freisetzung von Radioaktivität führen (hier der Kühlmittelverluststörfall mit anschließendem Kernschmelzen) "im Rahmen des atomrechtlichen Genehmigungsverfahrens nicht betrachtet" werden.
Angaben über die tatsächlichen Wahrscheinlichkeiten für einen solchen Unfall finden sich in der BBU-Broschüre auf den Seiten 53 bis 54.

Obwohl bereits die auf jeder zweiten Seite wiederholten Hauptaussagen des Nachfolgepapiers grundlegend falsch sind, sei dennoch auf die weiteren Einzelheiten der Argumente eingegangen.

3. Auf Seite 2 des Nachfolgepapiers wird der Eindruck erweckt, der AB-290 sei von unrealistischen Grunddaten ausgegangen:
"Zwischenzeitlich liegt ein umfangreicher Zwischenbericht für das geplante nukleare Entsorgungszentrum (NEZ) vor. Die Daten des NEZ unterscheiden sich wesentlich von den im Arbeitsbericht 290 zugrunde gelegten fiktiven Daten für eine Wiederaufarbeitungsanlage." (S. 2)

Obwohl unausgesprochen, wird beim Leser der Eindruck erweckt, der AB-290 hätte überkonservative Daten benutzt. Erst bei genauem Vergleich mit der Tabelle auf S. 7 des Nachfolgepapiers ergibt sich, daß die tatsächlichen Daten des von der DWK (Deutsche Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH) geplanten Brennelementlagerbeckens in Gorleben in den entscheidenden Faktoren noch wesentlich ungünstiger sind als die Annahmen des AB-290. So beträgt die Zahl der eingelagerten Brennelemente 6 544 (geplant) im Vergleich zu 1 400 (AB-290). Trotz einer etwa doppelten Abklingzeit der Brennelemente beträgt die Nachwärmeleistung tatsächlich 31 MW pro Lagerbecken im Vergleich zu 25,4 MW, die im AB-290 angenommen wurden. Die Dicke der Wasserschicht über den Brennelementen, die unter anderem die Zeit bis zum Verdampfen des Kühlmittels bestimmt, ist in der Tabelle auf Seite 7 irreführend angegeben. Für AB-290 sind als "zur Verfügung stehende Höhendifferenz für die Verdampfung" 10 m, für das NEZ 10,5 m angegeben. Damit wird der Eindruck erweckt, die Schutzwasserschicht beim NEZ sei in Wirklichkeit höher als im AB-290 angenommen. Bei genauer Betrachtung ergibt sich jedoch, daß die 10 m des AB-290 "bis Kernoberkante" gehen, während die 10,5 m des NEZ "bis Kernmitte" gelten. Da die Brennelemente 5 m lang sind, stehen statt der im AB-290 angenommenen 10 m Schutzwasserschicht tatsächlich nur 8 m zur Verfügung.

4. Während für die Wiederaufarbeitungsanlage keine Unfallauswirkungen mehr ausgerechnet werden, werden im Falle des Kernkraftwerkes "die radiologischen Auswirkungen eines extrem unwahrscheinlichen Kernschmelzunfalls" nach dem für die deutsche Reaktorsicherheitsstudie "ausgewählten Unfallfolgenmodell" dargestellt. (S. 18)

Trotz starker Bemühungen, niedrige Strahlenbelastungen auszurechnen, ergeben sich dennoch, wie auf Seite 18 ausgeführt, in einem solchen Fall tödliche Strahlenbelastungen bis in eine Entfernung von 12 bis 20 km vom

Kernkraftwerk. Ein wesentlicher Mangel liegt darin, daß die in die Rechnung eingehenden Faktoren in dem Nachfolgepapier nicht angegeben werden. Insofern ist auch eine Überprüfung der Rechnung nicht möglich. Aus den angegebenen Annahmen läßt sich jedoch erahnen, wie optimistisch gerechnet wurde.

Auf den Seiten 19 und 20 ist ausgeführt, daß die angegebenen Grenzradien für Mortalität (12 bis 20 km) nur für "frühe Mortalität" gelten. Die Gebiete , in denen die Menschen damit getröstet werden können, daß sie nicht "früh", sondern erst später sterben werden, gehen also auf alle Fälle über die angegebenen Radien von 12 bis 20 km hinaus. Weiter ist ausgeführt:

> "... wurden für die genannten Randbedingungen die Knochenmarkdosis durch Inhalation für eine Integrationszeit von 30 Tagen, die Strahlenexposition des Gesamtkörpers durch äußere Bestrahlung aus am Boden angelagerten Spaltprodukten für eine Aufenthaltszeit von 24 Stunden und die resultierende Summenkurve berechnet." (S. 19)

Daraus geht hervor, daß außerordentlich optimistische Annahmen getroffen wurden und wesentliche Strahlenbelastungen überhaupt nicht berechnet wurden.

a) Die Knochenmarkdosis entsteht vor allem durch das Spaltprodukt Strontium 90. Dieses bleibt, wenn es inhaliert wurde, mit einer Halbwertzeit von etwa 7 200 Tagen im Knochen. Da nur für eine Zeit bis 30 Tage nach dem Störfall gerechnet wurde, ergibt sich eine eklatante Unterschätzung der tatsächlichen Strahlenbelastung des Knochenmarks. (Die Knochenmarkbelastung ist besonders wichtig, da das Knochenmark als blutbildendes Organ sehr strahlenempfindlich ist.)

b) Die Strahlenbelastung des Gesamtkörpers wurde nur durch äußere Bestrahlung aus am Boden angelagerten Spaltprodukten berechnet. Völlig unberücksichtigt blieb die Strahlenbelastung aus der vorbeiziehenden radioaktiven Wolke und die Ganzkörperstrahlenbelastung durch Inhalation radioaktiver Stoffe.

c) Auf Seite 20 wird der Eindruck erweckt, durch Notfallschutzmaßnahmen ließen sich die errechneten Strahlenbelastungen reduzieren. Auch dies ist, wie vieles andere, eine Irreführung. Notfallschutzmaßnahmen sind in der Berechnung bereits voll berücksichtigt worden, da die Ganzkörperstrahlenbelastung durch äußere Bestrahlung aus am

Boden angelagerten Spaltprodukten nur für eine Aufenthaltszeit von 24 Stunden (!) errechnet wurde. Mit anderen Worten: es wurde angenommen, daß die gesamte Bevölkerung innerhalb von 24 Stunden das radioaktiv verseuchte Gebiet vollständig (und für immer) verlassen hat.

Zum Schluß des Papiers findet sich wie in jedem der "Gutachten" der Gesellschaft für Reaktorsicherheit, wie optimistisch und falsch die zugrundegelegten Annahmen auch sind, der obligatorische Satz:

"An dieser Stelle soll nochmals auf die auch für die neuen Rechnungen benutzten konservativen Randbedingungen hingewiesen werden. Die berechneten Dosen sind nicht geeignet, Aussagen über das Risiko von Kernenergieanlagen zu machen."

Dies ist wohl einer der besorgniserregendsten Aspekte der Kernenergie überhaupt: daß diejenigen, die sie durchsetzen wollen, die Ebene der Wahrheit verlassen und permanent mit Unwahrheiten, Irreführungen und Verdrehungen der Wahrheit arbeiten müssen. Dies geschieht, wie an dem Beispiel der IRS-Studien mit erschreckender Deutlichkeit sichtbar wird, häufig unter dem Schein der Wissenschaftlichkeit, in der Rolle von Sachverständigengutachten und Studien. Wissenschaft genießt in unserer Gesellschaft das höchste Ansehen. Sie ist deshalb besonders gefährdet, mißbraucht zu werden und bei bestimmten industriellen Entwicklungen eine Prostituiertenfunktion zu erfüllen. Indes, es ist nicht die Wissenschaft als solche, es sind einzelne Wissenschaftler oder wissenschaftliche Institutionen, die derlei Funktionen ausüben.

Aber es ist erforderlich.Es ist erforderlich, damit Kernkraftwerke gebaut werden können. Damit die Kernenergiewirtschaft die Verantwortung an die Genehmigungsbehörden abgeben kann. Damit die Genehmigungsbehörden die Verantwortung an die Politiker, die die Gesetze machen, weitergeben können. Damit die Politiker die Verantwortung an die "Sachverständigen" weitergeben können.

Und die Verantwortung der Sachverständigen? Es waren "Sachverständige", die im Auftrag des Bundesinnenministeriums das Nachfolgepapier zum AB-290 erstellten und als "wissenschaftliche Untersuchung" darstellten.

Auch dies ist einer der besorgniserregenden Aspekte der Kernenergie.

Der AB-290 und sein Nachfolgepapier können (kostenlos) bei der "Gesellschaft für Reaktorsicherheit mit beschränkter Haftung", Glockengasse 2, 5000 Köln 1 bestellt werden.

Der Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. hat über die Möglichkeiten von Alternativen zur Kernenergie folgende 4-seitige Informationsblätter erstellt:

Nr. A 1: "Energie und Haushalt. Tips zum Energiesparen"

Nr. A 2: "Energiesparen durch bessere Isolierung"

Nr. A 3: "Sonnenenergie"

Nr. A 4: "Windenergie"

Nr. A 5: "Bio-Gasgewinnung aus der Landwirtschaft"

Nr. A 6: "Vernünftige Energiepolitik?"

Über die Kernenergie erstellte der BBU folgende "Informationen zur Kernenergie":

Nr. K 1: "Bisher 16 000 Wissenschaftler fordern Baustopp..."

Nr. K 2: "Standorte für Kernkraftwerke"

Nr. K 3: "Radioaktivität und Gesundheit"

Nr. K 4: "Radioaktivität und Umwelt"

Nr. K 5: "Unfallrisiken von Atomkraftwerken"

Nr. K 6: "Abwärmeprobleme von Kraftwerken"

Nr. K 7: "Wohin mit dem Atommüll?"

Nr. K 8: "Die Atomenergiepropaganda"

Nr. K 9: "Atomkraftwerke gefährden Arbeitsplätze"

Nr. K 10: "Atomenergie und die Zukunft unserer Gesellschaft"

Nr. K 11: "KKW - Katastrophenplan"

Nr. K 12: "Die Wiederaufarbeitung als Tor zur Plutonium-Technologie"

Sie können diese Informationsblätter zum Preis von 20 Pfg./Stück + Porto, ab 40 Stück 12 Pfg./Stck. + Porto, ab 400 Stück (gesamt) zum Selbstkostenpreis von 8 Pfg./Stck. + Porto anfordern beim BBU-Info-Versand, Horstackerstr. 24, 6700 Ludwigshafen/Rhein.

Kleine Beträge (bis ca. DM 5.-) bitte in Briefmarken mitschicken, größere bitte überweisen auf Konto Nr. 501 965 (BBU-Info-Versand) bei der Stadtsparkasse 6700 Ludwigshafen.
(PSchKt. der Stadtsparkasse: Nr. 1175-679 / PSchA. Ludwigshafen)

Helfen Sie mit, diese Informationen zu verbreiten.

Sie können diese Broschüre zum Preis von DM 5.- plus Porto DM 1.- bei Einzelexemplaren, ab 10 Stück zum Preis von DM 3,50 plus Porto bestellen beim BBU - Info - Versand, Horstackerstraße 24, 6700 Ludwigshafen