

To Whom it may concern: dies ist die ERSTE Seite einer Studie von 1975, welche mich mit ihrem FAZIT zum Kritiker der nuklearen Energieform gemacht hat.

Fachgebiete in Jahresübersichten

Die Strahlenbelastung durch aus Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen freigesetzte Radionuklide

Von Hans Bonka, Aachen, und Kurt-Jürgen Vogt, Jülich

DK 614.876:621.039.58(047.1)

1 Einleitung

Beim Betrieb von Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen läßt sich trotz des Einsatzes aufwendiger Einrichtungen zur Rückhaltung oder Verzögerung radioaktiver Stoffe die Freisetzung von Radionukliden in die Umgebung nicht vollständig verhindern. Die freigesetzten Aktivitäten sind jedoch üblicherweise so gering, daß die daraus folgenden Umweltkontaminationen und Strahlenbelastungen sich mit den nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zur Verfügung stehenden Routinemethoden gegenüber der natürlichen Umweltkontamination und Strahlenexposition nicht nachweisen lassen. Man ist daher bei der Beurteilung radioaktiver Emissionen für die Umwelt auf rechnerische Methoden angewiesen, die heute so weit entwickelt sind, daß sich aus den gemessenen Emissionsmengen über die Ausbreitungsrechnung die Strahlenbelastung von Bevölkerungsgruppen über die Hauptbelastungspfade mit hinreichender Genauigkeit berechnen läßt [1 bis 3].

2 Mittlere Freisetzungsraten radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen

Über die wichtigsten Radionuklide, die als Spalt- und Aktivierungsprodukte aus Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen in die Umgebung freigesetzt werden, sowie über ihre charakteristischen Freisetzungsraten wird in [4 bis 22] berichtet.

Die letzte Jahresübersicht dieser Thematik erschien in VDI-Z Bd. 115 (1973) Nr. 6, S. 455/58.

Dipl.-Ing. Dr. rer. nat. *Hans Bonka* ist Akademischer Oberrat am Lehrstuhl für Reaktortechnik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Dipl.-Phys. Dr.-Ing. *Kurt-Jürgen Vogt* ist Leiter des Sachgebiets Umweltschutz in der Zentralabteilung Strahlenschutz der Kernforschungsanlage Jülich.

Bild 1 zeigt als Beispiel den Weg der Radionuklide aus einem Kernkraftwerk mit einem Druckwasserreaktor. Über den Schornstein werden Radionuklide aus der Abgasanlage, dem Kondensator sowie der Lüftungsanlage für die Betriebsräume, die Anlagenräume und das Reaktorhilfsanlagengebäude abgegeben. In die Flüsse gelangen Radionuklide aus dem Sumpfwasser, dem Dekont- und Laborwasser sowie der Primärwasserreinigungsanlage. Die durchschnittlichen jährlichen Abgaberraten der wichtigsten Radionuklide für ein Kernkraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 1 300 MW sind angegeben.

Den Weg der Radionuklide aus einer Wiederaufarbeitungsanlage für metallumhüllte Brennelemente zeigt Bild 2. Über den Schornstein werden Radionuklide aus der Abgasreinigungsanlage der Auflösestufe und der Lüftungsanlage für die Extraktionsräume abgegeben. In die Flüsse dürften bei der ersten großen Wiederaufarbeitungsanlage in der Bundesrepublik Deutschland praktisch keine Radionuklide gelangen. Wiederaufarbeitungsanlagen wird man in der Nähe von Salzstöcken errichten, um am gleichen Ort die Endbeseitigung des ra-

dioaktiven Abfalls vornehmen zu können. Hier gibt es keine Flüsse mit nennenswertem Verdünnungswasser. Die durchschnittlichen Abgaberraten der wichtigsten Radionuklide mit der Abluft für eine Anlage zur Wiederaufarbeitung von Leichtwasserreaktor-Brennelementen für eine elektrische Vollleistung von 50 000 MW (etwa 1800 t Brennstoff je Jahr), sind ohne Berücksichtigung einer Tritium (H 3)- und Kr 85-Abscheidungsanlage angegeben. Die Abklingzeit der Brennelemente wurde zu 180 Tagen angenommen. Der angegebenen J 129- und J 131-Abgabe liegt ein Abscheidungsgrad von 99,9% zugrunde. Die Anlagen zur Kr 85- und Tritium-Abscheidung sind gestrichelt eingezeichnet. Sie müssen für die erste Großanlage in der Bundesrepublik Deutschland so ausgelegt werden, daß mit ihnen ein Rückhaltfaktor von etwa 99% erreicht wird. Anschließend ist eine kontrollierte Endlagerung, zum Beispiel Kr 85 in der Tiefsee und Tritium fein verteilt in den Weltmeeren, notwendig.

Die ungefähren Freisetzungsraten der wichtigsten Radionuklide mit der Abluft aus den verschiedenen Kernkraftwerkstypen und Wiederaufarbeitungsanlagen

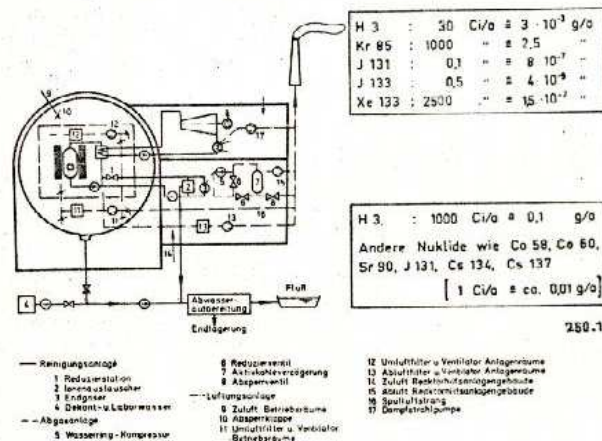
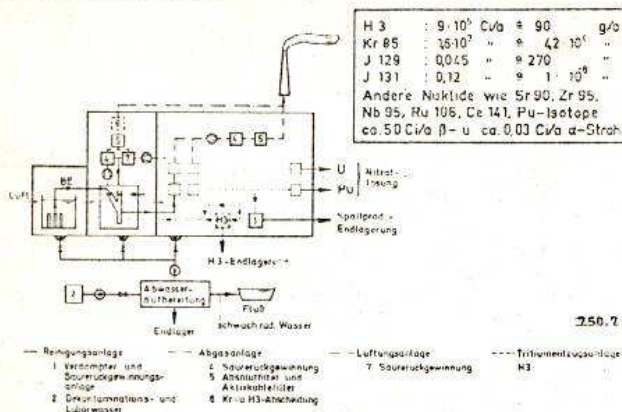


Bild 1. Freisetzung radioaktiver Stoffe aus Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren.

Den angegebenen Werten entsprechen ungefähre Abgaben eines Kernkraftwerks mit einer elektrischen Leistung von 1 300 MW.

Bild 2. Freisetzung radioaktiver Stoffe aus Wiederaufarbeitungsanlagen für metallumhüllte Brennstoffe. Den angegebenen Werten entsprechen ungefähre Abgaben einer Wiederaufarbeitungsanlage für Leichtwasserreaktor-Brennelemente, bezogen auf eine elektrische Leistung von 50 000 MW ohne Kr- und H 3-Abscheidung.



Tafel 1. Freisetzungsraten radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre für Kernkraftwerke und Wiederaufarbeitungsanlagen, die für eine elektrische Leistung von 1 300 MW beziehungsweise von 50 000 MW ausgelegt sind; Freisetzungsraten in Ci/a. Es gilt: werte in (...) beziehen sich auf KKW Dresden beziehungsweise Yankee; * ohne Stickstoffverunreinigungen im Graphit; - ohne H 3- und Kr 85-Rückhaltung.

Nuklid	Kernkraftwerk (1300 MW)				Wiederaufarbeitungsanlage (50000 MW)	
	SWR	DWR	HTR	NaSR	SWR u DWR	HTR
H 3	50	30	50		9 · 10 ⁵ *	7,5 · 10 ⁵ *
C 14				20		3000 *
Kr 85	1000	1000	100	1000	1,6 · 10 ⁷ *	2,5 · 10 ⁷ *
Kr 88	5	50	30	50		
J 129					0,045	0,035
J 131	0,2	0,1	0,003	0,013	0,12	0,1
J 133	2	0,5	0,012	0,002		
Xe 133	2500	2500	100	10000		
Sr 89	(2 · 10 ⁻²)	(4 · 10 ⁻⁵)			0,005	0,004
Sr 90	(10 ⁻⁴)	(2 · 10 ⁻⁴)			0,0025	0,002
Cs 137	(6 · 10 ⁻⁴)	(2 · 10 ⁻²)			0,006	0,0045

Tafel 2. Freisetzungsraten radioaktiver Stoffe in die Flüsse für Kernkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 1 300 MW; Freisetzungsraten in Ci/a.

Radionuklide	Freisetzungsraten aus Kernkraftwerken $\frac{Ci}{a}$			
	SWR	DWR	HTR	NaSR
n3	150	1000	1000	200
Andere Radionuklide				
Co 58	0,25	0,25		
Co 60	0,15	0,15		
Sr 89	0,01	0,002		
Sr 90	0,001	0,0002		
J 131	0,1	0,1		
Cs 134	0,1	0,1		
Cs 137	0,2	0,2		
Rest	0,189	0,1975		
Summe:	1	1	0,1	0,5

gen (bei einer Kühlzeit der Brennelemente von 180 Tagen) sind in **Tafel 1** angegeben. Bei den Wiederaufarbeitungsanlagen wurden die vom radioökologischen Standpunkt aus möglicherweise wichtigen Transurane wegen der

zum Teil ungeklärten Bewertung nicht in die Tabelle aufgenommen. Von Angaben für Wiederaufarbeitungsanlagen für Brennelemente natriumgekühlter Schneller Brüter wurde ebenfalls abgesehen. Aus wirtschaftlichen Gründen

möchte man die Brennelemente 30 Tage nach Wegnahme aus dem Reaktorkern wiederaufarbeiten. Dann ist jedoch die J 131-Konzentration so groß, daß die aus Wiederaufarbeitungsanlagen mit den heute üblichen Jodfiltern freigesetzten Aktivitäten zu einer erheblichen Überschreitung des zulässigen Grenzwertes führen. Bemerkenswert bei Anlagen zur Wiederaufarbeitung von Hochtemperaturreaktor-Brennelementen mit Verbrennungs-„Head-End“ heutiger Konzeption ist, daß größere Mengen Radiokohlenstoff (C 14) in Form von CO₂ und CO emittiert werden. Als Ergänzung zu den Angaben in Bild 1 und 2 sind in Tafel 1 auch die vom radioökologischen Standpunkt aus wichtigen Radionuklide Kr 88, Sr 89, Sr 90 und Cs 137 eingetragen. Da die Austrittsraten von Sr 89, Sr 90 und Cs 137 über die Abluft nur für die Kernkraftwerke Dresden [7] und Yankee [8] in den USA bekannt sind, werden sie hier zur ersten Abschätzung der radioökologischen Bedeutung der freigesetzten Aktivitäten zugrunde gelegt. Bei den Wiederaufarbeitungsanlagen wurden für Strontium und Cäsium Emissionsfaktoren von 1,2 · 10⁸ angenommen [16]. Einige Positionen der Tabelle mußten wegen fehlender Daten beziehungsweise bei C 14 wegen nicht geklärter Freisetzunganteile offen bleiben.

Die Freisetzungsraten der wichtigsten Radionuklide aus den verschiedenen Kernkraftwerkstypen in die Flüsse zeigt **Tafel 2**. Die abgeleitete Tritiummenge und die Gesamtaktivität der anderen Radionuklide kann heute recht gut angegeben werden. Wesentlich anders ist es bei der Angabe der Zusammensetzung des freigesetzten Aktivitätsgemisches. Sie schwankt bei heute im Betrieb befindlichen Kernkraftwerken in weiten Grenzen [2; 23; 24]. Den in Tafel 2 für Siedwasser- und Druckwasserreaktoren angegebenen Werten entsprechen grobe Mittelwerte. Von Angaben der Erwartungswerte des Aktivitätsgemisches bei Hochtemperaturreaktoren und natriumgekühlten Schnellen Brütern wurde hier abgesehen. Entscheidend ist, welche Materialien man für den Primärkreis zukünftig verwendet.

3 Strahlenbelastung der Bevölkerung durch die freigesetzten Radionuklide

3.1 Belastungspfade

Der Weg der Radionuklide nach dem Austritt aus dem Schornstein in die Atmosphäre und nach dem Eintritt ins Flußwasser ist in **Bild 3** mit den Belastungspfaden eines Menschen dargestellt. Die in Form von Gasen und Aerosolen in die Atmosphäre gelangten Radionuklide werden mit dem Wind fortgetragen. Ein Teil der Aerosole wird auf dem Boden trocken abgelagert, ein anderer durch Regen ausgewaschen. Die auf dem Boden abgelagerten radioaktiven Aerosole und reaktiven Gase können entweder direkt (Pflanzen

Und hier nun die letzte Seite mit dem wichtigen Nebensatz. Und wenn jetzt Westerwelle kommt und sagt, dass sich die Physik seit 1975 geändert hat, dann höre ich auf mit dem Einsatz für die Erneuerbaren Energien. Gez. Heinz Otto

(insbesondere wenn für die künftig zu errichtenden Wiederaufarbeitungsanlagen eine Rückhaltung von 99% H 3 und Kr 85, sowie 99,9% J 129 vorgesehen wird — verglichen mit diesen Schwankungen der natürlichen Strahlenbelastung außerordentlich klein. Auch in der absehbaren Zukunft dürfte zum Beispiel die zusätzliche genetische Strahlenbelastung selbst im Maximum nur etwa 1 mrem/a betragen. Die mittlere Strahlenbelastung der Bevölkerung fällt entsprechend noch geringer aus. Zur Beurteilung der Umweltbelastung durch die Kernindustrie sollte man sich einmal vergegenwärtigen, daß andere zivilisationsbedingte Risiken weit höher liegen. So beträgt beispielsweise die Strahlenbelastung der Bevölkerung aus der Röntgendiagnostik mit rund 50 mrem/a etwa das 100-fache der kerntechnischen Exposition. Allein durch einen Urlaub im Hochgebirge (erhöhte kosmische Strahlung) oder im Schwarzwald (erhöhte ter-

restrische Strahlung) oder durch einige Interkontinentalflüge in großer Höhe können Strahlenbelastungen entstehen, die größer als die gegenwärtigen und auch die zukünftigen Strahlenexpositionen aus Kernkraftwerken und Wiederaufarbeitungsanlagen sind.

5 Zusammenfassung

Die zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung durch aus kerntechnischen Anlagen freigesetzte Radionuklide ist zur Zeit, bis auf die durch Radiojod bei Betrachtung des Weide-Kuh-Milch-Pfades für Kleinkinder, sehr klein. Die zusätzliche Strahlenbelastung der Bevölkerung ist bei weitem niedriger als die Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenbelastung für größere Bevölkerungsgruppen. In der Zukunft wird die zusätzliche Strahlenbelastung durch aus

kerntechnischen Anlagen freigesetzte Radionuklide zunehmen. Sie liegt jedoch innerhalb der Schwankungsbreite der natürlichen Strahlenbelastung, falls schon die ersten großen Wiederaufarbeitungsanlagen mit H 3- und Kr 85-Entzugsanlagen für Abscheideleistungen von etwa 99% ausgerüstet werden. Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen einer durch das Bundesministerium des Innern geförderten Untersuchung über die zukünftige radiologische Belastung in der Bundesrepublik Deutschland durch aus kerntechnischen Anlagen freigesetzte Radionuklide. An diesem Forschungsvorhaben sind der Lehrstuhl für Reaktortechnik und das Institut für Elektrische Anlagen und Energietechnik der RWTH Aachen sowie die Zentralabteilung Strahlenschutz, das Institut für Chemische Technologie und das Institut für Reaktorentwicklung der Kernforschungsanlage Jülich beteiligt. U 27 250

Bücherschau

■ **Physik — Grundlage der Technik.** Plenarvorträge der 38. Physikertagung 1974 Nürnberg. Hrsggeg. v.d. Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Weinheim 1974, Physik Verlag. 471 S. m. 218 Bild. u. 18 Taf. Preis kart. 28,— DM.

Das Buch umfaßt 17 der insgesamt 19 Plenarvorträge der 38. Physikertagung, die vom 23. bis 27. September 1974 in Nürnberg stattfand. Dokumentiert wurden außerdem auch der Festvortrag des Präsidenten der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V., der sich auf mit der Forschungs- und Bildungspolitik in der Bundesrepublik Deutschland zusammenhängende Probleme bezog, sowie drei weitere Vorträge mit den Themen „Die Bedeutung der Erhaltung der Energie“, „Hundert Jahre Kristallgleichrichter“ und „Neuere Methoden der Spektroskopie“. Die Plenarvorträge sind in fünf Abschnitte gegliedert: Grundlagen, Energie, Werkstoffe, Datenverarbeitung und Kommunikation sowie Medizinische Technik, Umwelttechnik. Die phänomenologische Teilchenphysik, bemerkenswerte Ergebnisse von Neutrinoexperimenten, das Erforschen der hohen Erdatmosphäre sowie die Gewinnung und Anwendungen ultrakalter Neutronen werden vorwiegend nur Naturwissenschaftler ansprechen (Abschnitt: Grundlagen). Für viele Ingenieure unmittelbar interessant dürften aber die Themen sein, die den Fusionsreaktor, die nukleare Energie und das Umsetzen von Sonnenenergie betreffen. Dies gilt ebenfalls für die Vorträge, die sich auf das Verhalten von Hochpolymeren unter der Einwirkung ionisierender Strahlen, die tribologischen Eigenschaften von Werkstoffgrenzflächen, die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung und auf aktuelle Probleme der Supraleitung beziehen. Das Buch bietet außerdem Überblicke über die zum Speichern von Information genutzten Effekte, über die Datenverarbeitung mit optischen Mitteln sowie über das intensive Bemühen, die beispielsweise für das Übertragen von optischen Signalen erforderlichen (optoelektronischen) Bauelemente zu schaffen und zu kompakten Einheiten zusammenzufügen (integrated optics). Schließlich weist ein Beitrag über Kreislauf-Unterstützungs- und Ersatzsysteme auf das interdisziplinäre Geschehen hin, das sich gegenwärtig in vielen Forschungsstätten vollzieht. Ihn findet man in dem Abschnitt, der auch zwei Vorträge umfaßt, die sich vor allem auf Immissionsmessungen zur Luftüberwachung und auf das lufthygienische Landesüberwachungssystem Bayern beziehen. ZB 9510a

Düsseldorf

Dipl.-Phys. Herbert Becker

■ **Datentechnik — Mittel für die Organisation der Fertigung.** Von Karlheinz Roschmann. VDI-Taschenbuch T 56. Düsseldorf 1974, VDI-Verlag. 93 S. m. 53 Bild. u. 3 Taf. Preis kart. 16,80 DM (VDI-Mitglieder 10% Nachlaß).

Organisatorische Abläufe im Unternehmen sind im großen Maße abhängig von den gewählten Organisationsmitteln, die von den herkömmlichen Mitteln wie z.B. Planungstabellen bis zu den neuen Systemen elektronischer Datenverarbeitungsanlagen reichen. Bevor organisatorische Abläufe im Betrieb geplant werden, sollte man sich also zweckmäßigerweise über die zur Verfügung stehenden Organisationsmittel informieren.

Diese Organisationsmittel — und zwar schwerpunktmäßig für den Bereich der Fertigungssteuerung — werden im Buch beschrieben und deren Einsatzmöglichkeiten aufgezeigt, und zwar gegliedert in herkömmliche Mittel, mittlere Datentechnik, Lochstreifen- und Lochkartentechnik und Elektronische Datenverarbeitung. Dabei reiht der Verfasser die verschiedenen Mittel nicht einfach aneinander, sondern legt den Schwerpunkt auf die Anwendungsseite zur Lösung organisatorischer Aufgaben. Außer der Beschreibung dieser Mittel behandelt er die auch damit zusammenhängenden Probleme der Datenerfassung, Datenübertragung und Datenfernverarbeitung. In einem abschließenden Kapitel wird die Notwendigkeit betont, betriebliche Teilfunktionen in Zukunft in einem integrierten Zusammenhang zu sehen, die dann auch datentechnisch untereinander verbunden sind. Dem in der Praxis Tätigen ist das Buch eine wertvolle Hilfe bei der Lösung vielfältiger organisatorischer Aufgaben. ZB 9464a

Blecher

Dr.-Ing. Dieter Mewes

■ **Elektronische Datenverarbeitung bei der Produktionsplanung und -steuerung IV. Materialbestands- und -bestellrechnung.** Hrsg. VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB). Düsseldorf 1974, VDI-Verlag. 165 S. m. 68 Bild. u. 13 Taf. Preis kart. 19,80 DM (VDI-Mitglieder 10% Nachlaß). VDI-Taschenbuch T 60.

Die Materialwirtschaft kann organisatorisch nicht isoliert betrachtet werden, vielmehr ergeben sich starke Informationsverknüpfungen zum vorgelagerten Konstruktionsbereich sowie zur nachgelagerten Fertigung und Nachkalkulation. Nun ist es nicht Absicht der Autoren, ein weiteres Buch der um-