

il.  
Ei: 17. FEB 1984  
Anlagen:  
Akt.-Z.:

3B

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser  
(LAWA)

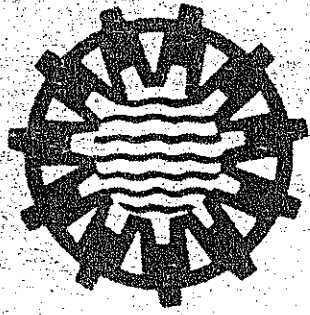
# „Wasserwirtschaft und Kernenergie“

mit

Richtlinien für das Einleiten von  
Abwasser aus Kernkraftwerken mit  
Leichtwasserreaktoren in die  
Gewässer

sowie

Sicherheitstechnische Regel  
Messung flüssiger radioaktiver Stoffe  
zur Überwachung der radioaktiven  
Ableitungen (KTA - 1504)



ausgearbeitet  
von der LAWA-Arbeitsgruppe  
„Radioaktivitätsbelastung  
der Gewässer“

Stand: März 1979

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	7
Mitglieder der LAWA-Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer" .....	8
<b>1. Einführung</b> .....	9
<b>2. Radioaktivität und Strahlendosis</b> .....	10
2.1    Allgemeines .....	10
2.2    Strahlenbelastung des Menschen .....	13
2.3    Radioaktivität der Gewässer .....	14
2.3.1    Natürlich vorkommende Radionuklide .....	14
2.3.2    Künstlich erzeugte Radionuklide .....	17
<b>3. Strahlenbiologie und Strahlenschutz</b> .....	29
<b>4. Radioökologie</b> .....	32
4.1.    Biologische Anreicherung-Nahrungsketten .....	32
4.2    Äußere Bestrahlung durch radioaktive Stoffe im Sediment .....	34
4.3    Nutzung der Gewässer zu landbaulichen Zwecken .....	35
4.4    Nutzung der Gewässer zu Trink- und Brauchwasserzwecken .....	36
<b>5. Grundsätze der Umgebungsüberwachung</b> .....	37
<b>6. Literatur</b> .....	38
Anlage 1: Richtlinien für das Einleiten von Abwasser aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren in die Gewässer .....	39
Anlage 2: Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitung (Sicherheitstechnische Regel der KTA Nr. 1504) .....	47

## Geleitwort

Die öffentliche Diskussion zur friedlichen Nutzung der Kernenergie wird außerordentlich kontrovers geführt. Diese Meinungsspaltung spiegelt sich auch in der Unzahl Bücher und Veröffentlichungen zu diesem Thema wieder. Die tragischen Ereignisse der jüngsten Vergangenheit zeigen wiederum deutlich die Notwendigkeit, Entscheidungen erst nach sorgfältigem Prüfen und Abwägen zu treffen.

Mit der Schrift "Wasserwirtschaft und Kernenergie" will die LAWA den Sachbearbeitern bei den Wasserbehörden eine Einführung in die angesprochene Problematik geben und mit den angeschlossenen "Richtlinien für das Einleiten von Abwasser aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren in die Gewässer" den wasserrechtlichen Vollzug erleichtern und vereinheitlichen. Weiterhin ist in dieser Veröffentlichung die KTA-Regel 1504 "Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen" enthalten. Diese Regel wurde erstmals vom Kerntechnischen Ausschuß und von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser erarbeitet und so eine Harmonisierung von atomrechtlichen und wasserrechtlichen Vorschriften erreicht. Ich hoffe, daß diese Schrift den Belangen der Wasserwirtschaft gerecht wird und nicht nur in den Fachverwaltungen sondern auch in der Öffentlichkeit Interesse findet.

Der besondere Dank der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser gilt den Mitgliedern der Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer", die diese Veröffentlichung gemeinsam erarbeitet haben.

Stuttgart, im Juni 1979



Minister  
für Ernährung, Landwirtschaft  
und Umwelt  
des Landes Baden-Württemberg

## Vorwort

Nach dem Bekanntwerden der verschiedensten Kraftwerksplanungen am Hoch- und Oberrhein befaßte sich die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) – Zusammenschluß der obersten Wasserbehörden der Länder – unverzüglich mit den sich daraus möglicherweise ergebenden Folgen für den Gewässerschutz in radiologischer Hinsicht. In der 46. Sitzung der LAWA am 4./5. März 1969 wurde beschlossen, eine Arbeitsgruppe aus Sachverständigen der Länder, des Bundes und der interessierten Verbände zu bilden mit der Aufgabe, Richtlinien für das Einleiten von Abwasser aus kerntechnischen Anlagen in Anlehnung an bestehende Gesetze oder internationale Vereinbarungen zu erarbeiten. Die LAWA-Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer" hatte 1974 die "Richtlinien für das Einleiten radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen in die Gewässer" fertiggestellt, die von der LAWA anlässlich ihrer 62. Sitzung am 5./6. November 1974 gutgeheißen und den Ländern zur Anwendung empfohlen wurde. Auf Grund der technischen Entwicklungen und der gesammelten Erfahrungen bedurften diese Richtlinien der Überarbeitung. Zugleich erschien es erforderlich, in Ergänzung der Richtlinien und zum besseren Verständnis ihrer wesentlichen Kriterien die vorliegende Studie "Wasserwirtschaft und Kernenergie" vorzulegen. Sie gilt nicht nur für Kernkraftwerke, sondern auch für andere Anwendungsbereiche der Kerntechnik. Die Arbeitsgruppe hofft, damit einen weiteren Beitrag im Rahmen des Umweltschutzes geleistet zu haben.

Mainz, im Juni 1979

## Mitglieder der LAWA-Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer"

Ministerialrat Professor Dr. Klotter (Obermann)	Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Umweltschutz Rheinland-Pfalz, Mainz
Erster Direktor und Professor Dr. Aurand	Bundesgesundheitsamt Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin
Regierungsbaudirektor Behrend (bis einschl. 1975)	Regierungspräsidium Köln
Regierungsdirektor Dr. Block (bis 1974)	Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
Dipl.-Ing. Deller	Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke AG, Essen (Vertreter der VDEW)
Direktor und Professor Dipl.-Phys. Feldt	Bundesforschungsanstalt für Fischerei - Isotopenlaboratorium Hamburg-Sülldorf
Dipl.-Chem. Dr. Haberer	ESWE (Stadtwerke Wiesbaden AG) Wiesbaden (Vertreter des DVGW)
Chemiedirektor Dr. Harth (bis 1973)	Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden
Dipl.-Phys. Janssen	Nordwestdeutsche Kraftwerks AG, Hamburg (Vertreter des VDEW)
Chemiedirektor Dr. Laubereau	Hessische Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden
Chemiedirektor Dr. von Loh	Niedersächsisches Wasseruntersuchungsamt, Hildesheim
Dipl.-Phys. Lubda	Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Landwirtschaft - Strom- und Hafenausbau -, Hamburg
Ministerialrat Martens (bis 1971)	Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
Dipl.-Ing. Müller (bis 1973)	Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke AG, Essen (Vertreter der VDEW)
Regierungsrat Dr. Mundschenk	Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz
Regierungsdirektor Dr. Röcker (ab 1976)	Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
Ministerialrat Dipl.-Ing. Schaal	Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart
Dr. Schroeder (bis 1977)	RWE AG, Betriebsverwaltung, Biblis
Oberregierungsrat Dr. Steinbrückner (bis 1973)	Bayerisches Staatsministerium des Innern - Oberste Baubehörde, München
Ltd. Baudirektor Dipl.-Ing. Wieselsberger (bis 1976)	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München

## 1. Zur Einführung

Seitdem die Erde besteht, gibt es radioaktive Stoffe, und seit es Leben auf dieser Erde gibt, unterliegt dieses Leben einer natürlichen Strahlenexposition. Mit der Entdeckung der Röntgen- und der verschiedenen Arten der Kernstrahlen sowie der Kernspaltung, setzte eine stürmische Entwicklung der Nutzung der Kernspaltung und der Anwendung der radioaktiven Stoffe ein. Der Einsatz von Radionukliden im medizinischen Bereich hat sowohl diagnostisch als auch therapeutisch außerordentliche Erfolge zu verzeichnen. Auch die Technik bedient sich in zunehmendem Maße radioaktiver Stoffe, um die Qualität der herzustellenden Produkte zu verbessern. Bei der Erzeugung elektrischer Energie wird vermehrt auf die Kernenergie zurückgegriffen. Unabhängig von diesen positiv zu bewertenden Einsatzmöglichkeiten werden auch künftighin die Erinnerungen an die beiden über Japan gezündeten Atombomben wach bleiben, die Menschenleben auslöschten oder unheilbar schädigten. Es ist deshalb verständlich, daß vielfach die Radioaktivität mit der Atombombe in Verbindung gebracht wird. Es erscheint deshalb geboten, Unterlagen zur Verfügung zu stellen, mit deren Hilfe die angesprochenen Probleme besser erkannt und beurteilt werden können.

Nach der Genfer Atomkonferenz und der Freigabe der friedlichen Atomforschung im Jahre 1955 wurden in der Bundesrepublik Deutschland an zahlreichen Universitäten und Hochschulen Forschungs- und Unterrichtsreaktoren errichtet. Die Kernforschung konnte seitdem einen erheblichen Beitrag zur Entwicklung der Kernkraftwerke und der Anwendung radioaktiver Stoffe leisten. Die Jahresberichte "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" der Bundesregierung zeigen, daß die künstliche Radioaktivität in der Umgebung der Reaktoranlagen bisher so gering ist, daß sie sich im Bereich der Nachweisgrenze bewegt.

Nach langfristigen Prognosen wird der Zuwachs des Energiebedarfes in steigendem Maße durch Kernkraftwerke gedeckt werden müssen. Auf Grund des fortgeschriebenen Energieprogramms der Bundesregierung ist mit folgender Entwicklung zu rechnen (Energieprogramm der Bundesregierung, zweite Fortschreibung vom 14.12.1977):

1985	ca. 24 000 MWe
1990	ca. 40 000 MWe

Außerdem ist zu erwarten, daß Kernkraftwerke künftig auch zur Erzeugung von Wärme in der Großchemie und Hüttenindustrie herangezogen werden.

Fragen der Umwelthygiene treten beim Umgang mit radioaktiven Stoffen immer dann auf, wenn die Möglichkeit besteht, daß radioaktive Stoffe in die Umwelt gelangen und dadurch mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit von Personen aufgenommen werden können.

Alle Schutzmaßnahmen dienen dem Zweck, die Biosphäre und besonders die Menschen vor Strahleneinwirkung zu schützen. Die genaue Kenntnis der an die Umwelt abgegebenen Radionuklide läßt eine Abschätzung der daraus resultierenden Strahlenbelastung zu und ermöglicht somit, eine evtl. Gefährdung rechtzeitig zu erkennen.

Den Wasserbehörden sowie den für den Strahlenschutz zuständigen Behörden kommt die Aufgabe zu, durch entsprechende Auflagen und Kontrollen sicherzustellen, daß durch die Abgabe von radioaktiven Stoffen über das Abwasser oder die Luft-Bodenpassage keine Schädigung der Umwelt eintritt. Insbesondere ist die Kontamination des Oberflächen- und Grundwassers so gering wie möglich zu halten.

Für die Wasserbehörde sind in erster Linie die Regelungen der §§ 6 und 7a des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) in der Fassung vom 16. Oktober 1976 (BGBl. IS. 3017) maßgebend. Danach ist die Einleitung radioaktiven Abwassers in ein Gewässer nur zulässig, wenn dadurch das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird und eine Dekontaminierung des Abwassers wenigstens entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik erfolgt.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, daß das Wohl der Allgemeinheit entsprechend § 6 WHG durch die Einleitung radioaktiven Abwassers nicht beeinträchtigt wird, wenn an Hand eines im Rahmen des atomrechtlichen Verfahrens zu erstellenden radioökologischen Gutachtens nachgewiesen worden ist, daß die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung eingehalten werden.

Die Wasserbehörden und die atomrechtlichen Aufsichtsbehörden sollten bei der verwaltungsrechtlichen Behandlung des radioaktiven Abwassers aus kerntechnischen Anlagen eng zusammenarbeiten und unterschiedliche Regelungen möglichst vermeiden.

Die "Richtlinien für das Einleiten von Abwasser aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren in die Gewässer" sollen dabei als Hilfe für die notwendigen Maßnahmen dienen (Anlage 1).

Darüberhinaus ist in Anlage 2 die gemeinsam mit der LAWA und dem Kerntechnischen Ausschuß (KTA) erarbeitete Sicherheitstechnische-Regel (KTA 1504) angefügt, die eine wirksame Hilfe bei der Erteilung wasserrechtlicher Genehmigungen sein soll.

Die KTA-Regel wird mithin sowohl von den atomrechtlichen Behörden als auch von der Wasserwirtschaftsverwaltung gleichermaßen getragen.

## 2. Radioaktivität und Strahlendosis

### 2.1 Allgemeines

Die im Strahlenschutz gültigen physikalischen Einheiten radiologischer Größen sind im "Gesetz über Einheiten im Meßwesen" von 1969 festgelegt.

Mit der zweiten Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 12.12.1977 (BGBl. I S. 2537) wurde hinsichtlich der Energiedosis besondere Bezeichnungen eingeführt, nämlich "Becquerel (Bq)" und "Gray (Gy)".

$$\begin{array}{lcl} 1 \text{ Bq entspricht } 1 \text{ s}^{-1} & \text{oder } 1 \text{ Ci} & = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \\ 1 \text{ Gy entspricht } 1 \text{ J/kg} & \text{oder } 1 \text{ rad} & = 0,01 \text{ Gy.} \end{array}$$

Die wichtigsten Begriffe sind zusammen mit den in der Praxis noch gebrauchten alten Einheiten in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Radiologische Größe	Einheiten		
	neu	SI (DIN 6814)	alt (DIN 6814)
1. Aktivität A	Bq (Bequerel) 1 Bq = 1/s	1/s 1 Ci = 3.7 · 10 <sup>10</sup> /s	Ci (Curie)
2. Energiedosis D	Gy (Gray) 1 Gy = 1 J/kg	J/kg 1 rd = 0.01 J/kg = 0.01 Gy	rd (Rad)
3. Ionendosis I		C/kg 1 R = 2.58 · 10 <sup>-4</sup> C/kg	R (Röntgen)
4. Energiedosisleistung $\dot{D}$	Gy/s  1 Gy/s = 1 W/kg	W/kg  1 rd/s = 0.01 W/kg	rd/s rd/min rd/h
5. Ionendosisleistung $\dot{I}$		A/kg  1 R/s = 2.58 · 10 <sup>-4</sup> A/kg	R/s R/min R/h
6. Äquivalentdosis D <sub>q</sub>	J/kg D <sub>q</sub> = q · D	für q = 1 gilt: 1 rem = 1 rd = 0.01 J/kg	rem (Rem)
7. Äquivalentdosisleistung $\dot{D}_q$	W/kg		

Für praktische Zwecke des Strahlenschutzes kann für Luft, Wasser und Gewebe die Beziehung  $1 R \approx 1 rd$  verwendet werden.

Die Äquivalentdosis D<sub>q</sub> ist das Produkt aus der Energiedosis D und einem dimensionslosen Bewertungsfaktor q:  $D_q = q \cdot D$ .



In der folgenden Tabelle sind Bewertungsfaktoren für verschiedene Strahlenarten aufgeführt:

Strahlenarten	Bewertungsfaktor q
$\alpha$ - Strahlung	10
$\beta$ - Strahlung	1
$\gamma$ - Strahlung	1
Neutronen	$\leq$ 10

#### Erläuterungen:

J = Joule: SI – Einheit der Energie, (Arbeit oder Wärmemenge)  
 $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$ ;  
 $1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ}$

W = Watt: SI – Einheit der Leistung  
 $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 1 \text{ Nm/s} = 1 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-3} = 1 \text{ VA}$

C = Coulomb: SI – Einheit der elektr. Ladung  
 (Elektrizitätsmenge)  
 $1 \text{ C} = 1 \text{ As}$ ;  $1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$

A = Ampere: SI – Einheit der elektr. Stromstärke  
 $1 \text{ A} = 1 \text{ C/S}$

#### Literatur:

1. Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 02.07.1969  
(BGBl. I S. 709)
2. Gesetz zur Änderung des Gesetzes über Einheiten im Meßwesen vom 06.07.1973  
(BGBl. I S. 720)
3. Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 26.06.1970  
(BGBl. I S 981)
4. Verordnung zur Änderung der ..... (Siehe Nr. 3) ..... vom 27.11.1973  
(BGBl. I S. 1761)
5. Zweite Verordnung zur Änderung der ..... (siehe Nr. 3) ..... vom 12.12.1977  
(BGBl. I S. 2537)

## 2.2. Strahlenbelastung des Menschen

Die Bevölkerung ist ständig einer Bestrahlung durch natürliche und künstliche Strahlenquellen ausgesetzt. Hierfür gelten die Werte, die in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt sind.

Tabelle 1

Natürliche Strahlenbelastung der Bevölkerung pro Jahr (Mittelwerte der Dosisleistung in der Bundesrepublik Deutschland)

Strahlenquelle	Strahlenbelastung mGy/a ⟨(mrem/a)⟩			
	Gonaden	Knochen	Lunge	
Bestrahlung "von außen"	Kosmische Strahlung (in Meereshöhe)	ca. 0,3 (ca. 30)	ca. 0,3 (ca. 30)	ca. 0,3 (ca. 30)
	Terrestrische Strahlung (Umgebungsstrahlung)	ca. 0,6 (ca. 60)	ca. 0,6 (ca. 60)	ca. 0,6 (ca. 60)
Bestrahlung "von innen":	inkorporierte Radionuklide			
	Kohlenstoff -14	0,007 (0,7)	0,008 (0,8)	
	Kalium -40	0,19 (19)	0,15 (15)	0,14 (14)
	Radon -222 (+ Folgeprodukte)	0,007 (0,7)	0,008 (0,8)	0,4 - 2,0 (40 - 200)
	Radium -226	0,002 (0,2)	0,06 (6)	
	Uran -238	0,003 (0,3)	0,03 (3)	
Natürliche Strahlenbelastung		ca. 1,1 (ca. 110)	ca. 1,2 (ca. 120)	ca. 1,5 - 3,0 (ca. 150 - 300)

Literatur: (1)

Tabelle 2

Zivilisatorische Strahlenbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 1976  
(Genetisch signifikante Jahresdosis)

Strahlenquelle	Genetisch signifikante Jahresdosis mGy/a (mrem/a)	
1. Medizin		
a) Röntgendiagnostik	ca. $5 \cdot 10^{-1}$	(ca. 50)
b) Nuklearmedizin	ca. $5 \cdot 10^{-3}$	(ca. 0,5)
2. Fallout von Kernwaffenexplosionen	$< 8 \cdot 10^{-2}$	(< 8)
3. Friedliche Nutzung der Kernenergie (Kernkraftwerke)	$< 1 \cdot 10^{-2}$	(< 1)
4. Anwendung ionisierender Strahlen und radioaktiver Stoffe zu technischen Zwecken	$< 2 \cdot 10^{-2}$	(< 2)

Gesamte genetisch signifikante Jahresdosis ca.  $6,15 \cdot 10^{-1}$  mGy/a (ca. 60 mrem/a)

## Literatur: (2)

Bei der "genetisch signifikanten Jahresdosis" handelt es sich um eine mittlere genetische Dosis, die auf Grund statistischer Erhebungen über die Anwendung ionisierender Strahlen in der Medizin und in anderen Bereichen für die Gesamtbevölkerung berechnet wird. Demgegenüber treten z.B. bei der medizinischen Strahlenanwendung je nach dem angewandten Untersuchungsverfahren in Röntgendiagnostik und Nuklearmedizin für den einzelnen Patienten erheblich höhere Werte für die Gonadendosis und insbesondere für die somatisch wirksam werdende Dosis in bestimmten Organen oder Körperregionen als die in Tab. 2 aufgeführten Werte auf.

### 2.3. Radioaktivität der Gewässer

#### 2.3.1 Natürlich vorkommende Radionuklide

Natürlich vorkommende Radionuklide sind seit der Entstehung der Erde vorhanden und je nach der geologischen Formation in unterschiedlichen Konzentrationen in der Erdkruste enthalten. Die Halbwertszeit dieser Radionuklide ist meistens größer als das geologische Alter der Erde (ca.  $10^9$  a).

Bestimmte natürliche Radionuklide – wie z.B. Uran-238 und Thorium-232 – sind Ausgangsnuklide von Zerfallsreihen. Ihre Folgeprodukte – wie z.B. Radium-226, Radon-222 – sind Nuklide, deren Halbwertszeit sehr viel kleiner als die der Ausgangselemente ist.

Darüberhinaus werden durch die kosmische Strahlung in den obersten Schichten der Atmosphäre ständig Radionuklide gebildet. Zu diesen gehören Tritium und Kohlenstoff-14, die mit den Niederschlägen zur Erdoberfläche gelangen. Die Gleichgewichtskonzentration des natürlich gebildeten Tritium liegt bei etwa 5 TU \*), entsprechend  $5,9 \cdot 10^{-1}$  Bq/l (16 pCi/l) H<sub>2</sub>O.

Insgesamt sind aus der natürlichen Erzeugung ständig ca.  $3,33 \cdot 10^{17}$  Bq (9 MCi) H-3 in der Umwelt vorhanden. Die aus der H-3Aktivität resultierende Strahlenbelastung des Menschen beträgt ca.  $2 \cdot 10^{-2}$   $\mu$  J/Kg  $\cdot$  a ( $2 \cdot 10^{-3}$  mrem/a).

Zu erwähnen sind noch die ebenfalls in der Natur vorkommenden natürlichen Spaltnuklide, deren Konzentrationen im Boden allerdings gegenüber denen der genannten natürlichen Radionuklide vernachlässigbar klein sind.

In Tabelle 3a sind die wichtigsten natürlich vorkommenden Radionuklide sowie ihre Zerfallsart und Halbwertszeit zusammengestellt.

\*) 1 TU = 1 Tritium-Einheit = 1 Tritium-Atom pro  $10^{18}$  Wasserstoffatome.

**Tabelle 3a:**

**Natürlich vorkommende Radionuklide**

Nuklid	Zerfallsart	Halbwertszeit
U-238	$\alpha$	$4,5 \cdot 10^9$ a
Th-232	$\alpha$	$1,4 \cdot 10^{10}$ a
Ra-226	$\alpha, \gamma$	1600 a
Rn-222	$\alpha$	3,82 d
Pb-210	$\alpha, \beta^-$	20,4 a
K-40	$\beta^-, \kappa, \gamma$	$1,27 \cdot 10^9$ a
Rb-87	$\beta^-$	$4,7 \cdot 10^{10}$ a
H-3	$\beta^-$	12,36 a
C-14	$\beta^-$	5730 a

In Tabelle 3b sind die Aktivitätskonzentrationen einiger natürlicher Radionuklide in verschiedenen Gewässern zusammengestellt.

Tabelle 3 b

Mittlere Konzentration natürlicher Radionuklide in verschiedenen Wasservorkommen

Wasservorkommen	Konzentration in Bq/l (pCi/l)					
	U-238	Ra-226	Rn-222*	Pb-210	K-40	H-3
Regen			$3,7 \cdot 10^1 - 3,7 \cdot 10^3$ ( $10^3 - 10^5$ )	$7,4 \cdot 10^{-3} - 1,85 \cdot 10^{-1}$ (0,2 - 5)	$3,7 \cdot 10^{-3} - 7,4 \cdot 10^{-2}$ (0,1 - 2)	$3,7 \cdot 10^{-1} - 7,4 \cdot 10^{-1}$ (10 - 20)
Meer	$3,7 \cdot 10^{-2}$ (1)	$1,48 \cdot 10^{-3} - 5,9 \cdot 10^{-3}$ (0,04 - 0,16)	$7,4 \cdot 10^{-4} - 3,3 \cdot 10^{-2}$ (0,02 - 0,9)	$1,85 \cdot 10^{-4}$ (0,005)	$1,22 \cdot 10^{-1}$ (330)	$1,85 \cdot 10^{-2} - 5,6 \cdot 10^{-2}$ (0,5 - 1,5)
Flüsse u. Seen	$5,6 \cdot 10^{-4} - 3,7 \cdot 10^{-2}$ (0,015 - 1)	$3,7 \cdot 10^{-4} - 7,4 \cdot 10^{-2}$ ( $< 0,01 - 2$ )	$3,7 \cdot 10^{-1} - 1,85$ (10 - 50)	$3,7 \cdot 10^{-3} - 1,85 \cdot 10^{-1}$ (0,1 - 5)	$3,7 \cdot 10^{-2} - 1,85$ (1 - 50)	$3,7 \cdot 10^{-2} - 3,7 \cdot 10^{-1}$ (1 - 10)
Grundwasser	$1,1 \cdot 10^{-3} - 1,85 \cdot 10^{-1}$ (0,03 - 5)	$3,7 \cdot 10^{-3} - 3,7 \cdot 10^{-1}$ ( $< 0,1 - 10$ )	3,7 - $3,7 \cdot 10^{-2}$ ( $10^2 - 10^4$ )	$1,85 \cdot 10^{-3}$ (0,05)	$3,7 \cdot 10^{-3} - 3,7 \cdot 10^{-1}$ (0,1 - 10)	$3,7 \cdot 10^{-2} - 3,7 \cdot 10^{-1}$ ( $< 1 - 10$ )

\* Rn 222 und Folgepunkte

Literatur: (3)

### 2.3.2. Künstlich erzeugte Radionuklide

Mit der Entdeckung des Neutrons und der Kernspaltung in den 30iger Jahren entstand die Möglichkeit, neue in der Natur praktisch nicht vorhandene Radionuklide, besonders durch Kernwaffenversuche, in großen Mengen zu erzeugen, z.B. Strontium 90 und Cäsium 137. Diese künstlichen Radionuklide wurden durch den Fallout der Atombombenversuche global verbreitet und sind heute noch nachweisbar. Sie werden in geringem Umfang auch bei der kerntechnischen Nutzung an die Umwelt abgegeben.

Die Tabellen 4a und b geben einen Überblick über die mit den Abwässern einiger Kernkraftwerke abgegebenen Radionuklide.

Tabelle 4a:

Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland von 1972 bis 1975

	KWO Obrigheim	VAK Kahl	KRB Grundremmingen
Leistung (MWel)	328	15	237
Zulässige Aktivität Bq (Ci)	$6,66 \cdot 10^{11}$ (18,0)	$2,2 \cdot 10^{10}$ (0,6)	$5,4 \cdot 10^{11}$ (14,6)
Zulässig H-3-Akt. Bq (Ci)	2)	$1,8 \cdot 10^{13}$ (480)	$1,6 \cdot 10^{13}$ (440)
1972			
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	23 967	1 228	9 310
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	$1,7 \cdot 10^{11}$ (4,56)	$1,2 \cdot 10^9$ (0,032)	$7,4 \cdot 10^{10}$ (2,00)
H-3 Akt. Bq (Ci)	$9,0 \cdot 10^{12}$ (243)	$4,0 \cdot 10^{10}$ (1,07)	$2,9 \cdot 10^{12}$ (78)
1973			
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	58 010	798	7 602
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	$8,0 \cdot 10^{10}$ (2,16)	$3,7 \cdot 10^8$ (0,010)	$5,7 \cdot 10^{10}$ 1,58
H-3 Akt. Bq (Ci)	$1,2 \cdot 10^{13}$ (326)	$5,9 \cdot 10^{10}$ (1,59)	$5,5 \cdot 10^{12}$ (148)
1974			
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	66 860	969	6 686
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	$7,9 \cdot 10^{10}$ (2,13)	$2,2 \cdot 10^8$ (0,006)	$3,7 \cdot 10^{10}$ (1,01)
H-3 Akt. Bq (Ci)	$5,6 \cdot 10^{12}$ (150)	$2,9 \cdot 10^{11}$ (7,9)	$8,0 \cdot 10^{12}$ (215)

Tabelle 4a:

Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland von 1972 bis 1975

	KWO Obrigheim	VAK Kahl	KRB Grundremmingen
	1975		
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	67 564	1 010	7 716
Gesamt-Akt. Bq (Ci)	$6,6 \cdot 10^{10}$ (1,78)	$2,6 \cdot 10^8$ (0,007)	$3,9 \cdot 10^{10}$ (1,05)
H-3 Akt. By (Ci)	$5,6 \cdot 10^{12}$ (150)	$2,9 \cdot 10^{11}$ (7,9)	$4,6 \cdot 10^{12}$ (125)

1) Biblis A seit 15. Juli 1974 in Betrieb, KKN seit 31.07.1974 außer Betrieb

2) H-3-Abgaben über Konzentrationen im Kühlwasser-Auslauf begrenzt



Tabelle 4a:

## Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland von 1972 bis 1975

Leistung (MW <sup>el</sup> )	KWL Lingen		KKS Stade		KWW Würgassen	
	255		630		640	
Zulässige Aktivität Bq (Ci)	2,1 · 10 <sup>11</sup>	(5,6)	1,9 · 10 <sup>11</sup>	(5,0)	2,5 · 10 <sup>11</sup>	(6,7)
Zulässige H-3-Akt. Bq (Ci)		2)	4,8 · 10 <sup>13</sup>	(1 300)	1,1 · 10 <sup>13</sup>	(300)
1972						
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	13 666		8 997		48 290	
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	1,6 · 10 <sup>9</sup>	(0,044)	1,2 · 10 <sup>10</sup>	(0,32)	7,0 · 10 <sup>9</sup>	(0,19)
H-3 Akt. Bq (Ci)	8,8 · 10 <sup>11</sup>	(23,7)	3,6 · 10 <sup>12</sup>	(96,6)	1,2 · 10 <sup>11</sup>	(3,2)
1973						
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	11 018		9 535		34 020	
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	8,5 · 10 <sup>8</sup>	(0,023)	1,4 · 10 <sup>10</sup>	(0,37)	1,7 · 10 <sup>10</sup>	(0,45)
H-3 Akt. Bq (Ci)	5,0 · 10 <sup>11</sup>	(13,6)	4,1 · 10 <sup>12</sup>	(112)	2,2 · 10 <sup>11</sup>	(5,93)
1974						
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	9 277		5 934		31 280	
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	5,2 · 10 <sup>8</sup>	(0,014)	5,5 · 10 <sup>9</sup>	(0,148)	3,7 · 10 <sup>10</sup>	(0,987)
H-3 Akt. Bq (Ci)	3,3 · 10 <sup>11</sup>	(9,0)	1,2 · 10 <sup>12</sup>	(32)	1,3 · 10 <sup>11</sup>	(3,6)

Tabelle 4a:

Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland von 1972 bis 1975

	KWL Lingen	KKS Stade	KWW Würgassen
	1975		
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	10 427	7 213	34 825
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	1,7 · 10 <sup>9</sup> (0,045)	4,7 · 10 <sup>9</sup> (0,126)	3,3 · 10 <sup>10</sup> (0,893)
H-3 Akt. Bq (Ci)	6,1 · 10 <sup>11</sup> (16,5)	4,2 · 10 <sup>12</sup> (114)	1,3 · 10 <sup>11</sup> (3,6)

1) Biblis A seit 15. Juli 1974 in Betrieb, KKN seit 31.07.1974 außer Betrieb

2) H-3-Abgaben über Konzentrationen im Kühlwasser-Auslauf begrenzt

**Tabelle 4a:**

**Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland von 1972 bis 1975**

Leistung (MW <sup>el</sup> )	KKN Nd.aichbach 1)		Biblis A 1)	
	100		1200	
Zulässige Aktivität Bq (Ci)	3,1 · 10 <sup>10</sup>	(0,84)	3,7 · 10 <sup>11</sup>	(10,0)
Zulässige H-3-Akt. Bq (Ci)	2,2 · 10 <sup>14</sup>	(6000)	5,9 · 10 <sup>13</sup>	(1 600)
1972				
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	---		---	
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	---		---	
H-3 Akt. Bq (Ci)	---		---	
1973				
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	2 197		---	
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	7,4 · 10 <sup>7</sup>	(0,002)	---	
H-3 Akt. Bq (Ci)	6,0 · 10 <sup>10</sup>	(1,63)	---	
1974				
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	2 836		9 295	
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	3,0 · 10 <sup>8</sup>	(0,008)	1,2 · 10 <sup>10</sup>	(0,32)
H-3 Akt. Bq (Ci)	4,8 · 10 <sup>10</sup>	(1,3)	3,1 · 10 <sup>11</sup>	(8,3)

Tabelle 4a:

Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland von 1972 bis 1975

	KKN Nd.aichbach <sup>1)</sup>		Biblis <sup>1)</sup>	
	1975			
Abwasservolumen (m <sup>3</sup> )	2 704		13 644	
Gesamt-Akt. Bq (Ci) ohne H-3	1,1 · 10 <sup>8</sup>	(0,003)	1,4 · 10 <sup>10</sup>	(0,38)
H-3 Akt. Bq (Ci)	1,1 · 10 <sup>12</sup>	(29)	3,9 · 10 <sup>12</sup>	(106)

1) Biblis A seit 15. Juli 1974 in Betrieb, KKN seit 31.07.1974 außer Betrieb

2) H-3-Abgaben über Konzentrationen im Kühlwasser-Auslauf begrenzt

Tabelle 4b:

Abgabe radioaktiver Stoffe aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland  
im Jahre 1975

Kernkraftwerke	Obrigheim			Kahl		
	Bq	mCi	(%)	Bq	mCi	(%)
Cr 51	$2,9 \cdot 10^8$	(6,4)	0,36			
Mn 54	$3,6 \cdot 10^8$	(9,7)	0,54	$2,7 \cdot 10^5$	0,0074	0,11
Fe 59	---	---	---	---	---	---
Co 57	$1,7 \cdot 10^7$	(0,47)	0,03	$1,3 \cdot 10^5$	0,0036	0,06
Co 58	$3,1 \cdot 10^9$	83	4,71			
Co 60	$9,4 \cdot 10^9$	254	14,26	$7,8 \cdot 10^7$	2,1	32,11
Zn 65	---	---	---	---	---	---
Sr 89	$5,2 \cdot 10^8$	14	0,81	$1,4 \cdot 10^6$	0,037	0,57
Sr 90	$7,4 \cdot 10^7$	2,0	0,11	$1,0 \cdot 10^7$	0,28	4,26
Zr 95	$1,6 \cdot 10^8$	4,3	0,24	---	---	---
Nb 95	$2,6 \cdot 10^8$	7,1	0,40	---	---	---
Ru 103	$1,8 \cdot 10^8$	4,8	0,27	---	---	---
Ag 110 m	$1,9 \cdot 10^7$	0,50	0,03	---	---	---
Sb 124	$7,0 \cdot 10^7$	1,9	0,11	---	---	---
Sb 125	---	---	---	---	---	---
J 131	$5,6 \cdot 10^8$	15	0,83	---	---	---
Cs 134	$1,7 \cdot 10^{10}$	450	25,26	$7,0 \cdot 10^6$	0,19	2,85
Cs 137	$1,9 \cdot 10^{10}$	504	28,30	$1,4 \cdot 10^8$	3,9	59,85
Ba 140	$8,0 \cdot 10^9$	215	12,04	$2,0 \cdot 10^5$	0,0054	0,08
La 140	$7,1 \cdot 10^9$	191	10,71	$2,8 \cdot 10^5$	0,0076	0,12
Ce 141	$5,9 \cdot 10^8$	16	0,88	---	---	---
Ce 144	$8,1 \cdot 10^7$	2,2	0,12	---	---	---
H - 3 (Ci)	$5,6 \cdot 10^{12}$	150		$2,9 \cdot 10^{11}$	7,9	
Summe ohne H - 3 (Ci)	$6,6 \cdot 10^{10}$	1,78	100	$2,4 \cdot 10^8$	0,0065	
Zulässig (Ci)	$6,7 \cdot 10^{11}$	18,0		$2,2 \cdot 10^{10}$	0,6	
Zulässig H - 3 (Ci)	---	-*)		$1,8 \cdot 10^{13}$	480	

\*) H - 3 Abgaben über Konzentrationen im Kühlwasserauslauf begrenzt.

Tabelle 4b:

Abgabe radioaktiver Stoffe aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland  
im Jahre 1975

Kernkraft- werke	Grundremmingen			Lingen		
	Radio- nuklide	Bq	mCi	(%)	Bq	mCi
Cr 51	—	—	—	—	—	—
Mn 54	$3,7 \cdot 10^8$	10	0,96	$3,3 \cdot 10^5$	0,0090	0,02
Fe 59	$5,6 \cdot 10^7$	1,5	0,14	—	—	—
Co 57	—	—	—	$1,7 \cdot 10^6$	0,046	0,10
Co 58	$2,0 \cdot 10^9$	54	5,16	$1,8 \cdot 10^7$	0,48	1,06
Co 60	$2,3 \cdot 10^9$	61	5,84	$4,8 \cdot 10^8$	13	29,49
Zn 65	—	—	—	—	—	—
Sr 89	$1,4 \cdot 10^{10}$	368	34,96	$3,7 \cdot 10^7$	1,0	2,24
Sr 90	$2,9 \cdot 10^9$	79	7,46	$4,4 \cdot 10^6$	0,12	0,26
Zr 95	$1,7 \cdot 10^8$	4,5	0,42	$3,7 \cdot 10^7$	1,0	2,30
Nb 95	$2,3 \cdot 10^8$	6,3	0,60	$7,4 \cdot 10^7$	2,0	4,34
Ru 103	$1,0 \cdot 10^8$	2,8	0,26	$1,3 \cdot 10^7$	0,34	0,75
Ag 110 m	$6,3 \cdot 10^7$	1,7	0,16	—	—	—
Sb 124	$1,1 \cdot 10^8$	2,9	0,27	—	—	—
Sb 125	$1,3 \cdot 10^8$	3,6	0,34	—	—	—
J 131	$9,6 \cdot 10^9$	259	24,57	$4,4 \cdot 10^8$	12	26,26
Cs 134	$2,0 \cdot 10^9$	55	5,22	$1,5 \cdot 10^8$	4,0	8,88
Cs 137	$4,2 \cdot 10^9$	114	10,84	$3,4 \cdot 10^8$	9,2	20,31
Ba 140	$4,1 \cdot 10^8$	11	1,05	—	—	—
La 140	$4,1 \cdot 10^8$	11	1,05	$1,4 \cdot 10^7$	0,39	0,85
Ce 141	$1,1 \cdot 10^8$	3,1	0,29	$4,1 \cdot 10^7$	1,1	2,47
Ce 144	$1,6 \cdot 10^8$	4,3	0,41	$1,1 \cdot 10^7$	0,30	0,67
H - 3 (Ci)	$4,6 \cdot 10^{12}$	125		$6,1 \cdot 10^{11}$	16,5	
Summe ohne H - 3 (Ci)	$3,9 \cdot 10^9$	1,05		$1,7 \cdot 10^9$	0,045	
Zulässig (Ci)	$5,4 \cdot 10^{11}$	14,6		$2,1 \cdot 10^{11}$	5,6	
Zulässig H - 3 (Ci)	$1,6 \cdot 10^{13}$	440		—	—*)	

\*) H - 3 Abgaben über Konzentrationen im Kühlwasser begrenzt.

Tabelle 4b:

## Abgabe radioaktiver Stoffe aus dem Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975

Kernkraftwerke	Stade			Würgassen		
	Bq	mCi	(%)	Bq	mCi	(%)
Cr 51	$2,6 \cdot 10^7$	0,69	0,55	$5,2 \cdot 10^8$	14	1,51
Me 54	$1,8 \cdot 10^8$	4,8	3,78	$4,8 \cdot 10^8$	13	1,43
Fe 59	$5,6 \cdot 10^6$	0,15	0,12	---	---	---
Co 57	$4,4 \cdot 10^5$	0,012	0,01	---	---	---
Co 58	$5,2 \cdot 10^8$	14	11,43	$3,7 \cdot 10^9$	100	11,19
Co 60	$1,0 \cdot 10^9$	28	21,80	$2,1 \cdot 10^{10}$	560	62,63
Zn 65	---	---	---	$5,8 \cdot 10^9$	157	17,66
Sr 89	$2,4 \cdot 10^6$	0,065	0,05	$2,3 \cdot 10^7$	0,62	0,07
Sr 90	$3,7 \cdot 10^6$	0,10	0,08	$8,9 \cdot 10^5$	0,024	0,01
Zr 95	---	---	---	---	---	---
Nb 95	$2,8 \cdot 10^7$	0,75	0,59	---	---	---
Ru 103	$5,6 \cdot 10^6$	0,15	0,12	---	---	---
Ag 110 m	$8,1 \cdot 10^8$	22	17,65	---	---	---
Sb 124	$9,3 \cdot 10^8$	25	19,72	$5,2 \cdot 10^6$	0,14	0,02
Sb 125	---	---	---	---	---	---
J 131	$1,0 \cdot 10^8$	2,8	2,23	$1,1 \cdot 10^9$	31	3,48
Cs 134	$1,9 \cdot 10^8$	5,1	4,05	$2,0 \cdot 10^8$	5,5	0,61
Cs 137	$8,1 \cdot 10^8$	22	17,73	$4,4 \cdot 10^8$	12	1,39
Ba 140	---	---	---	---	---	---
La 140	$7,8 \cdot 10^5$	0,021	0,02	---	---	---
Ce 141	---	---	---	---	---	---
Ce 144	$3,0 \cdot 10^6$	0,082	0,06	---	---	---
H - 3 (Ci)	$4,2 \cdot 10^{12}$	114		$1,3 \cdot 10^{11}$	3,6	
Summe ohne H - 3 (Ci)	$4,7 \cdot 10^9$	0,126		$3,3 \cdot 10^{10}$	0,893	
Zulässig (Ci)	$1,9 \cdot 10^{11}$	5,0		$2,5 \cdot 10^{11}$	6,7	
Zulässig H - 3 (Ci)	$4,8 \cdot 10^{13}$	1300		$1,1 \cdot 10^{13}$	300	

Tabelle 4b:

## Abgabe radioaktiver Stoffe aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975

Kernkraftwerke	Niederaichbach			Biblis A		
	Bq	mCi	(%)	Bq	mCi	(%)
Cr 51	---	---	---	---	---	---
Mn 54	$1,1 \cdot 10^6$	0,029	1,02	$2,8 \cdot 10^6$	0,077	0,02
Fe 59	---	---	---	---	---	---
Co 57	---	---	---	---	---	---
Co 58	---	---	---	$1,4 \cdot 10^9$	37	9,88
Co 60	$1,0 \cdot 10^8$	2,7	97,28	$2,9 \cdot 10^8$	7,8	2,08
Zn 65	---	---	---	---	---	---
Sr 89	$6,9 \cdot 10^5$	0,016	0,55	$6,3 \cdot 10^5$	0,017	0,01
Sr 90	$4,8 \cdot 10^5$	0,013	0,47	$1,1 \cdot 10^4$	0,0003	0,01
Zr 95	---	---	---	---	---	---
Nb 95	---	---	---	---	---	---
Ru 103	---	---	---	---	---	---
Ag 110 m	---	---	---	---	---	---
Sb 124	---	---	---	---	---	---
Sb 125	---	---	---	---	---	---
J 131	---	---	---	$5,9 \cdot 10^8$	16	4,18
Cs 134	---	---	---	$8,9 \cdot 10^7$	2,4	0,65
Cs 137	$1,4 \cdot 10^5$	0,0037	0,13	$4,1 \cdot 10^8$	11	2,83
Ba 140	---	---	---	---	---	---
La 140	---	---	---	---	---	---
Ce 141	---	---	---	---	---	---
Ce 144	---	---	---	---	---	---
H-3 (Ci)	$1,1 \cdot 10^{12}$	29		$3,9 \cdot 10^{12}$	106	
Summe ohne H-3 (Ci)	$1,0 \cdot 10^8$	0,0028		$1,4 \cdot 10^{10}$	0,376	
Zulässig (Ci)		0,84		$3,2 \cdot 10^{11}$	10,0	
Zulässig H-3 (Ci)	$2,2 \cdot 10^{14}$	6000		$5,9 \cdot 10^{13}$	1600	



Tabelle 4b:

Abgabe radioaktiver Stoffe aus den Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland  
im Jahre 1975

Kernkraftwerke	Summe		
	Bq	mCi	%
Cr 51	$7,8 \cdot 10^8$	21,1	0,49
Mn 54	$1,4 \cdot 10^9$	37,6	0,88
Fe 59	$6,3 \cdot 10^7$	1,7	0,04
Co 57	$1,9 \cdot 10^7$	0,5	0,01
Co 58	$1,1 \cdot 10^{10}$	288,5	6,73
Co 60	$3,4 \cdot 10^{10}$	928,6	21,68
Zn 65	$5,8 \cdot 10^9$	157	3,67
Sr 89	$1,4 \cdot 10^{10}$	383,8	8,96
Sr 90	$3,0 \cdot 10^9$	81,5	1,90
Zr 95	$3,6 \cdot 10^8$	9,8	0,23
Nb 95	$6,0 \cdot 10^8$	16,2	0,38
Ru 103	$3,0 \cdot 10^8$	9,1	0,19
Ag 101 m	$9,0 \cdot 10^8$	24,2	0,56
Sb 124	$1,2 \cdot 10^{10}$	331,9	7,75
Sb 125	$3,1 \cdot 10^8$	3,6	0,08
J 131	$1,2 \cdot 10^{10}$	335,8	7,84
Cs 134	$1,9 \cdot 10^{10}$	522,2	12,19
Cs 137	$2,5 \cdot 10^{10}$	676,1	15,78
Ba 140	$8,4 \cdot 10^9$	226,0	5,28
La 140	$7,5 \cdot 10^9$	202,4	4,73
Ce 141	$7,5 \cdot 10$	20,2	0,47
Ce 144	$2,4 \cdot 10^8$	6,9	0,16
H - 3 (Ci)	$2,0 \cdot 10^{13}$	552	
Summe ohne H - 3 (Ci)	$1,6 \cdot 10^{11}$	4,28	
Zulässig (Ci)	$2,3 \cdot 10^{12}$	61,0	
Zulässig H - 3 (Ci)	—	—	

### 3. Strahlenbiologie und Strahlenschutz

Die Wirkung jeder Strahlung auf Lebewesen beruht auf der Wechselwirkung zwischen dieser Strahlung und der biologischen Substanz. Wirksam wird nur die im Organismus absorbierte Strahlenenergie. Zwischen der primären physikalischen Wechselwirkung und der Manifestation einer Wirkung liegt ein mehr oder weniger großes Zeitintervall, das "Latenzzeit" genannt wird. Man unterscheidet zwischen Früh- und Spätschäden. Bei Frühschäden kann die Latenzzeit Stunden bis Tage betragen, bei Spätschäden kann sie in der Größenordnung von Jahren oder sogar Jahrzehnten liegen.

Weiterhin muß zwischen somatischen und genetischen Schäden unterschieden werden. Von somatischen Schäden und Wirkungen spricht man, wenn sie beim bestrahlten Individuum (z.B. bei der strahlenbelasteten Person oder einer Personengruppe) selbst auftreten und von genetischen Schäden, wenn durch eine Veränderung der genetischen Substanz erst eine Schädigung nachfolgender Generationen festgestellt wird. Die wichtigsten somatischen Spätschäden sind die Entstehung bösartiger Erkrankungen, z.B. Leukämie oder Knochenkrebs.

Gelangen radioaktive Stoffe mit Trinkwasser oder Lebensmitteln in den menschlichen Körper, so wird je nach Art des radioaktiven Stoffes der Anteil, der vom Magendarmtrakt resorbiert wird, unterschiedlich sein. Darüber hinaus wird je nach chemischer Eigenschaft des Stoffes eine unterschiedliche Verteilung und Verweilzeit in den verschiedenen Organen und Organsystemen stattfinden. Bei Kenntnis der Art und Energie der Strahlung kann hieraus die absorbierte Dosis berechnet werden. Von verschiedenen Strahlenarten können bei gleicher Energiedosis die resultierenden biologischen Wirkungen unterschiedlich sein. Zur Berücksichtigung dieser Unterschiede wurden für die verschiedenen Strahlenarten Bewertungsfaktoren  $q$  (siehe 2.1) (früher RBW) eingeführt.

Zum Schutz der Bevölkerung vor einer Gefährdung durch ionisierende Strahlen wurden von der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICRP) höchstzulassene Dosiswerte (MZD) empfohlen.

Ausgehend von den für "Beschäftigte" maximal zugelassenen Dosiswerten (MZD) wurde für diese Personengruppe von der ICRP für eine große Zahl von Radionukliden maximal zugelassene Konzentrationen in Trinkwasser und Atemluft berechnet (9).

Die Grundlage für die Festlegung der MZK-Werte in Trinkwasser und Atemluft ist die Ermittlung der biologischen Wirkung, die die Strahlung eines inkorporierten Radionuklids im Körper erzeugt.

Hierfür wird mit einer kontinuierlichen Zufuhr der Radionuklide über 50 Jahre sowie mit einer täglichen Luftaufnahme von  $2 \cdot 10^4$  l und einer täglichen Wasseraufnahme von 2,2 l gerechnet. Bei Vorliegen der maximal zugelassenen Konzentration könnte also ein "Beschäftigter" während seines ganzen Lebens dieses Wasser trinken, ohne daß die von der ICRP höchstzulassene Strahlenbelastung überschritten wird, sofern nicht über andere Wege (z.B. Radionuklidaufnahme mit der Nahrung, Bestrahlung von außen) ein wesentlicher Beitrag geliefert wird.

Die MZD-Werte wurden auch den in der Ersten Strahlenschutzverordnung (1. StrlSchV) aufgeführten Konzentrationswerten für Wasser und Luft, aus denen Konzentrationswerte für Abluft und Abwasser abgeleitet werden, zugrunde gelegt (8).

Die gesamten Berechnungen sind auf einen längeren Zeitraum bezogen. Eine kurzzeitige höhere Exposition bedeutet strahlenbiologisch keine Gefährdung, wenn die mittlere zulässige Jahresdosis eingehalten wird. Für eine endgültige Beurteilung einer Konzentration im Wasser muß deshalb die mittlere Wasseraufnahme und die mittlere Zufuhr an Radionukliden über größere Zeiträume berücksichtigt werden.

Die von der ICRP festgelegten Konzentrationswerte für Wasser unterscheiden sich wegen der sehr unterschiedlichen physikalischen und strahlenbiologischen Daten der einzelnen Radionuklide um mehrere Zehnerpotenzen voneinander. So hat z.B. Tritium (H - 3) eine MZK von

$1.1 \cdot 10^3$  Bq/ml ( $3 \cdot 10^{-2} \mu$  Ci/ml = 30.000 pCi/l) und Sr-90 von 0.148 Bq/ml  
( $4 \cdot 10^{-6} \mu$  Ci/ml = 4 pCi/l) (11).

Unabhängig von den hier diskutierten Konzentrationen radioaktiver Stoffe im Wasser wurde von der ICRP schon früh der Grundsatz des Strahlenschutzes empfohlen, daß jede unnötige Strahlenbelastung zu vermeiden ist. Dieser Grundsatz wurde auch im Artikel 6 der "Grundnormen für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung und der Arbeitskräfte gegen die Gefahren ionisierender Strahlen" (Euratom-Grundnormen 1966) übernommen. Darüberhinaus beinhaltet der § 21 der 1. StrlSchV diese Forderung und im § 28 der StrlSchV vom 13. Oktober 1976 heißt es, daß jede Strahlenexposition oder Kontamination von Personen, Sachgütern oder der Umwelt so gering wie möglich zu halten ist.

Bei der Beurteilung radioaktiver Stoffe im Trinkwasser ist die Belastung der Bevölkerung durch andere Strahleneinwirkungen, wie z.B. radioaktive Stoffe in Lebensmitteln, Luft und Umgebungstrahlung zu berücksichtigen.

In der StrlSchV werden beruflich "Strahlenexponierte Personen", Personen in "Betrieblichen Überwachungsbereichen" und Personen in "Außerbetrieblichen Überwachungsbereichen" unterschieden.

Für ersteren Personenkreis (d.h. für den "Kontrollbereich") wurden die höchstzulässigen Jahresdosen gemäß den ICRP-Empfehlungen, nämlich

0.05 J/kg · a ( 5 rem/a) für Ganzkörper, Gonaden und blutbildende Organe

0.3 J/kg · a (30 rem/a) für Knochen, Schilddrüsen und Haut

0.15 J/kg · a (15 rem/a) für alle anderen Organe

beibehalten, der Begriff der Lebensalterdosis wurde fallengelassen. (§ 49 StrlSchV).

Im "Betrieblichen Überwachungsbereich" (d.h., der Bereich, der sich an den Kontrollbereich anschließt), darf die jährlich zugelassene Dosis 1/10 der Werte, die für den "Kontrollbereich" gelten, nicht überschreiten, d.h. der Grenzwert der Ganzkörper beträgt

5 mJ/kg · a (500 mrem/a) (§ 51 StrlSchV).

In dem an den "Betrieblichen Überwachungsbereich" anschließenden "Außerbetrieblichen Überwachungsbereich" darf die Ganzkörperschaft 1.5 mJ/kg · a (150 mrem/a) nicht überschreiten. (§ 44 StrlSchV). Die zuständige Behörde kann allerdings zulassen, daß hier in bestimmten Einzelfällen, die Ganzkörperdosis bis zu 5 mJ/kg · a (500 mrem/a) erhöht wird, wenn dadurch die in § 45 der StrlSchV festgelegten Ziele nicht beeinträchtigt werden. Darin ist festgelegt, daß die durch Ableitung radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser bedingte Strahlenexposition des Menschen so gering wie möglich gehalten werden muß und höchstens jeweils 3/500, im Falle der Schilddrüse insgesamt höchstens jeweils 3/1000 der für beruflich strahlenexponierte Personen höchstzulässigen Jahresdosen d.h. 0,3 mJ/kg · a (30 mrem/a) GK-Dosis und 0.9 mJ/kg · a (90 mrem/a) SD Dosis betragen darf. Diese Dosisgrenzwerte gelten auch für Bereiche, die nicht Strahlenschutzbereiche sind.

Die Werte entsprechen den schon 1969 von der Fachkommission Strahlenschutz der Deutschen Atomkommission vorgeschlagenen Planungsrichtwerten, dem sogenannten 30 mrem-Konzept, das in den letzten Jahren bei den einzelnen Genehmigungsverfahren für Kernkraftwerke bereits zugrundegelegt wurde.

Die entsprechenden Strahlenexpositionen müssen unter Berücksichtigung sämtlicher relevanter Belastungspfade einschließlich der Ernährungsketten bestimmt werden (s. Kapitel Radioökologie).

Wegen der äußerst geringen Belastung der Umwelt mit radioaktiven Stoffen, die aus den Ableitungen aus kerntechnischen Anlagen resultiert, können diese Strahlenexpositionen nur mittels Dosismodellen berechnet werden, die von den Emissionsdaten ausgehen. Die Erfassung der Abgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser nach Art und Aktivität ist demnach vordringlich und wichtigste Grundlage für die Beurteilung des resultierenden Strahlenrisikos der Bevölkerung.

Literatur: (9), (10), (11)

#### 4. Radioökologie

Das Wort *Ökologie* wird abgeleitet vom griechischen Wort "oikos", das Haus oder Raum bedeutet. Ökologie ist die Wissenschaft von den gesamten Lebensbeziehungen, wie sie zwischen den Organismen und zwischen den Lebensräumen und Organismen ablaufen. In moderner Definition kann man sie beschreiben als die Wissenschaft von der Struktur und Funktion der Natur.

Durch die Kernwaffentests und die Weiterentwicklung der Kerntechnik wurden große Mengen radioaktiver Stoffe freigesetzt, die über die verschiedensten Transportwege in die Umwelt verbreitet werden. Das Auftreten dieser Stoffe in der Biosphäre hat zur Entwicklung der Radioökologie geführt, die Anfang der fünfziger Jahre durch wissenschaftliche Arbeiten von *Kuzin*, *Peredel'skiy* und *Odum* (\*) in das öffentliche Bewußtsein gehoben wurden. Neben der Ermittlung der Größen, die den Transport der Radionuklide bedingen, wird von der Radioökologie auch die Wirkung der in den Organismus eingebauten Radioaktivität auf die Organismen selbst berücksichtigt. Bei allen radioökologischen Untersuchungen steht jedoch im Vordergrund, den Menschen von einer unzulässig hohen Strahlenexposition zu schützen sowie die Struktur und Funktion seines Lebensraumes zu erhalten.

Im folgenden sollen einige radioökologische Begriffe und Transportwege beschrieben werden, die die Maßnahmen und Regelungen verständlich machen sollen, die zur Sicherung unserer Wasservorräte erforderlich sind.

\*) Polikarpov, G.G.: Radioecology of Aquatic Organismus, North-Holland Publishing Company 1966

##### 4.1 Biologische Anreicherung – Nahrungsketten

Radioaktive Stoffe werden in der gleichen Weise von allen Organismen aufgenommen, wie ihre aktiven Isotope und in die Organe je nach ihrer physiologischen Bedeutung eingebaut. Der Organismus besitzt kein Selektionsvermögen, er unterscheidet nicht zwischen aktiv und inaktiv, maßgeblich bleibt das Vorhandensein der für die Lebensfunktionen notwendigen Stoffe. Fehlen sie oder werden sie begrenzender Faktor für die Entwicklung, kann sich eine Biozönose (Lebensgemeinschaft) hinsichtlich ihrer Zusammensetzung vollständig ändern, das gilt gleichsinnig auch für ein Übergangsgebiet. Im Gleichgewichtszustand zwischen der Aufnahme und der durch den Stoffwechsel bedingten Abgabe von Stoffen entsteht im Organismus im allgemeinen eine höhere Konzentration als in der gewichtsgleichen Wassermenge. Das Verhältnis dieser Konzentrationen nennt man den Konzentrationsfaktor. Er ist keine physikalische Konstante, sondern beschreibt einfach das bei dem Transport der Radionuklide durch die Nahrungskette in einem bestimmten Glied der Nahrungskette entstehende Konzentrationsverhältnis zur Umgebung, das durch das Nahrungsangebot und die physikalisch-chemischen Verhältnisse des Gewässers bedingt ist. Dabei ist es im Gleichgewichtsfall gleichgültig, ob die Aufnahme direkt aus dem Wasser oder über die Nahrungskette erfolgte.

Die Anreicherung über die Nahrungskette erfolgt nicht multiplikativ, d.h. es gilt nicht Konzentrationsfaktor im Plakton mal Konzentrationsfaktor im Zooplankton mal Konzentrationsfaktor im Fisch. Das würde sonst bedeuten, daß Fische als mögliche Endglieder in einer Nahrungskette gegenüber den ersten Gliedern in dieser Nahrungskette einen überhöhten Gehalt an Metallen wie Eisen, Mangan, Zink und Kupfer besitzen müßten, was aber nicht der Fall ist. Die wichtigsten zum Leben notwendigen Elemente werden homöostatisch geregelt, d.h. nach Angebot und Bedarf im Organismus aufgenommen oder wieder abgewiesen. Nur bei toxischen Konzentrationen versagt der Regelmechanismus, er wird durchbrochen.

Die ermittelten Konzentrationsfaktoren besitzen eine große Streubreite (s. Tab. 5), da sie nicht nur abhängig sind von der Art des Organismus, sondern auch vom Aufnahmeweg des Nuklids, dem spezifischen Radioisotop, der chemischen Begleitstoffe des Wassers, der Jahreszeit, der Temperatur und ähnlichem. Maximale Anreicherungen wurden sowohl im Seston resp. im Plankton beobachtet als auch in niederen aquatischen Pflanzen wie z.B. den Algen. (Konzentrationsfaktoren bis  $10^5$  wurden beobachtet).

Die für die Bevölkerung bedeutsamen Konzentrationsfaktoren im Fischfleisch sind in Tabelle 5 wiedergegeben, in der die im Süßwasser ermittelten Konzentrationswerte mit ihren Streubreiten zusammengefaßt sind.

Um der Gesamtbevölkerung nicht mehr als die festgelegte Strahlendosis pro Jahr über die Nahrungskette zuzumuten, muß die mittlere Gewässerkonzentration so niedrig gehalten werden, daß über Anreicherungsvorgänge keine unzulässig hohe Kontamination des Fischfleisches entsteht.

Zur Erfassung der Vorgänge werden folgende Gegebenheiten u.a. berücksichtigt:

- Physikalisch-chemischer Zustand der Gewässer.
- Bestimmung von Isotopen und homologen Elementen der interessierenden Radionuklide.
- Bestimmung von Art- und Mengenzusammensetzung der im Fluß lebenden Organismen.
- Ermittlung der Fischproduktion und des Endverbrauchers.
- Bestimmung der Konzentrationsfaktoren aus den Konzentrationsverhältnissen der inaktiven Isotope (wenn nicht befriedigend durchführbar, können Literaturdaten herangezogen werden, wenn die Flüsse sowohl in ihrem physikalisch-chemischen Zustand als auch in der Artenbesiedlung vergleichbar sind).

**Tabelle 5**

**Konzentrationsfaktoren für eßbare Anteile von Wasserorganismen für den Süßwasserbereich**

Element	Fisch	Invertebraten	Pflanzen (Algen)
H	1	1	1
Cr	4000	2000	4000
Mn	400	90000	12000
Fe	100	3200	1000
Co	50	200	200
Zn	2000	10000	130000
Sr	30	100	500
Zr	3	7	1000
Nb	30000	100	800
Ru	10	300	2000
Ag	3	800	200
Sb	1	10	1500
J	15	5	40
Cs	1000	100	500
Ba	4	200	500
La	25	1000	5000
Ce	25	1000	5000

Literatur: Concentration factors of chemical elements in edible aquatic organisms.  
 USAEC report - UCRL - 50564 - Rev. I. (1972)

**4.2 Äußere Bestrahlung durch radioaktive Stoffe im Sediment**

Die radioaktiven Stoffe liegen ähnlich wie die stabilen Elemente teils gelöst, teils ungelöst im Gewässer vor und können hauptsächlich am Triptonanteil des Seston adsorbiert werden.

Seston ist die Gesamtheit der im Wasser schwebenden Teile. Der belebte Anteil der Sestons ist das Plankton. Unter Tripton versteht man die Schwebstoffe der unbelebten Materie wie Feinsand, Humus, Ton, organischer Detritus und anderes. Für die Aktivitätsverteilung im Sediment von Fließgewässern ist die Adsorption im Tripton entscheidend, während bei stehenden Gewässern das Plankton den maßgeblichen Einfluß hat. Die Verteilung der Isotope in gelöster oder ungelöster Form ist im Flußsystem sehr unterschiedlich und u.a. auch von der Jahreszeit abhängig. Aus der Clinch River Studie und den Erfahrungen mit dem US-Kraftwerk Dresden ist bekannt (\*), daß besonders die Radionuklide des Kobalts und des Cäsiums im Sediment angereichert werden.

Für Bereiche, in denen die Sedimente gelegentlich durch Niedrigwasser, Verlagerung bei Hochwasser, Tidebewegungen oder durch Regulierungsmaßnahmen frei liegen, wurden Studien durchgeführt, um abschätzen zu können, wie hoch für die Fluß- oder Kanalarbeiter sowie für die erholungssuchende Bevölkerung die Strahlenexposition werden kann.

Alle Abschätzungen und Messungen zeigten, daß dieser Pfad für die Exposition völlig unbedeutend ist. Eine Überprüfung dieser Expositionsmöglichkeit ist jedoch immer ratsam.

Zur Beurteilung der Gegebenheiten spielen nachstehend aufgeführte Untersuchungen eine Rolle:

Untersuchung des jährlichen Schwebstofftransportes und seiner Zusammensetzung.

Bestimmung der Sedimentationsraten in kritischen Zonen wie Staustufen und Wattengebieten.

Aufenthaltszeit von Personen am Gewässer.

Clinch River Studie, Report ORNL-4035 (1967)

Radiological Surveillance Studies at a Boiling Water Nuclear Power Reactor, EPA-Report BRH/DER 70-1 (1974)

### 4.3 Nutzung der Gewässer zu landbaulichen Zwecken

Zum Erhalt oder zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion im Rahmen der Bedarfsdeckung ist die Bewässerung der landbaulich genutzten Flächen in weiten Bereichen der Bundesrepublik Deutschland unabdingbar geworden; das gilt insbesondere für den Bereich der Sonderkulturen. Zur Bewässerung werden eingesetzt: Oberflächen-, Grund- und Quellwasser, ferner vereinzelt auch Abwasser. Die in den Wässern enthaltenen radioaktiven Stoffe werden mit ganz wenigen Ausnahmen bei der Bewässerung in den obersten Bodenschichten (der Krume) festgehalten und nicht in das Grundwasser verfrachtet. Dadurch kann in der Bodenkrume eine Anreicherung von Radionukliden stattfinden, aus der sie gemeinsam mit ihren inaktiven Isotopen in den Pflanzenkörper aufgenommen werden können.

Die hier in Betracht kommenden Pflanzen sind ein Glied in der Nahrungskette Pflanze – Tier – Mensch oder unmittelbar Pflanze – Mensch. Das zur Bewässerung zu nutzende Wasser muß daher regelmäßig untersucht werden.

Wasser wird in der Landwirtschaft auch zum Tränken eingesetzt, wobei auch Oberflächenwasser unmittelbar aufgenommen werden kann. Auch hier ist hinsichtlich der Aufnahme radioaktiver Stoffe zwischen der Inkorporierung und der Abgabe im Zusammenhang mit dem Stoffwechsel zu unterscheiden. So können beispielsweise beim Tränken von Weidevieh Aktivitäten in die Milch übergehen, die je Liter Milch bei den

Kobalt-Isotopen	0,01 %
den Strontium-Isotopen	0,1 %
den Jod-Isotopen	1 %
und	
den Cäsium-Isotopen	1 %

der mit dem Tränkwasser aufgenommenen Aktivitäten betragen können. Durch die Tränkung erfolgt so zwar ein Übergang in die Milch, führt jedoch nicht zu einer Konzentrierung.

Literatur: (14), (15), (16), (17)



#### 4.4 Nutzung der Gewässer zu Trink- und Brauchwasserzwecken

Wegen der äußerst geringen Konzentrationen radioaktiver Stoffe im Vorfluter, die aus den Ableitungen radioaktiver Abwässer aus KKW resultieren, führt eine Verwendung des Oberflächenwassers als Trinkwasser zu sehr niedrigen Strahlenexpositionen, selbst wenn man diese unter ungünstigen Annahmen abschätzt, indem man den radioaktiven Zerfall während der Zeit zwischen Emission und Trinkwasserverbrauch und Sorptionsprozesse bei der Passage von Bodenschichten und bei der Aufbereitung unberücksichtigt läßt. Es ist deshalb ausreichend, obere Grenzen für die Jahresabgaben radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser festzulegen.

Die Einbringung radioaktiver Stoffe in den Boden ist nach § 34 Ab. 5 der 1. StrlSchV und auch durch entsprechende Vorschriften in der Neufassung der StrlSchV verboten, so daß eine direkte Kontamination von Grundwasser nicht möglich ist. Die Möglichkeit einer Gefährdung von Grundwasser durch die Abgabe radioaktiver Aerosole mit der Abluft läßt sich durch Vergleich mit der Umweltradioaktivität durch den Fallout abschätzen. Die Jahresabgaben langlebiger radioaktiver Aerosole liegen nach den in den letzten Jahren in den deutschen Kernkraftwerken durchgeführten Messungen zwischen  $3,7 \cdot 10^8$  und  $3,7 \cdot 10^9$  Bq ( $10 - 100$  mCi). Selbst bei einer erhöhten Abgabe von  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq/a ( $1$  Ci/a) würde bei einem ungünstigen angesetzten maximalen meteorologischen Ausbreitungsfaktor von  $3 \cdot 10^{-7}$  s/m<sup>3</sup> in der bodennahen Luft eine maximale mittlere Gesamtkonzentration von weniger als  $3,7 \cdot 10^{-4}$  Bq/m<sup>3</sup> ( $10^{-14}$  Ci/m<sup>3</sup>) resultieren. In dieser Größenordnung lag 1973 die Konzentration von Fallout-Nukliden in bodennaher Luft, zu Zeiten des Fallout-Maximum 1962/63 wären die Konzentrationen um mehr als den Faktor 100 höher.

Im Grundwasser konnten Fallout-Nuklide zu dieser Zeit nachgewiesen werden, so wurde z.B. für Sr-90 im Januar 1964 in der Bundesrepublik Deutschland eine mittlere Konzentration von  $3,7 \cdot 10^{-3}$  Bq/l ( $0,10$  pCi/l) ( $1/40000$  der MZK<sub>T<sub>w</sub></sub>) gemessen, 1967 lagen die monatlichen Mittelwerte unter  $7,4 \cdot 10^{-5}$  Bq/l ( $0,002$  pCi/l).

Eine Gefährdung des Grundwassers durch radioaktive Aerosole kann bei Normalbetrieb eines Kernkraftwerkes somit ausgeschlossen werden. Für einen Störfall der zu höheren Radioaktivitätsabgaben mit der Abluft führen kann, ist die zu erwartende Strahlenbelastung durch Trinkwasser, sei es aus Oberflächenwasser gewonnen, sei es Grundwasser, gegenüber der durch andere Expositionswege (z.B. Umgebungsstrahlung, Aufnahme radioaktiver Stoffe durch Inhalation) gering. Sie wird relativ zu den anderen Komponenten nur da von Bedeutung sein, wo es nicht oder nur zu einer geringen Ablagerung auf dem Boden kommt, also z.B. in Gebieten, denen Oberflächenwasser aus dem betroffenen Nahbereich eines Kernkraftwerkes zufließt oder die Grundwasser von dort beziehen. Dementsprechend könnten dann Schutzmaßnahmen eingeleitet werden (13).

## 5. Grundsätze der Umgebungsüberwachung

In den Richtlinien (Anlage 1) ist festgelegt, wie die Emission (Ableitung) radioaktiver Abwässer zu überwachen und zu kontrollieren ist. \*)

Zur Verfolgung der Auswirkungen dieser Emissionen im Gewässer werden von der zuständigen Behörde zusätzliche Messungen im Gewässerbereich gefordert.

Die Umgebungsüberwachung hat das Ziel

- eine Abschätzung der Strahlenexposition der Bevölkerung zu erlauben,
- die Kontrolle des radioökologischen Modells zu ermöglichen, das den Berechnungen der maximalen Ableitungen zu Grunde lag,
- eine Einübung von Probenahme und Messung für einen Störfall zu gewährleisten.

Aus diesen Überlegungen heraus ist es erforderlich, in regelmäßigen Abständen die Messung der Radionuklidkonzentrationen

- im Vorfluter-Wasser
- im Fisch (eßbare Anteile)

und unter Berücksichtigung örtlicher Gegebenheiten

- im Trinkwasser von Uferfiltraten

durchzuführen. Darüberhinaus sollte als integrierende Messung für die Beurteilung der Langzeitentwicklung die Messung geeigneter Sedimente sowie der Makroflora durchgeführt werden.

Die Messungen zur Ermittlung der Aktivität umfassen integrale  $\gamma$ -Aktivität und Einzelnuklidebestimmungen, (wie beispielsweise J-131, Cs-137, Sr-90, Tritium,  $\gamma$ -Spektren, radiochemische Analysen).

Die Festlegung repräsentativer Meßstellen und Art und Häufigkeit der Messungen erfolgen durch die zuständige Behörde nach Abstimmung mit den entsprechenden Fachbehörden in einem Meßprogramm.

Dieses Meßprogramm muß bereits vor der Inbetriebnahme der Reaktoranlage beginnen und nach Inbetriebnahme ggf. modifiziert, weitergeführt werden.

Die Messungen werden teilweise vom Betreiber des Kernkraftwerkes und teilweise von beauftragten wissenschaftlichen Institutionen durchgeführt. Die Ergebnisse der vom Betreiber durchzuführenden Untersuchungen sind in Vierteljahres- sowie in Jahresberichten zusammengefaßt der zuständigen Behörde vorzulegen.

\*) Derzeit wird vom BMI eine "Richtlinie für Maßnahmen zur radioökologischen Überwachung von kerntechnischen Anlagen" erarbeitet.

## 6. Literatur

### zu Radioaktivität und Strahlenbelastung

- ( 1 ) K. Aurand, H. Bücken et al: Die natürliche Strahlenexposition des Menschen, G. Thieme Verlag, Stuttgart (1974)
- ( 2 ) Der Bundesminister des Innern: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 1973
- ( 3 ) K. Aurand, I. Gans und H. Rühle: Vorkommen natürlicher Radionuklide im Wasser, in "Die natürliche Strahlenexposition des Menschen" herausgegeben von K. Aurand, H. Bücken et al., G. Thieme Verlag, Stuttgart (1974)
- ( 4 ) K. Aurand, J. Arndt, H. Rühle und R. Wolter: Abgabe radioaktiver Abwässer aus Kernkraftwerken, Atomwirtschaft 18, Nr. 11 (1973), 529-531
- ( 5 ) K. Aurand: Erfassung radioaktiver Abwässer aus Kernkraftwerken Atomwirtschaft 19 Nr. 6 (1974), 296-299
- ( 6 ) R. Wolter u. J. Arndt: Abgabe radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser aus Kernkraftwerken der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1974, Bundesgesundheitsblatt 18 Nr. 7 (1975), 113 - 115
- ( 7 ) Strahlenschutzregeln für die technische Anwendung umschlossener radioaktiver Stoffe, DIN 54115
- ( 8 ) K. H. Lindackers, Kernenergie, Entfesselung und Bändigung der Atomkraft, Rowohlt, August 1972
- ( 9 ) Recommendations on the international Commission Radiological Protection (ICRP), Publication 2: Report of Committee II on Permissible Doses for internal Radiation (1959) Pergamon Press, London - New York
- (10) Erste Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Strahlen radioaktiver Stoffe (Erste Strahlenschutzverordnung) Bundesgesetzblatt I (1965), S. 1653 - 1684
- (11) ICRP-Publ. 6 (1962)
- (12) Der Bundesminister für Bildung und Wissenschaft: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Umweltüberwachung 1956-1968, Gersbach u. Sohn, München 1970
- (13) Radioaktive Stoffe und Trinkwasserversorgung bei nuklearen Katastrophen; Bericht der Arbeitsgruppe "Trinkwasser-Kontamination", erstellt im Auftrag des Bundesministers des Innern, Bonn 1971
- (14) W. Feldt: Reserach on the Maximum Radioactive Burden of some German Rivers. Proc. of a IAEA Symp. an Environmental Aspects of Nuclear Power Stations, 10.-14. Aug. 1970, New York.
- (15) W. Feldt: Strahlenschutzaspekte der aquatischen Radioökologie. Tagungsbericht des Int. Symp. der EG über die Radioökologie, angewendet auf den Schutz des Menschen und seiner Umwelt, 7.-10.9.1971, Rom
- (16) W. Feldt: Radioökologie des Meeres und der Binnengewässer. Tagungsbericht über die Fachtagung des Fachverbandes für Strahlenschutz, 23.-28.9.1974, Helgoland
- (17) R. Scott Russel: Radioactivity and human Diet Pergamon Press, London 1966

## Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

### RICHTLINIEN

für das Einleiten von Abwasser aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren in die Gewässer

#### Inhalt

1. Einleitung
2. Rechtsgrundlagen
  - 2.1 Raumordnungsrecht
  - 2.2 Atomrecht
  - 2.3 Wasserrecht
3. Einleitungsbedingungen
4. Radioaktivitätsmessungen
5. Fließschema eines Kernkraftwerkes mit Leichtwasserreaktor

ausgearbeitet von der LAWA-Arbeitsgruppe

— Radioaktivitätsbelastung der Gewässer —

Stand: November 1976

## 1. Einleitung

Die Flüsse der Bundesrepublik Deutschland dienen in zunehmendem Maße als Vorfluter für Kernenergieanlagen. Die hierbei in unsere Umwelt gelangenden Radionuklide können durch mancherlei Prozesse der Verfrachtung und über die Nahrungskette zum Menschen gelangen und damit zu einer zusätzlichen Strahleneinwirkung führen.

Um eine einheitliche Regelung hinsichtlich der Einleitung radioaktiver Abwässer zu ermöglichen, wurden die bisherigen Richtlinien überarbeitet. Sie geben den zuständigen Behörden Fakten und Daten an die Hand, mit denen die Einleitungsbedingungen sowie die erforderlichen Kontrollen festgelegt werden können. Damit verlieren die bei der 62. LAWA-Sitzung am 5./6. November 1974 in München beschlossenen "Richtlinien für das Einleiten radioaktiver Stoffe aus kerntechnischen Anlagen in die Gewässer" ihre Gültigkeit und werden durch die hier vorgelegte Fassung ersetzt.

## 2. Rechtsgrundlagen

Bei den Entscheidungen über den Bau und den Betrieb von Kernkraftwerken werden die Belange der Wasserwirtschaft namentlich in den gesetzlich vorgeschriebenen Verfahren nach dem Raumordnungs-, dem Atom- und dem Wasserrecht berücksichtigt.

### 2.1. Raumordnungsrecht

Nach Maßgabe der Landesplanungsgesetze kann zur Abstimmung des geplanten Baues eines Kernkraftwerkes als einer raumbedeutsamen Planung oder Maßnahme im Sinne des § 3 Abs. 1 des Raumordnungsgesetzes vom 8. April 1965 (Bundesgesetzbl. I S. 306) ein Raumordnungsverfahren durchgeführt werden. An dem Verfahren sind die zuständigen Planungs- und Fachbehörden, darunter auch die für das Wasser zuständigen obersten Landesbehörden beteiligt. Die Abstimmung über den geplanten Standort erfolgt in diesem Verfahren zwischen den Landesplanungsbehörden und den Fachressorts der Länder. Die Reinhaltung des Wassers und die Sicherung der Wasserversorgung sind hierbei gemäß § 2 Abs. 1 Nr. 7 Raumordnungsgesetz zu beachtende Grundsätze.

### 2.2. Atomrecht

Nach § 7 Abs. 1 des Atomgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 1976 (Bundesgesetzblatt I S. 3053), geändert durch Art. 9 Nr. 13 des Gesetzes vom 03. Dezember 1976 (Bundesgesetzblatt I S. 3281) ist für die Errichtung, den Betrieb und die wesentliche Änderung von Kernkraftwerken eine Genehmigung erforderlich. Im Genehmigungsverfahren sind alle Behörden des Bundes, der Länder, der Gemeinden und der sonstigen Gebietskörperschaften zu beteiligen, deren Zuständigkeitsbereich berührt wird (§ 7 Abs. 4 Satz 1 des Atomgesetzes). Dadurch sind die zuständigen Wasserbehörden frühzeitig eingeschaltet und können Einwände, die gegen das Vorhaben aus wasserwirtschaftlichen Gründen bestehen, geltend machen. Nach § 7 Abs. 2 Nr. 6 des Atomgesetzes darf die Genehmigung nur erteilt werden, wenn überwiegend öffentliche Interessen, insbesondere im Hinblick auf die Reinhaltung des Wassers, der Wahl des Standortes nicht entgegenstehen. Damit ist im atomrechtlichen Genehmigungsverfahren sichergestellt, daß über einen Standort nicht ohne das grundsätzliche Einverständnis der für das Wasserrecht zuständigen Behörden entschieden werden kann.

Gemäß § 7 a des Atomgesetzes kann zu einzelnen Fragen, von denen die Erteilung der Genehmigung einer Anlage nach § 7 abhängt, insbesondere zur Wahl des Standortes einer Anlage, ein Vorbescheid erlassen werden. Auch im Rahmen dieses Verfahrens sind bereits die wasserwirtschaftlichen Belange zu beachten. Dies ergibt sich nicht aus AtVfV, sondern aus § 7 a Abs. 2 AtG.

### 2.3. Wasserrecht

Für den Bau und Betrieb von Kernkraftanlagen sind entsprechend dem Baufortschritt mehrere wasserrechtliche Zulassungsakte erforderlich. In Betracht kommen vor allem eine wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung gemäß § 2 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Oktober 1976 (BGBl. I S. 3012) für folgende Gewässerbenutzungen im Sinne des § 2 WHG.

- Das Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser zur Durchführung von Gründungen,
- das Einleiten des bei der Durchführung von Gründungen zutagegeförderten, zutagegeleiteten und abgeleiteten Grundwassers in ein oberirdisches Gewässer,
- das Einleiten von Oberflächenwasser und nichtaktivem Abwasser während der Bauzeit in ein oberirdisches Gewässer,
- das Entnehmen und Wiedereinleiten von Flußwasser vor Aufnahme des Reaktorbetriebes z.B. für Erprobungszwecke,
- das Entnehmen von Grundwasser für besondere Versorgungszwecke,
- das Entnehmen von Flußwasser,
- das Einleiten von radioaktiven Stoffen in Verbindung mit dem Einleiten von Abwasser, Oberflächenwasser und Kühlwasser nach der Aufnahme des Reaktorbetriebes in ein oberirdisches Gewässer. Hierfür darf nach § 8 Abs. 2 Satz 2 nur eine Erlaubnis erteilt werden.

In dem wasserrechtlichen Bewilligungs- oder Erlaubnisverfahren ist zu entscheiden, ob die Benutzung zugelassen werden kann, wie sie durch Bedingungen und Auflagen zu begrenzen ist und welche schadenverhütenden oder schadenausgleichenden Maßnahmen angeordnet werden müssen (§§ 4, 6, 7 a WHG). Die Bewilligung und die Erlaubnis stehen unter dem gesetzlichen Vorbehalt, daß nachträglich noch bestimmte Beschränkungen angeordnet werden können (§ 5 WHG).

Nach Lage des Standortes können ferner ein wasserrechtliches Ausbaugefahren (§ 31 WHG), eine Genehmigung für Anlagen im Überschwemmungsgebiet, eine deichaufsichtliche Genehmigung oder eine sonstige landeswasserrechtliche Anlagengenehmigung erforderlich sein.

Liegt das Kernkraftwerk an einer Bundeswasserstraße, so kommt unter den Voraussetzungen des § 31 Bundeswasserstraßengesetz auch eine strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung des zuständigen Wasser- und Schiffsamtes in Betracht.

### 3. Einleitungsbedingungen \*)

- 3.1 Unbeschadet festgesetzter Grenzwerte und Schutzvorschriften hat der Betreiber zum Schutz der Allgemeinheit vor Strahlenschäden durch entsprechende technische Einrichtungen und durch geeignete Regelung des Betriebsablaufs die Abgabe radioaktiver Stoffe an die Umwelt so gering wie möglich zu halten, um eine mögliche Strahleneinwirkung auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Die Erlaubnisbehörde behält sich vor, zusätzliche, den neuesten Stand der Technik berücksichtigende Maßnahmen zur Reduzierung der Abgabe radioaktiver Stoffe zu fordern.

- ① 3.2 Alle Abwässer, die auf Grund des normalen Betriebsablaufs radioaktiv oder möglicherweise radioaktiv kontaminiert sind, müssen über das dafür bestimmte Entwässerungssystem den Sammelbehältern zugeleitet werden.

In dieses Entwässerungssystem darf nichtradioaktives Abwasser, das außerhalb des Kontroll- oder Überwachungsbereiches des Kernkraftwerkes anfällt, nicht eingeleitet werden.

① Das Entwässerungssystem muß so gestaltet sein, daß Wasser unterschiedlichen Radionuklidgehaltes und unterschiedlicher chemischer Beschaffenheit getrennt erfaßt werden können, um eine weitestgehende Dekontaminierung sicherzustellen

- 3.3 Das radioaktiv kontaminierte Abwasser darf nur aus Übergabehältern abgeleitet werden. Ungelöste Stoffe sind vorher durch geeignete Maßnahmen zu entfernen.

③ Es darf nicht in freiem Gefälle abgelassen, sondern nur abgepumpt werden, wobei eine Heberwirkung in der Pumpenleitung ausgeschlossen sein muß.

Die Leitungen müssen so geführt sein, daß eine Umgehung der Übergabehälter ausgeschlossen ist.

Während der Übergabe darf dem Übergabehälter kein Wasser zufließen.

- 3.4 Vor der Abgabe ist eine für den gesamten Inhalt des Übergabehälters repräsentative Probe zu entnehmen. Hiervon ist 1 l für die Entscheidungsmessung (s. 4.1) zu verwenden und als Belegprobe für die Dauer eines Jahres aufzubewahren. Aus anderen Teilen der Probe sind proportional zur abgegebenen Wassermenge wöchentliche, monatliche und vierteljährliche Mischproben herzustellen (s. 4.2).

- ③ 3.5 Das Abwasser darf nur aus dem Übergabehälter abgepumpt werden, wenn zuvor durch  $\gamma$ -Aktivitäts-Vergleichsmessung festgestellt worden ist, daß die Radionuklidkonzentration des Wassers im Übergabehälter nicht größer als  $1,85 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3$  ( $5 \times 10^{-4} \text{ Ci/m}^3$ ) Cs-137-Äquivalent ist (s. 4.1). Hierbei ist zu beachten, daß die für bestimmte Zeitintervalle zugelassene Aktivitätsabgabe nicht überschritten wird.

- 3.6 Das im Übergabehälter befindliche Abwasser darf nur abgepumpt werden, nachdem die schriftliche Freigabe durch den verantwortlichen Betriebsbeauftragten oder dessen der zuständigen Behörde benannten Vertreter vorliegt.

Freigabe und Abgabe des Abwassers sind im Betriebsbuch zu protokollieren (Ergebnis der Entscheidungsmessung, Zeit, Menge, Verantwortlicher und Ausführender).

- 3.7 Die Abgabe des Wassers aus dem Übergabehälter muß in der Betriebszentrale angezeigt und registriert werden.

\*) Die mit ① gekennzeichneten Ziffern beziehen sich auf das angefügte Fließschema.

3.8 In die Ablaufleitung aus den Übergabehältern ist ein kontinuierlich arbeitendes,  $\gamma$ -strahlenempfindliches Meßgerät einzubauen, das die Übergabe automatisch unterbricht, wenn

4

- a) die Konzentration des Wassers in der Ablaufleitung an radioaktiven Stoffen größer als  $1,85 \cdot 10^7 \text{ Bq/m}^3$  ( $5 \cdot 10^{-4} \text{ Ci/m}^3$ ) Cs-137 Äquivalent ist oder
- b) das Meßgerät ausfällt.

3.9 Der Antragsteller hat nachzuweisen, daß die Abgabe in der beantragten Höhe nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung der verschiedenen Betriebsabläufe im Kernkraftwerk erforderlich ist.

Die in der 1. Fassung der Richtlinien (Stand 1971) genannten seinerzeitigen Erfahrungswerte sind als überholt anzusehen. Auf Grund der technischen Entwicklung und der betrieblichen Erfahrungen werden jene Werte wesentlich unterschritten (siehe "Wasserwirtschaft und Kernenergie" Tab. 4 a u. 4b).

Bei der Festlegung der Aktivitätsabgaben muß sichergestellt sein, daß die im atomrechtlichen Verfahren bzw. in § 45 der Strahlenschutzverordnung vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I S. 2905) festgelegte höchstzulassene Strahlenexposition des Menschen nicht überschritten wird.

Die Gesamt-Aktivitätsabgabe darf höchstens ..... Bq/a (Ci/a) betragen. Sie ist als Summe der Abgaben der anfallenden Radionuklide mit Ausnahme von Tritium zu ermitteln (s. Tabelle S. 45). Die Abgabe von Tritium darf höchstens  $\langle \dots \text{ Bq/a (Ci/a)} \rangle$  betragen.

Die Vierteljahresabgaben dürfen nicht mehr als die Hälfte der zugelassenen Jahresabgaben betragen (s. 4.1, 4.2).

Eine nuklidspezifische Limitierung sollte im Hinblick auf die unterschiedlichen Radiotoxizitäten vorbehalten bleiben.

3.10 Über die abgegebenen Mengen an radioaktiven Stoffen einschließlich Tritium ist Buch zu führen (s. 4.2).

3.11 Im Rücklaufkanal/Einleitungsbauwerk ist ein kontinuierlich arbeitendes, registrierendes,  $\gamma$ -strahlenempfindliches Radioaktivitäts-Meßgerät mit einer unteren Nachweisgrenze von  $1 \cdot 10^{-7} \text{ Ci/m}^3$  Cs-137-Äquivalent einzubauen und ständig zu betreiben, das die Überschreitung einer Konzentration von  $3,7 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$  ( $1 \cdot 10^{-5} \text{ Ci/m}^3$ ) Cs-137-Äquivalent automatisch durch optische und akustische Warnsignale in der Betriebszentrale anzeigt (siehe 4.3). Hierüber ist Buch zu führen.

5

3.12 Aus dem Rücklaufkanal/Einlaufbauwerk ist durch automatisch arbeitende Einrichtungen kontinuierlich eine Tagesmischprobe von mindestens einem Liter zu entnehmen. Die während eines Monats (30 Tagen) gesammelten Tagesmischproben sind weitere 30 Tage aufzubewahren. Danach ist eine Mischprobe herzustellen, von der ein Teil nach der in 4.2 beschriebenen Methode zu untersuchen oder untersuchen zu lassen ist. Ein Liter der Mischprobe ist jeweils für die Dauer eines Jahres aufzubewahren.

5

In gleicher Weise sind zur Ermittlung der Vorbelastung des Vorfluters mit radioaktiven Stoffen Tagesmischproben im Entnahmekanal/Entnahmebauwerk zu entnehmen, zu messen und aufzubewahren.

6



3.13 Allen Behörden, die die Einhaltung dieser Einleitungsbedingungen überwachen, ist jederzeit Einsicht in die Betriebsaufzeichnungen zu gewähren. Die Belegproben sind ihnen auf Anforderung zu überlassen.

3.14 Art und Menge der abgegebenen radioaktiven Stoffe sowie die Menge der entnommenen Wasser- und eingeleiteten Abwassermengen sind den zuständigen Behörden vierteljährlich anzuzeigen.

#### 4. Radioaktivitätsmessungen

③ 4.1 Zur Entscheidung über die Abgabe des Abwassers (s. 3.5) aus dem Übergabebehälter ist die  $\gamma$ -Zählrate der 1 l-Probe durch integrale  $\gamma$ -Messung im Energiebereich von  $> 0,02$  MeV zu bestimmen. Die Angabe der Aktivitätskonzentration in  $\text{Bq/m}^3$  geschieht unter Bezug auf Cs-137 (Cs-137-Äquivalent). Die Umrechnung der ermittelten  $\gamma$ -Zählrate in  $\text{Bq/m}^3$  erfolgt unter Bezug auf das Verhältnis Aktivitäts/Impulsrate, das von einer 1 l-Cs-137-Standardlösung unter gleichen Bedingungen bestimmt wurde. Der einfache statistische Fehler der Entscheidungsmessung darf + 10% nicht überschreiten.

③ 4.2 Zur Ermittlung der Abgabe-Bilanz (s. 3.4, 9, 10) sind die Wochenproben nach Anfall der letzten Einzelprobe innerhalb einer Woche  $\gamma$ -spektroskopisch auf ihren Gehalt an  $\gamma$ -strahlenden Radionukliden zu untersuchen oder untersuchen zu lassen. Dabei müssen die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden.

③ Die Monatsproben sind innerhalb eines Monats nach ihrer Fertigstellung auf ihren Gehalt an Sr-89 und Sr-90, die Vierteljahresproben auf ihren H-3-Gehalt zu untersuchen oder untersuchen zu lassen. Auch hierbei müssen die in der Tabelle genannten Nachweisgrenzen erreicht werden.

Die gemessenen Aktivitäten der Radionuklide sind unter Berücksichtigung ihrer Halbwertszeit auf die Mitte des Sammelzeitraumes umzurechnen.

Die Ergebnisse sind entsprechend 3.10 aufzuzeichnen.

4.3 Zur Kontrolle der aus dem Kernkraftwerk in den Vorfluter gelangenden Wasser ist die  $\gamma$ -Zählrate einer integralen Messung im Energiebereich  $> 0,02$  MeV mit einem kontinuierlichen, registrierenden Meßgerät im Rücklaufkanal/Einleitungsbauwerk aufzuzeichnen. Dabei ist die Zeitkonstante der Meßanlage so zu wählen, daß sich die Aktivitätskonzentration  $\leq 3,7 \cdot 10^5 \text{ Bq/m}^3$  ( $1 \cdot 10^{-5} \text{ Ci/m}^3$ ) Cs-137-Äquivalent mit einer Genauigkeit von 10% darstellt.

4.4 Im übrigen wird auf die KTA-Regel 1504 verwiesen.

Tabelle:

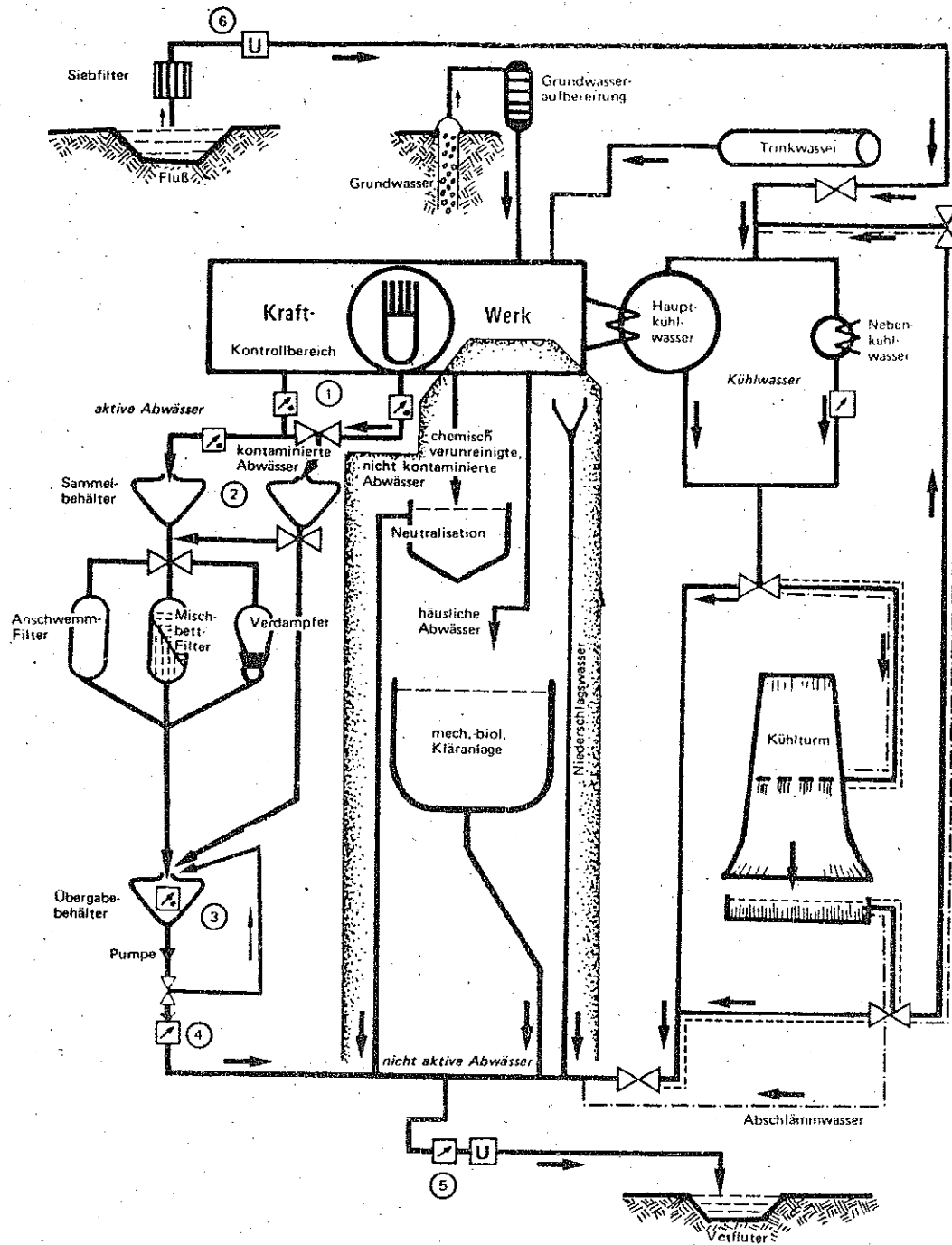
## Physikalische Daten und Nachweisgrenzen der bei der Bilanz zu berücksichtigenden Radionuklide

Nuklide	HWZ	Zerfallsart	E <sup>1)</sup> (MeV)	Bq/m <sup>3</sup>	Nachweis- grenze (Ci/m <sup>3</sup> )	Bq	AZJ <sup>2)</sup> (Ci)
H-3	12,26 a	β <sup>-</sup>		3,7 · 10 <sup>4</sup>	(1 · 10 <sup>-6</sup> )	5,9 · 10 <sup>6</sup>	1,6 · 10 <sup>-4</sup>
Cr-51	27,8 d	κ, γ	0,320	1,85 · 10 <sup>5</sup>	(5 · 10 <sup>-6</sup> )	2,7 · 10 <sup>6</sup>	7,2 · 10 <sup>-5</sup>
Mn-54	314 d	κ, γ	0,835	3,7 · 10 <sup>4</sup>	(1 · 10 <sup>-6</sup> )	2,1 · 10 <sup>5</sup>	5,8 · 10 <sup>-6</sup>
Fc-59	45,6 d	β <sup>-</sup> , γ	1,099	7,4 · 10 <sup>4</sup>	(2 · 10 <sup>-6</sup> )	9,3 · 10 <sup>4</sup>	2,5 · 10 <sup>-6</sup>
Co-57	270 d	κ, γ	0,122	1,1 · 10 <sup>4</sup>	(3 · 10 <sup>-7</sup> )	6,7 · 10 <sup>5</sup>	1,8 · 10 <sup>-5</sup>
Co-58	71,3 d	κ, β <sup>+</sup> , γ	0,811	3,0 · 10 <sup>4</sup>	(8 · 10 <sup>-7</sup> )	1,6 · 10 <sup>5</sup>	4,3 · 10 <sup>-6</sup>
Co-60	5,27 a	β <sup>-</sup> , γ	1,173	3,7 · 10 <sup>4</sup>	(1 · 10 <sup>-6</sup> )	6,3 · 10 <sup>4</sup>	1,7 · 10 <sup>-6</sup>
Zn-65	245 d	κ, β <sup>+</sup> , γ	1,116	7,4 · 10 <sup>4</sup>	(2 · 10 <sup>-6</sup> )	1,7 · 10 <sup>5</sup>	4,7 · 10 <sup>-6</sup>
Sr-89	50,5 d	β <sup>-</sup>		7,4 · 10 <sup>2</sup>	(2 · 10 <sup>-8</sup> )	2,1 · 10 <sup>4</sup>	5,8 · 10 <sup>-7</sup>
Sr-89	28 a	β <sup>-</sup>		7,4 · 10 <sup>2</sup>	(2 · 10 <sup>-8</sup> )	7,0 · 10 <sup>2</sup>	1,9 · 10 <sup>-8</sup>
Zr-95	65,5 d	β <sup>-</sup> , γ	0,757	7,4 · 10 <sup>4</sup>	(2 · 10 <sup>-6</sup> )	1,1 · 10 <sup>5</sup>	3,0 · 10 <sup>-6</sup>
Nb-95	35 d	β <sup>-</sup> , γ	0,766	3,0 · 10 <sup>4</sup>	(8 · 10 <sup>-7</sup> )	1,7 · 10 <sup>5</sup>	4,6 · 10 <sup>-6</sup>
Ru-103	40 d	β <sup>-</sup> , γ	0,497	2,6 · 10 <sup>4</sup>	(7 · 10 <sup>-7</sup> )	1,4 · 10 <sup>5</sup>	3,8 · 10 <sup>-6</sup>
Ru-106	368 d	β <sup>-</sup> , γ	0,622	2,6 · 10 <sup>5</sup>	(7 · 10 <sup>-6</sup> )	2,1 · 10 <sup>4</sup>	5,8 · 10 <sup>-7</sup>
Ag-110m	255 d	β <sup>-</sup> , γ	0,885	3,7 · 10 <sup>4</sup>	(1 · 10 <sup>-6</sup> )	5,2 · 10 <sup>4</sup>	1,4 · 10 <sup>-6</sup>
Sb-124	60,4 d	β <sup>-</sup> , γ	1,691	7,4 · 10 <sup>4</sup>	(2 · 10 <sup>-6</sup> )	4,1 · 10 <sup>4</sup>	1,1 · 10 <sup>-6</sup>
Sb-125	2,71 a	β <sup>-</sup> , γ	0,428	7,4 · 10 <sup>4</sup>	(2 · 10 <sup>-6</sup> )	1,7 · 10 <sup>5</sup>	4,7 · 10 <sup>-6</sup>
J-131	8,05 d	β <sup>-</sup> , γ	0,365	2,6 · 10 <sup>4</sup>	(7 · 10 <sup>-7</sup> )	1,8 · 10 <sup>3</sup>	4,8 · 10 <sup>-8</sup>
Cs-134	2,05 a	β <sup>-</sup> , γ	0,796	3,0 · 10 <sup>4</sup>	(8 · 10 <sup>-7</sup> )	1,5 · 10 <sup>4</sup>	4,1 · 10 <sup>-7</sup>
Cs-137	30 a	β <sup>-</sup> , γ	0,662	3,0 · 10 <sup>4</sup>	(8 · 10 <sup>-7</sup> )	2,7 · 10 <sup>4</sup>	7,2 · 10 <sup>-7</sup>
Ba-140	12,8 d	β <sup>-</sup> , γ	0,537	1,1 · 10 <sup>5</sup>	(3 · 10 <sup>-6</sup> )	4,4 · 10 <sup>4</sup>	1,2 · 10 <sup>-6</sup>
La-140	40,2 h	β <sup>-</sup> , γ	1,596	2,6 · 10 <sup>4</sup>	(7 · 10 <sup>-7</sup> )	4,1 · 10 <sup>4</sup>	1,1 · 10 <sup>-6</sup>
Ce-141	32,5 d	β <sup>-</sup> , γ	0,145	2,6 · 10 <sup>4</sup>	(7 · 10 <sup>-7</sup> )	1,6 · 10 <sup>5</sup>	4,2 · 10 <sup>-6</sup>
Ce-144	284 d	β <sup>-</sup> , γ	0,134	1,1 · 10 <sup>5</sup>	(3 · 10 <sup>-6</sup> )	2,1 · 10 <sup>4</sup>	5,8 · 10 <sup>-7</sup>

1) Die zur Auswertung benutzte γ Energie

2) Nach § 46 Abs. 4 der StrSchV läßt sich aus den AZJ-Werten durch Multiplikation mit dem Faktor 1,25 die Konzentration des Wassers berechnen, die im Jahresdurchschnitt nicht überschritten werden darf, sofern es aus Kontrollbereichen oder betrieblichen Überwachungsbereichen in Abwässerkanäle oder oberirdische Gewässer eingeleitet wird.

# 5. Wasserfließschema eines Kernkraftwerkes mit Leichtwasserreaktor



- ☐/ = diskontinuierliche Überwachung
- ☐/ = kontinuierliche Messung
- ☐U = kontinuierliche Probenahme

- für Kühlwasser gilt:
- = Frischwasserkühlung
  - - - = Ablaufkühlung
  - ⋯ = Kreislaufkühlung

## Sicherheitstechnische Regel des KTA

### Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen

KTA 1504

Fassung: 6/78

Diese Regel wurde vom Kerntechnischen Ausschuß (KTA) und von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) gemeinsam erarbeitet.

#### Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
  - 2 Begriffsbestimmungen
  - 3 Aufgaben der Überwachung
  - 4 Überwachung der Ableitung flüssiger radioaktiver Stoffe
    - 4.1 Wässer und zugehörige Systeme
    - 4.2 Radionuklide und ihre Nachweisgrenzen
    - 4.3 Radioaktiv kontaminiertes Wasser (Abwasser)
    - 4.4 Nebenkühlwasser
    - 4.5 Maschinenhausabwasser
    - 4.6 Hauptkühlwasser
    - 4.7 Abflutwasser
  - 5 Meß- und Probenahmeeeinrichtungen
    - 5.1 Allgemeines
    - 5.2 Gamma-Meßeinrichtungen für kontinuierliche Messungen
    - 5.3 Gamma-Meßeinrichtungen für diskontinuierliche Messungen
    - 5.4 Alpha- und Beta-Meßeinrichtungen für diskontinuierliche Messungen
  - 6 Instandhaltung und Prüfungen
    - 6.1 Wartung und Instandsetzungsarbeiten
    - 6.2 Prüfungen
    - 6.3 Beseitigung von Mängeln
    - 6.4 Kontrolle der nuklidspezifischen Messungen
  - 7 Meßergebnisse
    - 7.1 Dokumentation
    - 7.2 Berichterstattung an die Behörden
- Anhang 1 Zusammenstellung der allgemeinen und verwiesenen Bestimmungen
- Anhang 2 Auszug aus dem Beschluß des Länderausschusses für Atomkernenergie  
– Strahlenschutz – (2/78)

## 1 Anwendungsbereich

Diese Regel ist anzuwenden auf Einrichtungen für die Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen aus ortsfesten Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren und Hochtemperaturreaktoren im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei Störfällen. Insbesondere werden die zur Überwachung dieser radioaktiven Ableitungen zu ergreifenden Maßnahmen und die Anforderungen behandelt, die zu stellen sind an

- (1) die zur Entscheidung der Zulässigkeit von Ableitungen flüssiger radioaktiver Stoffe erforderliche Messung,
- (2) die Verfahren zur Bestimmung der in den Ableitungen enthaltenen Konzentration radioaktiver Stoffe,
- (3) Die Bilanzierung von Radionukliden oder Radionuklidgruppen,
- (4) die Angabe der Grenzwerte für die automatische Auslösung von Signalen, die zur Einleitung von Sicherheitsaktionen erforderlich sind und
- (5) die an den Meßeinrichtungen durchzuführenden Prüfungen.

## 2 Begriffsbestimmungen

### 2.1. Ableitung flüssiger radioaktiver Stoffe

Ableitung flüssiger radioaktiver Stoffe ist die Abgabe flüssiger radioaktiver Stoffe aus der Anlage auf hierfür vorgesehenen Wegen.

### 2.2. Bilanzierung flüssiger radioaktiver Stoffe

Bilanzierung flüssiger radioaktiver Stoffe besteht aus der Identifizierung und Aktivitätsbestimmung der abgeleiteten Radionuklide oder Radionuklidgruppen und dem Vergleich mit den zugehörigen atomrechtlichen oder wasserrechtlichen Genehmigungswerten.

### 2.3 Caesium 137-Äquivalent

Caesium 137-Äquivalent ist die Aktivitätskonzentration in Einheiten von  $\text{Bq m}^{-3}$  ( $\text{Ci m}^{-3}$ ), die durch Multiplikation der gemessenen Gamma-Zählrate der zu untersuchenden Probe mit dem unter gleichen Geometriebedingungen ermittelten Verhältnis von Aktivitätskonzentration zu Gamma-Zählrate einer Caesium 137-Standardlösung erhalten wird.

### 2.4 Kalibrierung einer Meßanordnung der Strahlungsüberwachung

Kalibrierung einer Meßanordnung der Strahlungsüberwachung ist die Ermittlung des funktionellen Zusammenhangs zwischen der Anzeige und dem Wert der Meßgröße.

## 2.5 Nachweisgrenze einer Meßanordnung oder eines Meßverfahrens für ein bestimmtes Nuklid oder Nuklidgemisch

Nachweisgrenze einer Meßanordnung oder eines Meßverfahrens für ein bestimmtes Nuklid oder Nuklidgemisch ist der kleinste mit einer bestimmten statistischen Sicherheit bestimmbare Wert der Meßgröße, der sich aus der Standardabweichung des Detektornulleffektes durch Multiplikation mit dem Kalibrierfaktor und dem Faktor für die statistische Sicherheit ergibt.

Hinweis:

Meßgrößen sind z.B. Aktivitätsmengen, Aktivitätskonzentrationen, Zeitintegral der Aktivitätskonzentration und Abgaberraten.

Mathematische Definition der Nachweisgrenze:

$$G = f \cdot k \cdot s_u$$

Dabei gilt

- (1) für die integrale digitale Messung:

$$s_u = \sqrt{\frac{n_u}{t}}$$

- (2) für die integrale analoge Messung:

$$s_u = \sqrt{\frac{n_u}{2\tau}}$$

- (3) für die Gamma-Spektrometrie:

$$s_u = \sqrt{\frac{h \bar{N}_u}{t}}$$

Bedeutung der Symbole:

G = Nachweisgrenze (Bq m<sup>-3</sup>), (Ci m<sup>-3</sup>)

f = Kalibrierfaktor (Bq · s · m<sup>-3</sup>), (Ci · s · m<sup>-3</sup>)

k = Faktor für die statistische Sicherheit

s<sub>u</sub> = Standardabweichung der Untergrundimpulsrate (s<sup>-1</sup>)

n<sub>n</sub> = Untergrundimpulsrate (s<sup>-1</sup>)

t = Meßzeit der Probe (s)

τ = Zeitkonstante (s)

h = Halbwertsbreite des Photopeaks (Kanäle)

$\bar{N}_u$  = Mittlere Impulszahl des Untergrundes pro Kanal (gemittelt über 2,5-fache Halbwertsbreiten)

## 2.6 Probe, (Misch-), (Sammel-)

Mischprobe ist eine Mischung von Einzelproben oder Sammelproben oder von Teilen dieser Proben aus einem spezifizierten Zeitraum.

Sammelprobe ist eine für einen spezifizierten Zeitraum durch repräsentative Entnahme erstellte zeitproportionale Probe.

### Hinweis:

Als Woche gilt die Zeitspanne von Montag, 0.00 Uhr, bis zum darauffolgenden Sonntag, 24.00 Uhr.

Als Monat gilt die Zeitspanne der aufeinanderfolgenden Wochen, die ganz oder überwiegend in den jeweiligen Kalendermonat fallen.

Als Vierteljahr gilt die Zeitspanne, die dem Kalendervierteljahr unter Berücksichtigung der obengenannten Definitionen von Woche und Monat entspricht.

## 2.7 Repräsentative Probe zur Überwachung der Ableitung flüssiger radioaktiver Stoffe

Eine repräsentative Probe zur Überwachung der Ableitung flüssiger radioaktiver Stoffe ist eine solche Probe, deren Untersuchung die Ermittlung der in die Oberflächengewässer abgeleiteten flüssigen radioaktiven Stoffe nach Art und Menge gestattet.

## 3 Aufgaben der Überwachung

Die Überwachung der Ableitungen flüssiger radioaktiver Stoffe dient folgenden Aufgaben:

- (1) Erfüllung der Vorschriften des § 46 Absatz 1 Strahlenschutzverordnung,
- (2) Bilanzierung der abgeleiteten radioaktiven Stoffe als eine Grundlage für die Beurteilung der radiologischen Auswirkungen und
- (3) automatische Auslösung von Signalen und Schutzmaßnahmen bei Grenzwertüberschreitungen

## 4 Überwachung der Ableitung flüssiger radioaktiver Stoffe

### 4.1. Wässer und zugehörige Systeme

Die folgenden Wässer und die zugehörigen Systeme sind auf radioaktive Stoffe zu überwachen, soweit radioaktive Ableitungen nicht aufgrund der Auslegung und des Betriebs der Kernkraftwerksanlage ausgeschlossen werden können:

- (1) Radioaktiv kontaminiertes Wasser (Abwasser):  
Übergabehälter des Systems zur Ableitung von Abwasser aus dem Kontrollbereich.
- (2) Nebenkühlwasser:  
Offenes System zur Kühlung der nuklearen Zwischenkühlkreisläufe, die radioaktiv kontaminiert sein können.

- (3) Maschinenhausabwasser:  
System zur Ableitung von Abwasser aus dem Wasser/Dampfkreislauf und von betrieblich bedingt anfallendem Abwasser aus dem Maschinenhaus.
- (4) Hauptkühlwasser:  
System zur Kühlung der Turbinenkondensatoren.
- (5) Abflutwasser:  
System zur Abflutung aus den Rückkühlanlagen.

**Hinweis:**

Zur Veranschaulichung des Regeltexes sind in den Bildern Betriebsabwasser- und Kühlwasserüberwachung 4-1 für Leichtwasserreaktoren - LWR und 4-2 für Hochtemperaturreaktoren - HTR die zu überwachenden Systeme mit den dazugehörigen Meßeinrichtungen und Probenahmestellen dargestellt.

## 4.2 Radionuklide und ihre Nachweisgrenzen

Bei der Überwachung der Ableitung flüssiger radioaktiver Stoffe sind die in der Tabelle 4-1 aufgeführten Radionuklide zu bilanzieren. Bei den für die Bilanzierung durchgeführten Messungen müssen mindestens die Nachweisgrenzen der Tabelle 4-1 erreicht werden.

Im Rahmen der gamma-spektrometrischen Untersuchungen ist zu überprüfen, ob anlagenspezifisch im Abwasser weitere Radionuklide auftreten. Werden solche nachgewiesen, so sind auch diese in die Bilanzierung aufzunehmen.

**Hinweis:**

Meßverfahren zur Erfassung von Kohlenstoff 14 im Abwasser von Kernkraftwerken befinden sich noch in Erprobung und sind zur Zeit nicht regelfähig.

## 4.3. Radioaktiv kontaminiertes Wasser (Abwasser)

### 4.3.1 Probenahme

Vor der Ableitung ist eine für den gesamten Inhalt des Übergabebehälters repräsentative Probe zu entnehmen. Hiervon ist ein Liter für die Entscheidungsmessung zu verwenden und als Belegprobe für die Dauer eines Jahres aufzubewahren (Einliterprobe). Aus anderen Teilen der Probe sind proportional zur Menge der Ableitung wöchentliche, monatliche und vierteljährliche Mischproben für die Bilanzierung herzustellen. Vom Zeitpunkt der Probenahme an bis zum Ende des Ableitungsvorgangs darf dem Übergabebehälter kein Wasser zufließen.

### 4.3.2 Entscheidungsmessung

Zur Entscheidung über die Ableitung aus dem Übergabebehälter ist an der Einliterprobe eine integrale Messung der Gamma-Strahlung im Energiebereich  $\geq 0,1$  MeV vorzunehmen. Die erhaltene Gamma-Zählrate ist als Caesium 137-Äquivalent anzugeben.



### 4.3.3 Ableitung

Das Wasser aus dem Übergabebehälter darf nur dann abgepumpt werden, wenn die Aktivitätskonzentration des Wassers nicht größer ist als  $1,9 \cdot 10^7 \text{ Bq m}^{-3}$  ( $5 \cdot 10^{-4} \text{ Ci m}^{-3}$ ) und wenn die schriftliche Freigabe durch einen zuständigen Beauftragten vorliegt.

Während der Ableitung ist die Aktivitätskonzentration des Abwassers kontinuierlich mit einer Meßeinrichtung zur integralen Messung der Gamma-Strahlung zu überwachen. Die Überschreitung einer Aktivitätskonzentration von  $1,9 \cdot 10^7 \text{ Bq m}^{-3}$  ( $5 \cdot 10^{-4} \text{ Ci m}^{-3}$ ) und der Ausfall der Meßeinrichtung sind auf der Warte anzuzeigen und zu registrieren; die Ableitung ist automatisch zu unterbrechen.

### 4.3.4 Bilanzierung

Für die Bilanzierung sind die wöchentlichen Mischproben innerhalb der jeweils folgenden Woche gamma-spektrometrisch zu untersuchen. Dabei müssen mindestens die in Tabelle 4-1 aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden. Innerhalb des auf ihre Fertigstellung folgenden Monats sind die monatlichen Mischproben auf ihren Gehalt an Strontium 89 und Strontium 90 und die Vierteljahresproben auf ihren Gehalt an Tritium und Alpha-Strahlern (Gesamtaktivität) zu untersuchen. Hierbei müssen mindestens die in Tabelle 4-1 aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden. Die Konzentration der Radionuklide in den Mischproben ist entsprechend ihren Halbwertszeiten auf die Mitte des jeweiligen Sammelzeitraums umzurechnen.

## 4.4 Nebenkühlwasser

### 4.4.1 Überwachung der Aktivitätsableitung

Die Überwachung der Aktivitätsableitung hat indirekt durch die kontinuierliche Überwachung der Aktivitätskonzentration in den nuklearen Zwischenkühlkreisläufen und der Deionatnachspeisemengen in den nuklearen Zwischenkühlkreisläufen zu erfolgen. Dazu sind

- (1) in jedem nuklearen Zwischenkühlkreislauf eine kontinuierlich messende Gamma-Meßeinrichtung ständig zu betreiben und
- (2) die zur Deckung der Wasserverluste aus den nuklearen Zwischenkühlkreisläufen erforderlichen Deionatnachspeisemengen für jeden der Zwischenkühlkreisläufe täglich zu bestimmen und aufzuzeichnen. Deionatmengen, die nachweisbar nicht in das Nebenkühlwasser gelangen, brauchen dabei nicht berücksichtigt zu werden.

Im Falle der unmittelbaren Einleitung in ein Gewässer ist nach den Abschnitten 4.61 bis 4.6.3 zu verfahren.

Bei Hochtemperaturreaktoren kann von der Erfordernis der kontinuierlichen Überwachung der Aktivitätskonzentration in den nuklearen Zwischenkühlkreisläufen abgesehen werden, wenn nachgewiesen wird, daß auf andere Art und Weise ein Übertritt von Primärkühlmittel in einen nuklearen Zwischenkühlkreislauf empfindlicher nachgewiesen werden kann.

#### 4.4.2 Beweissicherung

Zur Beweissicherung ist dem Nebenkühlwasser im rücklaufenden Wasserstrom vor Vermischung mit anderen Wässern durch automatisch arbeitende Einrichtungen eine Sammelprobe von mindestens einem Liter über den Zeitraum einer Woche zu entnehmen und jeweils für die Dauer eines Jahres aufzubewahren.

#### 4.4.3 Bilanzierung

Es ist wöchentlich eine Probe aus dem jeweiligen nuklearen Zwischenkühlkreislauf zu entnehmen, wenn das Produkt aus Aktivitätskonzentration und Deionatnachspeisemenge  $\geq 3,7 \cdot 10^6$  Bq (0,1 mCi) pro Tag ist. Bei einem Produkt aus Aktivitätskonzentration und Deionatnachspeisemenge  $\geq 3,7 \cdot 10^8$  Bq (10 mCi) pro Tag ist die Probe täglich zu entnehmen. Für die Bilanzierung sind diese Proben innerhalb der jeweils folgenden Woche gamma-spektrometrisch zu untersuchen. Dabei müssen mindestens die in Tabelle 4-1 für die einzelnen Radionuklide aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden.

Aus den innerhalb eines Monats anfallenden Proben ist eine Mischprobe herzustellen und innerhalb des auf ihre Fertigstellung folgenden Monats auf ihren Gehalt an Strontium 89 und Strontium 90 zu untersuchen.

Ebenso sind Vierteljahresproben herzustellen und innerhalb eines Monats auf ihren Gehalt an Tritium und Alpha-Strahlern (Gesamtaktivität) zu untersuchen. Auch hierbei müssen mindestens die in Tabelle 4-1 für die einzelnen Radionuklide aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden. Die Aktivitätskonzentrationen der Proben sind entsprechend den Halbwertszeiten der Radionuklide auf die Mitte des jeweiligen Probenahmezeitraums umzurechnen und dann mit den in diesen Zeiträumen festgestellten Deionatnachspeisemengen nach Abschnitt 4.4.1 (2) zu multiplizieren.

#### 4.4.4 Ausfall einer Gamma-Meßeinrichtung

Bei Ausfall einer Gamma-Meßeinrichtung nach Abschnitt 5.2.3 sind täglich eine Probe von einem Liter zu nehmen und die Gamma-Zählrate dieser Probe durch integrale Messung der Gamma-Strahlung im Energiebereich  $\geq 0,1$  MeV zu bestimmen. Die erhaltene Gamma-Zählrate ist als Caesium 137-Äquivalent anzugeben. Wird dabei festgestellt, daß das Produkt aus Aktivitätskonzentration und Deionatnachspeisemenge  $\geq 3,7 \cdot 10^6$  Bq (0,1 mCi) pro Tag ist, so ist eine Bilanzierung nach Abschnitt 4.4.3 vorzunehmen.

### 4.5. Maschinenhausabwasser

#### 4.5.1 Maschinenhausabwasser aus Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren (mit U-Rohrdampferzeugern)

##### 4.5.1.1 Überwachung der Aktivitätsableitung

Die Überwachung der Aktivitätsableitung muß indirekt durch die Überwachung der Dampferzeugerabschlammung mit einer kontinuierlich messenden Gamma-Meßeinrichtung durchgeführt werden.

#### 4.5.1.2 Beweissicherung

Aus dem Maschinenhausabwasser sind unabhängig von Abschnitt 4.5.1.1 vor der Vermischung mit anderen Wässern durchflußproportionale Sammelpuben oder abgabemengenproportionale Mischproben über den Zeitraum einer Woche herzustellen und davon jeweils ein Liter für die Dauer eines Jahres aufzubewahren.

#### 4.5.1.3 Bilanzierung

Bei Überschreitung einer Aktivitätskonzentration von  $3,7 \cdot 10^5 \text{ Bq m}^{-3}$  ( $1 \cdot 10^{-5} \text{ Ci m}^{-3}$ ) bei der Überwachung nach Abschnitt 4.5.1.1 ist ein weiterer Teil der Probe nach Abschnitt 4.5.1.2 gamma-spektrometrisch zu untersuchen. Dabei müssen mindestens die in Tabelle 4-1 für die einzelnen Radionuklide aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden. Aus diesen innerhalb eines Monats anfallenden Proben ist eine abgabemengenproportionale Mischprobe herzustellen und innerhalb des auf ihre Fertigstellung folgenden Monats auf ihren Gehalt an Strontium 89 und Strontium 90 zu untersuchen. Ebenso sind Vierteljahresproben herzustellen und innerhalb eines Monats auf ihren Gehalt an Tritium und Alpha-Strahlern (Gesamtaktivität) zu untersuchen. Auch hierbei müssen mindestens die in Tabelle 4-1 für die einzelnen Radionuklide aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden. Die Aktivitätskonzentrationen der Proben sind entsprechend den Halbwertszeiten der Radionuklide auf die Mitte des jeweiligen Probenahmezeitraums umzurechnen und dann mit den in diesen Zeiträumen festgestellten Maschinenhausabwassermengen zu multiplizieren.

#### 4.5.1.4 Ausfall der Gamma-Meßeinrichtung in der Dampferzeugerabschlammung

Bei Ausfall der Gamma-Meßeinrichtung in der Dampferzeugerabschlammung ist täglich aus dem entsprechenden Abschlämmstrang eine Probe von einem Liter zu nehmen und jeweils die Gamma-Zählrate dieser Proben durch integrale Messung der Gamma-Strahlung im Energiebereich  $\geq 0,1 \text{ MeV}$  zu bestimmen. Die erhaltene Gamma-Zählrate ist als Caesium 137-Äquivalent anzugeben. Wird dabei die Überschreitung einer Aktivitätskonzentration von  $3,7 \cdot 10^5 \text{ Bq m}^{-3}$  ( $1 \cdot 10^{-5} \text{ Ci m}^{-3}$ ) festgestellt, so ist eine Bilanzierung nach Abschnitt 4.5.1.3 vorzunehmen.

### 4.5.2 Maschinenhausabwasser aus Kernkraftwerken mit Hochtemperaturreaktoren

#### 4.5.2.1 Überwachung der Aktivitätsableitung

Die Überwachung des Maschinenhausabwassers ist mit redundanten kontinuierlich messenden Gamma-Meßeinrichtungen durchzuführen.

Bei Überschreitung eines im Einzelfall festzulegenden Grenzwertes und bei Ausfall einer Maßeinrichtung muß die Unterbrechung der Ableitung automatisch erfolgen und angezeigt werden.

#### Hinweis

Bei Überschreitung dieses Grenzwertes und bei Ausfall einer Maßeinrichtung wird das Maschinenhausabwasser bis zur automatischen Freigabe durch die Maßeinrichtungen in das System zur kontrollierten Ableitung radioaktiv kontaminierten Abwassers überführt.

#### 4.5.2.2 Beweissicherung

Dem Maschinenhausabwasser ist vor Vermischung mit anderen Wässern durch automatisch arbeitende Einrichtungen eine Sammelprobe über den Zeitraum einer Woche zu entnehmen und davon jeweils ein Liter für die Dauer eines Jahres aufzubewahren (Einliterprobe).

#### 4.5.2.3 Bilanzierung

Aus anderen Teilen der Probe nach Abschnitt 4.5.2.2 sind proportional zur abgegebenen Wassermenge monatliche und vierteljährliche Mischproben herzustellen.

Die Bilanzierung dieser Proben ist nach Abschnitt 4.3.4 vorzunehmen.

### 4.6 Hauptkühlwasser

#### 4.6.1 Kontinuierliche Messung

Zur Erkennung und Beweissicherung von unbeabsichtigten Ableitungen ist im Rücklaufkanal, Einleitungsbauwerk oder sonstigen Einleitungsstellen eine kontinuierlich integral messende Gamma-Messeinrichtung ständig zu betreiben.

#### 4.6.2 Probenahme, Auswertung und Beweissicherung

Zur Beweissicherung ist durch automatisch arbeitende Einrichtungen im Rücklaufkanal oder Einleitungsbauwerk eine Tagessammelprobe von mindestens einem Liter zu erstellen. Die während eines Monats gesammelten Tagessammelproben sind einen weiteren Monat aufzubewahren. Aus den Tagessammelproben eines Monats ist eine Monatsmischprobe herzustellen, die innerhalb eines Monats gamma-spektrometrisch zu untersuchen ist. Hierbei müssen mindestens die in Tabelle 4-1 für die einzelnen Radionuklide aufgeführten Nachweisgrenzen erreicht werden. Ein Liter der Monatsmischprobe ist jeweils für die Dauer eines Jahres aufzubewahren.

#### 4.6.3 Grenzwertüberschreitung

Bei Anzeigeüberschreitung einer Aktivitätskonzentration an der Messeinrichtung nach Abschnitt 4.6.1 von  $3,7 \cdot 10^5 \text{ Bq m}^{-3}$  ( $1 \cdot 10^{-5} \text{ Ci m}^{-3}$ ) ist die jeweilige Tagessammelprobe nach Abschnitt 4.6.2 gamma-spektrometrisch unverzüglich zu untersuchen. Zusätzliche Proben sind zu entnehmen und ebenfalls unverzüglich gamma-spektrometrisch zu untersuchen.

Die Tagessammelproben und zusätzliche Proben sind für die Dauer eines Jahres aufzubewahren.

#### 4.6.4 Vorbelastung des Vorfluters

Zur Beweissicherung der durch Entnahme von Wasser aus dem Vorfluter in der Kernkraftwerk gelangenden flüssigen radioaktiven Stoffe sind Sammelproben im Entnahmekanal oder Entnahmebauwerk nach Abschnitt 4.6.2 zu erstellen, zu untersuchen und aufzubewahren.

Tabelle 4-1:

## Radionuklide und zugehörige geforderte Nachweisgrenzen

Nuklid	Nachweisgrenze	
	in Bq · m <sup>-3</sup>	in Ci · m <sup>-3</sup>
Tritium	$3,7 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-6}$
Chrom 51	$1,9 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^{-6}$
Mangan 54	$3,7 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-6}$
Kobalt 57	$1,1 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{-7}$
Kobalt 58	$3,0 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^{-7}$
Kobalt 60	$3,7 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-6}$
Eisen 59	$7,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-6}$
Zink 65	$7,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-6}$
Strontium 89	$7,4 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^{-8}$
Strontium 90	$7,4 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^{-8}$
Zirkon 95	$7,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-6}$
Niob 95	$3,0 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^{-7}$
Ruthenium 103	$2,6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^{-7}$
Ruthenium 106	$2,6 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^{-6}$
Silber 110m	$3,7 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^{-6}$
Tellur 123m	$1,1 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^{-7}$
Antimon 124	$7,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-6}$
Antimon 125	$7,4 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^{-6}$
Jod 131	$2,6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^{-7}$
Caesium 134	$3,0 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^{-7}$
Caesium 137	$3,0 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^{-7}$
Barium 140	$1,1 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-6}$
Lanthan 140	$2,6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^{-7}$
Cer 141	$2,6 \cdot 10^4$	$7 \cdot 10^{-7}$
Cer 144	$1,1 \cdot 10^5$	$3 \cdot 10^{-6}$
Alpha-Strahler (Gesamtaktivität)	$1,9 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^{-9}$

Bild 4-1: Betriebsabwasser- und Kühlwasserüberwachung, LWR. (Beispiel)

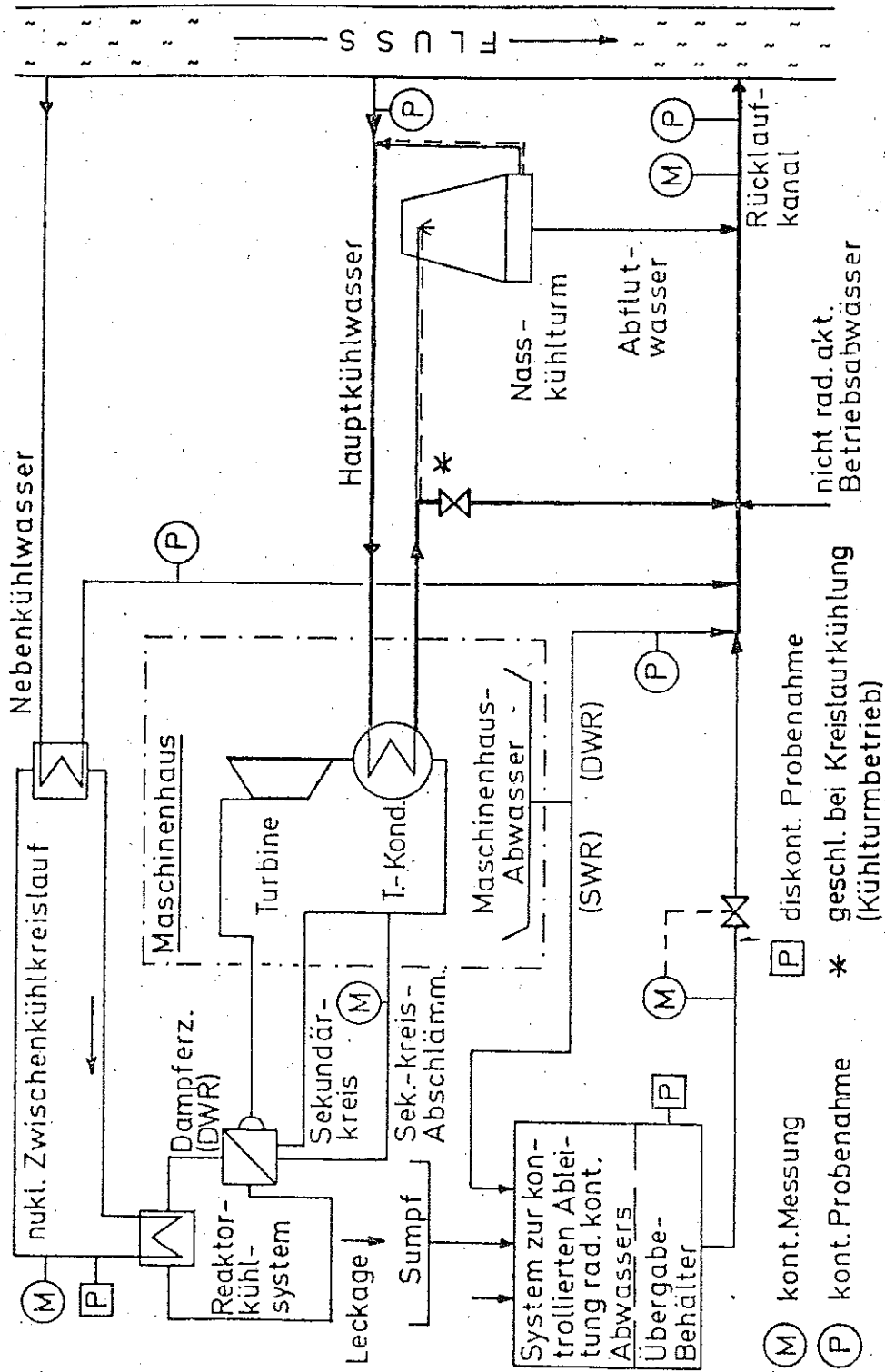
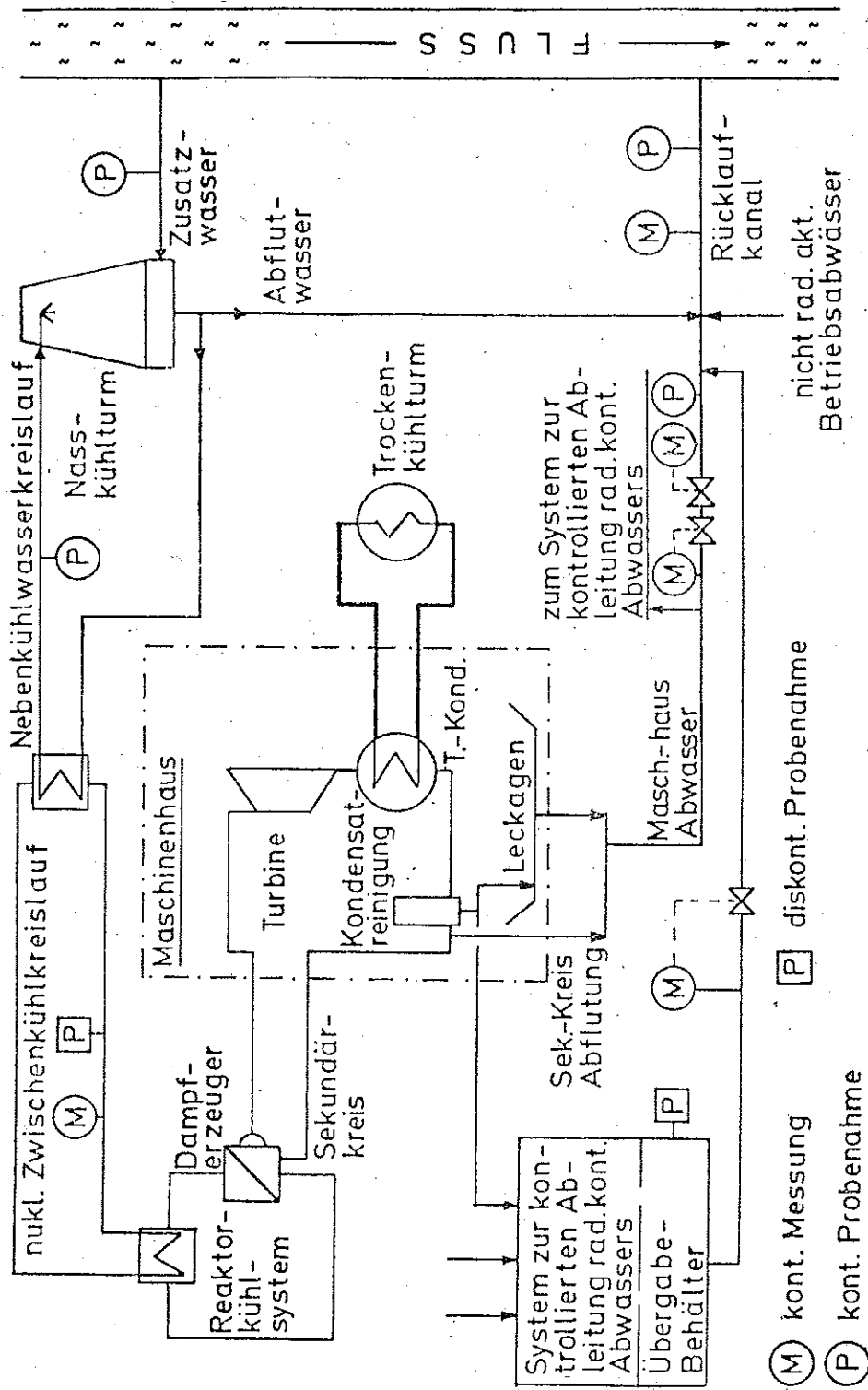


Bild 4-2: Betriebsabwasser- und Kühlwasserüberwachung, HTR. (Beispiel)



## 4.7 Abflutwasser

Sofern die Überwachung des Abflutwassers nicht mit dem Kühlwasser vorgenommen wird, ist wie nach Abschnitt 4.6 zu verfahren.

## 5 Meß- und Probenahmeeinrichtungen

### 5.1 Allgemeines

#### 5.1.1 Auslegung und Unterbringung

Die Meß- und Probenahmeeinrichtungen sind so zu installieren und unterzubringen, daß

- (1) für nicht im Labor aufgestellte Geräte mindestens ein Schutz gegen Staubablagerung und Spritzwasser gewährleistet ist sowie Detektoren und Anschlußleitungen wasserdicht sind, sofern ihre Überflutung nicht ausgeschlossen werden kann,

#### Hinweis:

Schutz gegen Spritzwasser bedeutet:

- keine schädliche Wirkung von Wasser, das aus allen Richtungen gegen Meß- und Probenahmeeinrichtungen spritzt.

Schutz gegen Staubablagerung bedeutet:

- Vollständiger Schutz gegen Berühren unter Spannung stehender oder innerer sich bewegender Teile,
- Schutz gegen schädliche Staubablagerungen (Das Eindringen von Staub ist nicht vollkommen zu verhindern, aber der Staub darf nicht in solchen Mengen eindringen, daß die Arbeitsweise der Meß- und Probenahmeeinrichtungen beeinträchtigt wird).

- (2) die in den jeweiligen Gerätespezifikationen vorgeschriebenen Werte der Einflußgrößen eingehalten werden,
- (3) die in den Abschnitten 5.2 bis 5.4 genannten Nachweisgrenzen zuverlässig erreicht werden,
- (4) Prüfen, Wartung und Instandsetzung leicht möglich sind und
- (5) sie für Befugte jederzeit leicht zugänglich sind.

Meßbehälter und Probenahmebehälter müssen leicht auszubauen, dekontaminierbar und spülbar sein.

#### 5.1.2 Ausfallsicherheit

Für Detektoren, die kontinuierlich mit einem Betriebsmedium versorgt werden müssen (z.B. Zählgas), ist deren Versorgung ausfallsicher auszulegen und zu überwachen.

Meß- und Probenahmeeinrichtungen sind an die Notstromversorgung anzuschließen. Werden die Meßeinrichtungen kontinuierlich betrieben, so ist sicherzustellen, daß bei Umschaltung auf Notstromversorgung die Messung und Meßwertverarbeitung nicht unterbrochen werden. Die Meßeinrichtungen sind selbstüberwachend auszuführen.

Für Meßeinrichtungen im Bypass sind die Durchflüsse zu überwachen.



### 5.1.3 Statistische Sicherheit

Die statistische Sicherheit der in der Regel genannten Nachweisgrenzen muß bei kontinuierlich zu betreibenden Meßeinrichtungen 10, sowie bei diskontinuierlich zu betreibenden Meßeinrichtungen und bei der Einzelnuklidbestimmung 30 betragen.

### 5.1.4 Einstellung der Energieschwelle

Es muß sichergestellt sein, daß die untere Energieschwelle unter Berücksichtigung ihrer Schwankungen so eingestellt wird, daß alle Radionuklide mit Gamma-Energien  $\geq 0,1$  MeV erfaßt werden.

### 5.1.5 Grenzwerte

Alle Einstellungsmöglichkeiten an den elektronischen Geräten der Meßeinrichtungen sind so anzuordnen oder abzusichern, daß eine Verstellung durch Unbefugte so weitgehend wie möglich erschwert wird. Eine selbsttätige Verstellung muß ausgeschlossen sein.

Das Unterschreiten des unteren Grenzwertes zur Meldung des Geräteausfalls und das Überschreiten des oberen Grenzwertes müssen optisch und akustisch in der Warte jeweils getrennt angezeigt werden. In der Warte können Sammelmeldungen verwendet werden, wenn in der Warte oder in einem Wartennebenraum angezeigt wird, von welcher Meßstelle die Meldung kommt.

### 5.1.6 Meßwertanzeige und Registrierung

Alle Meßwerte sollen an den Meßeinrichtungen angezeigt und müssen in der Warte angezeigt und registriert werden. Die Aufzeichnungen auf den Registrierstreifen über einen Zeitraum von mindestens 4 Stunden müssen direkt sichtbar und gut lesbar sein.

## 5.2 Gamma-Meßeinrichtungen für kontinuierliche Messungen

### 5.2.1 Gamma-Meßeinrichtung in der Ablaufleitung aus dem Übergabebehälter

Der Meßbereich der Gamma-Meßeinrichtung für kontinuierliche Messung in der Ablaufleitung aus dem Übergabebehälter muß mindestens von  $3,7 \cdot 10^6$  bis  $3,7 \cdot 10^7$  Bq m<sup>-3</sup> ( $10^{-4}$  bis  $10^{-3}$  Ci m<sup>-3</sup>) reichen.

Die Überschreitung einer Aktivitätskonzentration von  $1,9 \cdot 10^7$  Bq m<sup>-3</sup> ( $5 \cdot 10^{-4}$  Ci m<sup>-3</sup>) und der Ausfall der Meßeinrichtung sind auf der Warte anzuzeigen und zu registrieren; das Ablaufventil des Übergabebehälters ist in diesen Fällen automatisch zu schließen und die Förderpumpe abzuschalten.

### 5.2.2 Gamma-Meßeinrichtung im Rücklaufkanal oder Einleitungsbauwerk

Der Meßbereich der Gamma-Meßeinrichtung für kontinuierliche Messung im Rücklaufkanal oder Einleitungsbauwerk muß mindestens von  $3,7 \cdot 10^3$  bis  $1,9 \cdot 10^8$  Bq m<sup>-3</sup> ( $10^{-7}$  bis  $5 \cdot 10^{-3}$  Ci m<sup>-3</sup>) reichen. Die Überschreitung einer Aktivitätskonzentration von  $3,7 \cdot 10^5$  Bq m<sup>-3</sup> ( $10^{-5}$  Ci m<sup>-3</sup>) und der Ausfall der Meßeinrichtung sind auf der Warte anzuzeigen und zu registrieren.

Die Nachweisgrenze der Meßeinrichtung muß  $3,7 \cdot 10^3$  Bq m<sup>-3</sup> ( $10^{-7}$  Ci m<sup>-3</sup>) betragen.

### 5.2.3 Gamma-Meßeinrichtung im nuklearen Zwischenkühlkreislauf

Der Meßbereich der Gamma-Meßeinrichtung für kontinuierliche Messungen im nuklearen Zwischenkühlkreislauf muß mindestens von  $3,7 \cdot 10^5$  bis  $3,7 \cdot 10^7$  Bq m<sup>-3</sup> ( $10^{-5}$  bis  $10^{-3}$  Ci m<sup>-3</sup>) reichen.

Die Überschreitung einer Aktivitätskonzentration von  $3,7 \cdot 10^6$  Bq m<sup>-3</sup> ( $10^{-4}$  Ci m<sup>-3</sup>) und der Ausfall der Maßeinrichtung sind auf der Warte anzuzeigen und zu registrieren.

### 5.2.4 Gamma-Meßeinrichtungen in Dampferzeugerabschlammsträngen

Der Meßbereich der Gamma-Meßeinrichtungen für kontinuierliche Messungen in Dampferzeugerabschlammsträngen muß mindestens von  $1,1 \cdot 10^5$  bis  $3,7 \cdot 10^6$  Bq m<sup>-3</sup> ( $3 \cdot 10^{-6}$  bis  $1 \cdot 10^{-4}$  Ci m<sup>-3</sup>) reichen.

Die Überschreitung einer Aktivitätskonzentration von  $3,7 \cdot 10^5$  Bq m<sup>-3</sup> ( $10^{-5}$  Ci m<sup>-3</sup>) und der Ausfall einer Maßeinrichtung sind auf der Warte anzuzeigen und zu registrieren.

### 5.2.5 Gamma-Meßeinrichtungen in Maschinenhausabwasserleitungen (HTR)

Der Meßbereich der Gamma-Meßeinrichtungen für kontinuierliche Messungen in Maschinenhausabwasserleitungen (HTR) muß mindestens von  $3,7 \cdot 10^4$  bis  $3,7 \cdot 10^6$  Bq m<sup>-3</sup> ( $10^{-6}$  bis  $10^{-4}$  Ci m<sup>-3</sup>) reichen.

Die Überschreitung einer Aktivitätskonzentration, die im Genehmigungsverfahren jeweils festgelegt ist, und der Ausfall der Maßeinrichtungen sind auf der Warte anzuzeigen und zu registrieren. In beiden Fällen muß die Ableitung automatisch unterbrochen werden.

## 5.3 Gamma-Meßeinrichtungen für diskontinuierliche Messungen

### 5.3.1 Einrichtungen zur Entscheidungsmessung

Der Meßbereich der Gamma-Meßeinrichtungen für diskontinuierliche Messungen muß mindestens von  $1,9 \cdot 10^5$  bis  $1,9 \cdot 10^8$  Bq m<sup>-3</sup> ( $5 \cdot 10^{-6}$  bis  $5 \cdot 10^{-3}$  Ci m<sup>-3</sup>) reichen.

Der Grenzwert von  $1,9 \cdot 10^7$  Bq m<sup>-3</sup> ( $5 \cdot 10^{-4}$  Ci m<sup>-3</sup>) ist mit einer statistischen Sicherheit von 3σ zu erfassen.

### 5.3.2 Einrichtungen zur Einzelnuklidanalyse

Die in Tabelle 4-1 geforderten Nachweisgrenzen sind für Gamma-Strahler zu erreichen.

## 5.4 Alpha- und Beta-Meßeinrichtungen für diskontinuierliche Messungen

Die in Tabelle 4-1 geforderten Nachweisgrenzen für die Alpha- und Beta-Strahler sind zu erreichen.

## **6 Instandhaltung und Prüfungen**

### **6.1 Wartung und Instandsetzungsarbeiten**

#### **6.1.1 Durchführung**

Wartung und Instandsetzung der Meß- und Probenahmeeinrichtungen müssen nach den jeweiligen Betriebs- und Instandsetzungsvorschriften von fachkundigen Personen vorgenommen werden.

#### **6.1.2 Buchführung**

Über alle durchgeführten Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten unter Berücksichtigung von Prüfvorschriften ist Buch zu führen. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- (1) eindeutige Bezeichnung der Meß- und Probenahmeeinrichtung,
- (2) Art der durchgeführten Wartung oder Instandsetzung,
- (3) Art und Anzahl der ausgewechselten Teile,
- (4) Gründe für das Auswechseln von Teilen,
- (5) für die neu eingesetzten Teile:  
Datum und nähere Bezeichnungen der Prüfzeugnisse und der nach dieser Regel erforderlichen Prüfnachweise,
- (6) Datum der Wartung oder Instandsetzung, und
- (7) Name und Unterschrift der fachkundigen Personen.

### **6.2 Prüfungen**

#### **6.2.1 Prüfbarkeit**

Die Meß- und Probenahmeeinrichtungen sind so auszulegen, daß das einwandfreie Funktionieren der Einzelgeräte im Rahmen von erstmaligen Prüfungen und Wiederholungsprüfungen nach den Abschnitten 6.2.4 und 6.2.5 festgestellt werden kann. Prüfungen nach Abschnitt 6.2.5 müssen während des Betriebs durchgeführt werden können. Die Prüfungen müssen ohne Eingriff in die Schaltung erfolgen können.

#### **6.2.2 Prüfplan**

Art und Umfang der Prüfungen sind in einem Prüfplan festzulegen.

#### **6.2.3 Prüfnachweis**

Alle durchgeführten Prüfungen sind durch Prüfnachweise zu belegen. Prüfnachweise müssen mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- (1) Prüfdatum,
- (2) Prüfobjekt,
- (3) Prüffart,
- (4) Prüfunterlagen,
- (5) Prüfergebnisse,
- (6) bei Mängeln:  
festgesetzte Fristen für Beseitigung der Mängel oder Austausch des Prüfobjektes und
- (7) Name und Unterschrift des Prüfers.

#### 6.2.4 Erstmalige Prüfungen

#### 6.2.4 Erstmalige Prüfungen

##### 6.2.4.1 Allgemeines

An Meß- und Probenahmeeinrichtungen oder ihren Komponenten sind folgende Prüfungen durchzuführen:

- (1) Eignungsprüfung,
- (2) Kalibrierung,
- (3) Werksprüfung und
- (4) Inbetriebnahmeprüfung.

Werden Eignungsprüfung und Kalibrierung außerhalb des Kernkraftwerks, in dem die Meß- und Probenahmeeinrichtungen eingesetzt werden soll, durchgeführt, so ist sicherzustellen, daß bei der Eignungsprüfung und Kalibrierung die für den späteren Betrieb im Kernkraftwerk repräsentativen Bedingungen herrschen.

##### 6.2.4.2 Eignungsprüfung

Vor erstmaligem Einsatz in einem Kernkraftwerk ist durch eine Eignungsprüfung nachzuweisen, daß die Meß- und Probenahmeeinrichtungen ihre Aufgaben erfüllen und sie und ihre Komponenten den spezifizierten Anforderungen genügen. Im Rahmen dieser Prüfung soll auch das Langzeitverhalten der Meß- und Probenahmeeinrichtungen unter zyklischem Wechsel der Umgebungsbedingungen überprüft werden.

Die Prüfungen sind in einem von den zuständigen Behörden festgelegten Umfang durch zugezogene Sachverständige durchzuführen.

##### Hinweis:

Der Nachweis der Betriebsbewährung unter vergleichbaren Betriebsbedingungen kann eine Eignungsprüfung ersetzen.

#### 6.2.4.3 Kalibrierung

Die Meßeinrichtungen nach Abschnitt 5.2 sind vor ihrem ersten Einsatz mit Caesium 137 zu kalibrieren. Im Anschluß an die Erstkalibrierung der Meßgeräte der Meßeinrichtungen ist mit einem Festpräparat in definierter und reproduzierbarer Geometrie ein Anschlußwert zu bestimmen, der später eine Überprüfung der Kalibrierung und den Anschluß weiterer baugleicher Geräte ermöglicht. Die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens der Meßeinrichtung muß im Energiebereich von 100 keV bis 1700 keV bekannt sein.

#### 6.2.4.4 Werksprüfung

Bei einer Werksprüfung sind die ordnungsgemäße Herstellung und die einwandfreie Funktion der Meß- und Probenahmeeinrichtungen nachzuweisen.

Setzen sich die Meß- und Probenahmeeinrichtungen aus Komponenten verschiedener Hersteller zusammen, so müssen die ordnungsgemäße Herstellung und einwandfreie Funktion dieser Komponenten durch Prüfungen beim jeweiligen Hersteller bestätigt werden.

Die Werksprüfung ist durch Werkssachverständige durchzuführen, in begründeten Fällen in Anwesenheit von durch die zuständigen Behörden zugezogene Sachverständige.

#### 6.2.4.5 Inbetriebnahmeprüfung

Bei der Inbetriebnahmeprüfung sind nach der Installation im Kernkraftwerk die einwandfreie Ausführung und Funktion der Meß- und Probenahmeeinrichtungen nachzuweisen. Es müssen mindestens geprüft werden:

- (1) Ausführung des Probenahmesystems,
- (2) Installation der Meß- und Probenahmeeinrichtungen,
- (3) Anzeige (mit einem Impuls- oder Stromgenerator mit mindestens einem Prüfwert pro Zehnerpotenz des Meßbereichs),
- (4) Kalibrierung (mit Festpräparat),
- (5) Grenzwerteinstellung,
- (6) Anschluß an die Notstromversorgung,
- (7) Durchflußüberwachung,
- (8) Meßwertverarbeitung (Meldungen, Aktionen) und
- (9) Versorgung mit Betriebsmedien (z.B. Zählgas).

Die Inbetriebnahmeprüfung ist durch den Genehmigungsinhaber sowie in einem von den zuständigen Behörden festgelegten Umfang durch zugezogene Sachverständige oder in deren Anwesenheit durchzuführen.

## 6.2.5 Wiederholungsprüfungen

### 6.2.5.1 Allgemeines

An den Meß- und Probenahmeeinrichtungen sind während des Betriebs des Kernkraftwerks Wiederholungsprüfungen durchzuführen. Dabei handelt es sich um regelmäßig wiederkehrende Prüfungen und Prüfungen nach einer Instandsetzung.

Diese Prüfungen sind nach Prüfunterlagen vorzunehmen, in denen die den einzelnen Prüfungen zugeordneten Prüfmethoden zusammengestellt sind. Die Prüfunterlagen sollen folgende Angaben enthalten:

- (1) Prüfspezifikation oder Prüfvorschrift,
- (2) Prüfobjekt und Prüfort,
- (3) zu verwendende Prüfeinrichtung,
- (4) Prüfbedingungen und
- (5) Sollwerte.

### 6.2.5.2 Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen

Durch regelmäßig wiederkehrende Prüfungen ist die einwandfreie Funktion der Meß- und Probenahmeeinrichtungen nachzuweisen. Dabei sind die in Tabelle 6-1 angegebenen Prüfungen und Prüfhäufigkeiten zugrunde zu legen.

Für die Überprüfung der Meßeinrichtungen nach Zeile 4 der Tabelle 6-1 sind eine definierte und reproduzierbare Geometrie festzulegen und der Sollwert der Anzeige zu bestimmen.

Die Ergebnisse sind zu protokollieren.

Die Prüfungen sind durch den Betreiber und durch von den zuständigen Behörden zugezogene Sachverständige durchzuführen.

### 6.2.5.3 Prüfungen nach einer Instandsetzung

Nach einer Instandsetzung ist die einwandfreie Funktion durch eine Inbetriebnahmeprüfung nach Abschnitt 6.2.4.5 zu überprüfen.

Die Prüfungen sind durch den Betreiber in Abstimmung mit dem von den zuständigen Behörden zugezogenen Sachverständigen durchzuführen.

## 6.3 Beseitigung von Mängeln

Die bei Prüfungen festgestellten Mängel sind unverzüglich oder unter Einhaltung der in den Prüfnachweisen festgesetzten Fristen zu beseitigen.

Tabelle 6-1: Regelmäßig wiederkehrende Prüfungen

Prüfobjekt	Prüfmethode	Prüfhäufigkeit	
		durch den Betreiber	durch von den zuständigen Behörden zugeordnete Sachverständige
1. Meß- und Probeneinrichtungen	Besichtigung	bei Kontrollgängen	jährlich
2. Prüf- und Wartungsaufzeichnungen	Einsichtnahme	---	jährlich
3. Elektronikbaugruppen	Einspeisung von Standardsignalen in die Transmitter (mindestens ein Wert pro Zehnerpotenz des Meßbereichs), Vergleich aller Anzeigen und Registrierungen	jährlich	jährlich
4. Meßeinrichtungen	Überprüfung der Kalibrierung mit einem Festpräparat	vierteljährlich	jährlich
5. Signalisierung	Betriebsbereitschaft: unterer Grenzwert: visuell oberer Grenzwert: Unterbrechung der Spannungszufuhr mit Festpräparat oder künstlicher Anregung	monatlich	jährlich
6. Durchflußüberwachung und Betriebsmedienversorgung (z.B. Zählgas) a) ohne automatische Funktionskontrolle b) mit automatischer Funktionskontrolle	a) Besichtigung b) Vergleich des Sollwertes mit dem Istwert	a) bei Kontrollgängen b) vierteljährlich	jährlich

## 6.4 Kontrolle der nuklidspezifischen Messungen

Zur Überprüfung der Meßunsicherheit bei nuklidspezifischen Messungen, die der Bilanzierung dienen, hat sich der Betreiber entsprechend dem Beschluß des Länderausschusses für Atomkernenergie – Strahlenschutz – (2/78) an dem Programm zur Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser) nach Abschnitt Nr. 3 "Qualitätskontrolle" und nach Abschnitt Nr. 4 "Ringversuch" zu beteiligen (siehe Anhang 2).

## 7 Meßergebnisse

### 7.1 Dokumentation

#### 7.1.1 Fließschema

Die für die Messung der flüssigen Ableitungen eingerichteten Probenahmestellen und Meßstellen in den zu überwachenden Systemen sollen in ein übersichtliches Fließschema eingezeichnet werden. Durch unterschiedliche Symbole sollen Art der Probenahme und Messung gekennzeichnet werden.

In einer dem Fließschema zugeordneten Beschreibung, z.B. Tabelle, sollen für jede Probenahmestelle und Meßstelle die erforderliche Meßaufgabe und Meßdurchführung festgehalten werden. Für Probenahmestellen sollen Zweck, Art, Ort und Häufigkeit der Probenahme sowie die durchzuführenden Messungen aufgeführt werden. Für Meßstellen sollen die Meßaufgaben und die meßtechnischen Anforderungen, insbesondere Meßart, Meßanordnung einschließlich Abschirmung, Kalibrierung, Nachweisgrenzen und Meßunsicherheit angegeben werden. Für das Meßlabor sollen ebenfalls die Meßaufgaben und die meßtechnischen Anforderungen beschrieben werden.

#### 7.1.2 Umfang

Die Dokumentation muß so angelegt werden, daß ein lückenloser Nachweis der Ableitungen flüssiger radioaktiver Stoffe möglich ist. Dazu gehören die Aufzeichnungen über

- (1) Aktivitätsmessungen  
(Konzentrationen, Abgaberraten und nuklidspezifische Werte),
- (2) Probenahmen  
(kontinuierlich, diskontinuierlich; Zeitpunkt, Zeitspanne),
- (3) Wassermengen  
(Menge, Zeitpunkt, Zeitspanne) und
- (4) Verantwortliche und Ausführende

### 7.2 Berichterstattung an die Behörden

#### 7.2.1 Inhalt

Die Berichterstattung über die Ableitung flüssiger radioaktiver Stoffe an die zuständigen Aufsichtsbehörden muß umfassen:

- (1) Menge der Wasserabgaben,



- (2) Genehmigungswerte,
- (3) nuklidspezifische Aktivitätsabgabe und
- (4) die im Berichtszeitraum mit der benutzten Meßeinrichtung für die Nuklide nach Tabelle 4-1 erreichten minimalen und maximalen Nachweisgrenzen.

#### 7.2.2 Bilanzierung

Der nuklidspezifische Nachweis der Aktivitätsabgaben aus dem Übergabehälter und der Vergleich mit den Genehmigungswerten muß vierteljährlich und für die Zeitspanne seit Jahresanfang vorgenommen werden. In der Bilanzierung bleiben Nuklide mit Konzentrationen unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze außer Betracht.

Ist für das Nebenkühlwasser und das Maschinenhausabwasser eine Bilanzierung nach den Abschnitten 4.4.3 und 4.5.1.3 und 4.5.2.3 erforderlich, muß jeweils ein gesonderter Berichtsbogen erstellt werden.

#### 7.2.3 Berichtshäufigkeit

Die abgeleiteten radioaktiven Stoffe sind nach § 46 Abs. 1 Nr. 3 Strahlenschutzverordnung nach Art und Aktivität spezifiziert den zuständigen Behörden mindestens jährlich anzuzeigen. Sofern diese nichts anderes festlegen, hat die Anzeige vierteljährlich, sowie für die Zeitspanne seit Jahresanfang zu erfolgen.

#### 7.2.4 Berichtsbogen

Für die regelmäßige Berichterstattung ist der Berichtsbogen nach Bild 7-1 zu benutzen.

Sofern die in Tabelle 4-1 geforderten Nachweisgrenzen nicht erreicht werden, sind die Gründe dafür dazulegen.

**Bild 7-1: Berichtsbogen über Aktivitätsabgaben**

KKW: Blatt 1 Übergabehälter Ja  Nein   
 Therm. Leistung: MW Blatt 2 Nebenkühlwasser Ja  Nein   
 Elektr. Leistung: MW Blatt 3 Maschinenhaus-  
abwasser Ja  Nein

	im Quartal 19...	seit Jahresanfang
Wasserabgabe m <sup>3</sup>		

Nuklid	Nachweisgrenze		Aktivitätsabgabe, Bq(Ci)		Genehmigungswert Bq · a <sup>-1</sup> (Ci · a <sup>-1</sup> )	Bemerkungen
	min.	max.	im Quartal	seit Jahresanfang		
Cr 51						
Mn 54						
Fe 59						
Co 57						
Co 58						
Co 60						
Zn 65						
Sr 89						
Sr 90						
Zr 95						
Nb 95						
Ru 103						
Ru 106						
Ag 110m						
Te 123m						
Sb 124						
Sb 125						
J 131						
Cs 134						
Cs 137						
Ba 140						
La 140						
Ce 141						
Ce 144						
.....						
.....						
Summe						
H 3						
.....						
..... 1)						

1) Alpha-Strahler (Gesamtaktivität)

## **ANHANG 1**

Zusammenstellung der allgemeinen und verwiesenen Bestimmungen

### **Strahlenschutzverordnung (10/76)**

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I, S. 2905, 1977 I, S. 184, 269). Zuletzt geändert durch Artikel 2 der Zweiten Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 12. Dezember 1977 (BGBl. I, S. 2537).

### **Gesetz über Einheiten im Meßwesen (07/69)**

Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 2. Juli 1969 (BGBl. I, S. 709); Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 26. Juni 1970 (BGBl. I, S. 981), zuletzt geändert durch die Zweite Verordnung zur Änderung der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 12. Dezember 1977 (BGBl. I, S. 2537).

### **Beschluß des Länderausschusses für Atomkernenergie – Strahlenschutz – (02/78)**

Kontrolle der Eigenüberwachung radioaktiver Emissionen aus Kernkraftwerken (Abwasser)

### **LAWA-Richtlinie (11/76)**

Richtlinien für das Einleiten von Abwasser aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren in die Gewässer (ausgearbeitet von der LAWA-Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer")

## ANHANG 2

Auszug aus dem Beschluß des Länderausschusses für Atomkernenergie – Strahlenschutz – (2/78)

### Abschnitt 3: Qualitätskontrolle

Die Betreiber und der von der zuständigen Behörde beauftragte Sachverständige führen Maßnahmen zur Kontrolle ihrer Meßqualität durch.

Diese beinhalten:

- a) für Gamma-Strahler Messung eines Standardgemisches mindestens alle 4 Wochen und
- b) für Strontium-Isotope, Tritium und Alpha-Strahler mindestens halbjährlich die Bestimmung des Gehaltes eines Standards.

Die Ergebnisse der Messungen sind in geeignete Kontrollkarten einzutragen und aufzubewahren.

### Abschnitt 4: Ringversuch

Die Betreiber und der von der zuständigen Behörde beauftragte Sachverständige beteiligen sich einmal jährlich an einem Ringversuch, der vom Bundesgesundheitsamt in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt durchgeführt wird.

Zum Versand kommen Modellabwasserproben und reale Abwasserproben.

Dokumentationsunterlage KTA-Dok.-Nr. 1504/78/4

Beratungsunterlage zu TOP 7.2 der 18. KTA-Sitzung am 27.6.1978

Dokumentationsunterlage zur Erstellung der Regel KTA 1504

Messung flüssiger radioaktiver Stoffe zur Überwachung der radioaktiven Ableitungen

**Inhalt:**

- 1 Allgemeines
- 2 Mitglieder des KTA-Unterausschusses
- 3 Grundlagen
- 4 Überprüfung des Regelentwurfs
- 5 Erstellung der Beschlußvorlage
- 6 Erläuterungen zum Regeltext)

**1 Allgemeines**

Auf seiner 2. Sitzung am 22.2.1973 hatte der KTA beschlossen, durch einen Unterausschuß des KTA die vorliegende Regel erarbeiten zu lassen. Die Arbeit des Unterausschusses wurde auf der konstituierenden Sitzung am 12. Dezember 1974 aufgenommen. Die Regelentwurfsvorlage Fassung 9/76 wurde den KTA-Fraktionen zur ersten Prüfung und Stellungnahme übermittelt. Die eingegangenen Änderungsvorschläge wurden vom Unterausschuß berücksichtigt. Auf seiner Sitzung am 5./6. Juli 1977 hatte der Unterausschuß die nach seiner Auffassung vorlagereife Regelentwurfsvorlage 10/77 für die Gründruckphase verabschiedet.

Die vorliegende Regelvorlage wurde vom Unterausschuß in insgesamt 14 Sitzungen mit 23 Sitzungstagen erstellt. Sie ist inhaltlich soweit möglich mit dem Regelentwurf KTA 1503 Teil 1: "Messung und Überwachung der Ableitungen radioaktiver Stoffe mit der Kaminabluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb" abgestimmt worden.

**2 Mitglieder des KTA-Unterausschusses 1504 "Flüssige Ableitungen"**

**Hersteller**

Steffens  
Kuhn

Hochtemperatur-Reaktorbau GmbH (Mannheim)  
Kraftwerk Union AG (Erlangen)

<b>Betreiber</b>	
Herzog Walter	Kernkraftwerk Isar GmbH (Ohu/Landshut) Gemeinschaftskernkraftwerk Neckar GmbH (Neckarwestheim)
<b>Behörden</b>	
Linhardt	Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (München)
Edelhäuser Diehl	Bundesministerium des Innern (Bonn) Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (München)
<b>Gutachter</b>	
Franzen (Obmann) Toiksdorf	Gesellschaft für Reaktorsicherheit mbH (Köln) TÜV Rheinland e.V. (Köln)
<b>Sonstige</b>	
Klotter	LAWA-Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer" (Mainz)
Gans	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes (Berlin)
Gebauer	Deutsches Institut für Normung e.V. (Berlin)
Zuständiger Sachbearbeiter des KTA-Geschäftsstelle: Sitte	

### 3 Grundlagen

Als eine wichtige Basis für die Erarbeitung der vorliegenden Regelvorlage diente dem Unterausschuß die vom Länderausschuß für Atomkernenergie verabschiedete "Regel für Messung und Kontrolle von Ableitungen radioaktiver Wässer aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren" und die von der Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer" der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erarbeitete "Richtlinie für das Einleiten von Abwasser aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren in die Gewässer". In wesentlichen Punkten fand eine Anlehnung an die beiden Schriften statt.

Auf Anregung des Vorsitzenden der LAWA-Arbeitsgruppe "Radioaktivitätsbelastung der Gewässer", Herrn Prof. Dr. Klotter, fand am 29.4.1977 in Mainz ein Gespräch mit Vertretern der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser statt, an dem von Seiten der LAWA Herr Prof. Dr. Klotter, Herr MR Giwer und Herr Beile vom Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Umweltschutz Rheinland-Pfalz sowie von Seiten des KTA der Obmann des KTA-Unterausschusses 1504 und der KTA-Geschäftsführer teilgenommen haben.

Gegenstand dieses Gespräches waren u.a. die wortgleiche Herausgabe der Regelvorlage und der LAWA-Richtlinie: Richtlinie für das Einleiten von Abwasser aus Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren in die Gewässer (11/76) und Fragen der Verabschiedung und der Inkraftsetzung der Regel durch beide Seiten.

Auf seiner Sitzung des Unterausschusses am 5./6. Juli 1977, wurde mit Herrn Prof. Dr. Klotter vereinbart, unter dem KTA-Regeltitel den Passus "Diese Regel wurde vom Kerntechnischen Ausschuß (KTA) und von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) gemeinsam erarbeitet" aufzunehmen.

Die Abschnitte Anwendungsbereich, Begriffsbestimmungen, Aufgaben der Überwachung, Meß- und Probenahmeeinrichtungen, Instandhaltung und Prüfung und Meßergebnisse wurden mit den vergleichbaren Abschnitten des Regelentwurfs 1503 Teil 1 "Messung und Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminabluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb" abgestimmt und soweit möglich wortgleich formuliert.

#### 4 Überprüfung des Regelentwurfs

Entsprechend dem Beschluß des KTA vom 18.10.77 wurde der Regelentwurf KTA 1504, Fassung 10/77, am 5.11.1977 veröffentlicht.

Innerhalb der dreimonatigen Frist nach Veröffentlichung sind von folgenden Stellen umfangreiche Änderungs- und Ergänzungsvorschläge bei der KTA-Geschäftsstelle eingegangen:

- ( 1) Kernkraftwerk Isar GmbH (KKI)
- ( 2) Bonka, Lehrstuhl für Reaktortechnik Aachen
- ( 3) Badenwerk AG (Karlsruhe)
- ( 4) VKW (Oberhausen Rhld.)
- ( 5) Hartmann & Braun, (Frankfurt)
- ( 6) Kernkraftwerk Obrigheim GmbH, (Obrigheim)
- ( 6a) Techn. Vereinigung d. Großkraftwerksbetreiber (VGB), (Essen)  
(Text identisch mit Nr. (6))
- ( 7) KWU (Offenbach)
- ( 8) BMI (Bonn)
- ( 9) VdTÜV (Essen)
- (10) Preussenelektra (Hannover)
- (11) Hamburgische Elektrizitäts-Werke (Hamburg)
- (12) BBC (Mannheim)

Die Änderungs- und Ergänzungsvorschläge sind vom UA-1504 am 7./8. März 1978 behandelt und im einzelnen kommentiert worden. Die Stellungnahmen des UA-1504 zusammen mit den einzelnen Änderungs- und Ergänzungsvorschlägen sind im Anhang zum Regelentwurf KTA-Dok-Nr. 1504/78/1 enthalten, die am 16.3.1978 zur Prüfung an den KTA verteilt wurde.

Am 8. Mai 1978 trafen sich Vertreter von KTA 1502/KTA 1503 und KTA 1504 mit dem Ziel eine gemeinsame Definition der Nachweisgrenze zu erarbeiten. Die Begriffsbestimmung in Abschnitt 2.5 "Nachweisgrenze einer Meßanordnung oder eines Meßverfahrens für ein bestimmtes Nuklid oder Nuklidgemisch" wird als Ergebnis dieser Beratungen wortgleich in allen drei KTA-Regeln Anwendung finden.

#### 5 Erstellung der Beschlußvorlage

Am 9./10. Mai 1978 hat der UA-1504 die Regelvorlage abschließend behandelt und zusammen mit der vorliegenden Dokumentationsunterlage zur Regelerstellung verabschiedet.

Zusammen mit dem entsprechenden Beschlußvorschlag (KTA-Dok.-Nr. 1504/78/5) ist die Regel 1504 (KTA-Dok.-Nr. 1504/78/3) als Beschlußvorlage an den KTA zu dessen 18. Sitzung am 27. Juni 1978 verteilt worden.

## 6 Erläuterungen zum Regeltext

### Zu Abschnitt 1: Anwendungsbereich

Gegenstand des Regeltextes ist die Überwachung der Einhaltung der Einleitungsbedingungen. Um eine Überschneidung mit KTA 3603 "Anlagen zur Behandlung von radioaktiv kontaminiertem Wasser in Kernkraftwerken" zu vermeiden, wurde mit dem zuständigen regelerstellenden Arbeitsgremium die folgende Abgrenzung getroffen: Die Grenze der beiden Zuständigkeitsbereiche ist der gefüllte und entlüftete, zur Probenahme vorbereitete und abgesperrte Übergabebehälter." Die messtechnischen Anforderungen in KTA 3603 "Anlagen zur Behandlung von radioaktiv kontaminiertem Wasser in Kernkraftwerken" beschränken sich auf die Kontrolle und Überwachung der Betriebsanlage zur Behandlung von kontaminiertem Wasser in Kernkraftwerken.

Die für die Überwachung der Nebenkühlwässer, Maschinenhausabwasser und Abflutwässer erforderlichen Abgrenzungen sind in den jeweiligen Abschnitten der Regel behandelt worden.

### Zu Abschnitt 2: Begriffsbestimmungen

Es werden nur solche Begriffe definiert, die nicht bereits im Atomgesetz, der Strahlenschutzverordnung, in den Sicherheitskriterien oder in anderen KTA-Regeln festgelegt oder in den allgemeinen Sprachgebrauch zweifelsfrei eingeführt worden sind.

### Zu Abschnitt 2.4: Kalibrierung einer Meßanordnung der Strahlungsüberwachung

Die Kalibrierung einer Meßanordnung der Strahlungsüberwachung muß experimentell und nicht rechnerisch erfolgen. Dies kann bei der Gamma-Spektrometrie durch experimentelle Ermittlung des Ansprechvermögens in Abhängigkeit von der Energie (Efficiency-Kurve) unter Eingabe in einen Rechner erfolgen.

### Zu Abschnitt 4.3.2: Entscheidungsmessung

Wegen bislang unterschiedlicher Vorgehensweise bei den einzelnen Kernkraftwerksherstellern ist unter Berücksichtigung der Spannungsschwankungen festgelegt worden, daß alle vom Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes (Berlin) in den Abwässern kern-technischer Anlagen gefundenen Radionuklide über Gamma-Linien mit Energien oberhalb 0,1 MeV nachgewiesen werden.

Für den praktischen Betrieb ist es wichtig, die in den Übergabebehältern enthaltene Aktivität möglichst rasch und zuverlässig zu ermitteln, um ohne unnötige Zeitverluste über die Ableitung entscheiden zu können. Da beim Betrieb von Kernkraftwerken reine Beta-Strahler (Strontium 89, und Tritium) stets zusammen mit Gamma-Strahlern anfallen, genügt für diese Entscheidung eine Messung der Gamma-Zählrate. Eingehende Untersuchungen des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes haben gezeigt, daß eine Gamma-Vergleichsmessung, bezogen auf Caesium 137, für diese Entscheidungsmessung ausreichend ist.

### Zu Abschnitt 4.4: Nebenkühlwasser

Eine Überwachung ist immer dann erforderlich, wenn nicht bei allen Betriebszuständen durch geeignete Druckstaffelung ein Übertritt von Wasser aus dem Zwischenkühlkreislauf in das Nebenkühlwasser ausgeschlossen werden kann.

Eine kontinuierliche Messung der Aktivitätskonzentration im Nebenkühlwasser ist bei den großen Wassermengen und den daraus sich ergebenden kleinen Aktivitätskonzentrationen nicht sinnvoll. Die Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Nebenkühlwasser wird daher durch eine Überwachung der nuklearen Zwischenkühlkreisläufe auf radioaktive Stoffe und Wasserverluste vorgenommen.



In diesem Abschnitt muß trotz gleichem Schutzziel wegen der Unterschiedlichkeit der nuklearen Zwischenkühlkreisläufe (NZK) bezüglich Aktivitätsinhalt und Leckage aus dem Primärsystem eine Aufteilung in Abschnitte für den LWR und den HTR vorgenommen werden:

Hierfür einige Erläuterungen für den gasgekühlten Reaktor:

- a) Beim HTR liegen die wesentlichen NZK wie Liner- und Gebläsekühlkreisläufe unter Neutronenbestrahlung, wodurch diese durch aktivierte Korrosionsprodukte und Beimischungen (Deionat) im Unterschied zu den LWR ständig eine, wenn auch hinsichtlich Abgabe über das Nebenkühlwasser äußerst geringe, Radioaktivität führen.
- b) Durch die Bestrahlung wird in den NZK infolge Radiolyse kontinuierlich Wasserstoff gebildet, was in den zugehörigen Ausgleichsbehältern zu einem Druckanstieg mit Grenzwertsignalisierung (Warte) und darüber zur regelmäßigen diskontinuierlichen Entlastung über Sicherheitsventile führt (Abstand einige Wochen).
- c) Bei Unterstellung einer Leckage von Primärkühlgas in einen NZK wird aufgrund des eindringenden Kühlgases der Druckanstieg im NZK speziell im Ausgleichsbehälter (Ansammeln von Gas) durch Überlagerung des Vorganges nach b) rascher verlaufen und somit in kürzerem Abstand der Grenzwert bzw. das Sicherheitsventil ansprechen.
- d) Bei einer Leckage wird also die Aktivitätskonzentration im Wasser des NZK maximal um den Anteil der festen Spaltprodukte, die sich dem Wasser beimischen, ansteigen.
- e) Durch Probeentnahme jeweils nach Öffnen des Sicherheitsventils bzw. Ansprechen des Druckgrenzwertes wird festgestellt, ob eine erhöhte Aktivität vorliegt. Die Zeitfolge kann dabei bei unerwartetem Ansprechen obiger Grenzwerte entsprechend verkürzt werden. An der Probe wird festgestellt, ob der Grenzwert aufgrund verstärkter Radiolyse oder durch eingedrungenes Kühlgas angesprochen hat.

#### **Zu Abschnitt 4.5: Maschinenhausabwasser**

Die Anforderungen gemäß Abschnitt 4.5 gelten nur für Kernkraftwerke mit Druckwasserreaktoren mit U-Rohrdampferzeugern.

Für Druckwasserreaktoren mit Geradrohr-Dampferzeugern wird das Konzept der Aktivitätsüberwachung des Sekundärkreises und damit des Maschinenhausabwassers zur Zeit mit Gutachtern und Genehmigungsbehörden diskutiert. Eine Regelfähigkeit im Sinne des § 2 der KTA-Bekanntmachung ist zur Zeit nicht gegeben.

Bei Siedewasserreaktoren gehört das Maschinenhausabwasser zum Kontrollbereich. Alle dort anfallenden Wässer werden dem System zur Ableitung von Abwasser aus dem Kontrollbereich zugeführt (siehe Abschnitt 4.3 und Bild 4-1).

#### **Zu Abschnitt 4.5.1: Maschinenhausabwasser aus Kernkraftwerken mit Druckwasserreaktoren (mit U-Rohrdampferzeugern)**

Eine Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Maschinenhausabwasser ist nur bei Vorliegen einer Leckage aus dem Primärteil des Dampferzeugers in den Sekundärteil möglich. Wegen der geringen Aktivitätskonzentration des Maschinenhausabwassers ist die Überwachung des Maschinenhausabwassers durch eine Aktivitätsmessung nicht sinnvoll. Daher wird das Auftreten radioaktiver Stoffe in der Dampferzeugerabschlammung als Hinweis für eine mögliche Kontamination des Maschinenhausabwassers betrachtet.

**Zu Abschnitt 4.5.2: Maschinenhausabwasser aus Kernkraftwerken mit Hochtemperaturreaktoren**  
Das Maschinenhausabwasser setzt sich aus dem Abschlämmwasser des Sekundärkreislaufs (Wasser/Dampfkreislauf) und aus Leckagen von Komponenten dieses Kreislaufs zusammen. Der Sekundärkreislauf enthält geringe Aktivitätsmengen infolge Tritiumpermeation, Aktivierung möglicher Korrosionsprodukte und Verunreinigungen des Wassers. Die kontinuierliche Abschlämmung ist zur Begrenzung der Tritiumkonzentration im Sekundärkreislauf notwendig. Die hierbei anfallenden Wassermengen lassen Sammlung, Probenahme und Entscheidungsmessung von der Ableitung nicht zu.

#### **Zu Abschnitt 4.6: Hauptkühlwasser**

Zur Erfassung der aus einem Kernkraftwerk mit dem Wasser in den Vorfluter abgegebenen radioaktiven Stoffen nach Art und Menge wäre es ausreichend, kontinuierlich repräsentative Proben desjenigen Wassers zu entnehmen, das unmittelbar in den jeweiligen Vorfluter mündet und Einzelnuclidanalysen durchzuführen. Die beim bestimmungsgemäßen Betrieb eines Kernkraftwerks zu erwartenden Konzentrationen radioaktiver Stoffe im Rücklaufkanal sind aber so gering, daß eine Erfassung der abgegebenen Radionuklide durch eine Direktmessung nicht möglich ist, sondern aufwendige Anreicherungsverfahren und extreme Meßzeiten erforderlich wären. Aus diesem Grund ist der Radionuklidgehalt aller Wässer zu bestimmen, deren Konzentration radioaktiver Stoffe relativ hoch ist oder die in direktem Kontakt radioaktive Stoffe in die in den Vorfluter führenden Wässer abgeben können.

Die im Rücklaufkanal/Auslaufbauwerk befindliche Probeentnahmestelle dient der Beweissicherung und Erfassung möglicherweise kurzzeitig unbeabsichtigt mit dem Hauptkühlwasser in den Vorfluter abgegebenen radioaktiven Stoffe. Sie dient nicht der Bilanzierung im Normalbetrieb. Deshalb genügt eine kontinuierlich zeitproportionale Probenahme.

Nach Auffassung des Unterausschusses ist eine Forderung nach einer mengenproportionalen Tagesmischprobe gegenwärtig nicht realisierbar, da dafür serienmäßig hergestellte Geräte nicht zur Verfügung stehen. Der Unterausschuß ist daher der Ansicht, daß zur Beweissicherung einer Tagessammelprobe von mindestens einem Liter als ausreichend zu betrachten ist.

Die bei Grenzwertüberschreitung zu nehmenden Proben sollen der Erkennung der Ursache dienen, so daß Gegenmaßnahmen unmittelbar eingeleitet werden können.

#### **Zu Tabelle 4-1: Radionuklide und ihre geforderten Nachweisgrenzen**

Die in der Tabelle 4-1 angegebenen Radionuklide sind diejenigen, die während einer mehrjährigen Untersuchungsreihe des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes wiederholt im Abwasser eines der in Betrieb befindlichen Kernkraftwerke mit Leichtwasserreaktor in der Bundesrepublik Deutschland gefunden wurden.

Der Unterausschuß ist der Ansicht, daß die in der Tabelle 4-1 aufgeführten Nachweisgrenzen solange unverändert gefordert werden können, bis dem KTA eine Überarbeitung der Regel nötig erscheint. (Dies wird in etwa 2-3 Jahren erwartet).

Eine nuklidspezifische Bestimmung der Alpha-Strahler ist zur Zeit nicht erforderlich, da die Untersuchungen des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes und des Instituts für Strahlenschutz der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung, Neuherberg, gezeigt haben, daß die aus den Kernkraftwerken abgegebenen Mengen nach Alphastrahlern so gering sind, daß sie nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zur Strahlenexposition liefern.

### **Zu Abschnitt 5.1.6: Meßwertanzeige und Registrierung**

Analog registrierende Geräte mit Skala können dabei die anzeigende Funktion in der Warte übernehmen.

### **Zu Abschnitt 6: Instandhaltung und Prüfung**

Die Mitglieder des KTA-Unterausschusses 1504 "Flüssige Ableitungen" Carstensen, Bundesministerium des Innern (Bonn) und Linhardt, Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (München) äußern grundsätzliche Bedenken, daß Maßnahmen geregelt werden, welche die zuständigen Behörden zu veranlassen haben. Solche Maßnahmen wären z.B. die vom KTA-UA 1504 geregelte Anziehung von Sachverständigen und die Durchführung von Prüfungen durch behördlich zugezogene Sachverständige.

Die KTA-Geschäftsstelle konnte eine Klärung dieser Frage noch vor der 28. Sitzung des KTA am 27. Juni 1978 durch eine Umformulierung herbeiführen.

### **Zu Bild 7-1: Berichtsbogen über Aktivitätsabgaben**

— Zur Nachweisgrenze:

Hier ist die mit der benutzten Meßanordnung erreichte minimale und maximale Nachweisgrenze für die aufgeführten Radionuklide anzugeben.

— Zur Aktivitätsabgabe:

Für jede Probe, in der das betreffende Nuklid nachgewiesen wurde, ist die Aktivität als Produkt aus Konzentration und abgegebener Abwassermenge zu ermitteln. Sofern die Nachweisgrenzen nach Tabelle 4-1 erreicht werden, bleiben nicht nachgewiesene Radionuklide unberücksichtigt. Die Aktivitäten der erfaßten Radionuklide sind für die beiden Zeiträume (im Quartal und seit Jahresanfang) gegebenenfalls zu summieren und die Summen einzutragen.

— Zum Genehmigungswert:

Hier sind die genehmigten Aktivitätsabgaben für Nuklidgruppen oder Einzel-Nuklide soweit wie möglich aufzulisten.

— Zu Bemerkungen:

Hier sind solche Hinweise einzutragen, die Aufschluß über signifikante Abweichungen in den Aktivitätsabgaben, insbesondere gegenüber den Vorjahreswerten, geben (z.B. Anlage zeitweise außer Betrieb, besondere betriebliche Vorkommnisse, schadhafte Brennelemente).

— Zur Wasserabgabe:

Hier ist die Summe aller aus dem Übergabebehälter des Aufbereitungssystems für radioaktive Abwässer abgegebenen Wassermengen gemeint.