



KfK 2880
Februar 1980

**LAW- und MAW-
Abfallströme aus einem
Referenzentsorgungszentrum
zur Wiederaufarbeitung von
abgebrannten LWR-
Brennelementen nach dem
Purexprozeß mit einem
Durchsatz von 1000
Jahrestonnen**

M. Kelm, R. Köster
Institut für Nukleare Entsorgungstechnik
Projekt Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung

Kernforschungszentrum Karlsruhe

K e r n f o r s c h u n g s z e n t r u m K a r l s r u h e

Institut für Nukleare Entsorgungstechnik

Projekt Wiederaufarbeitung und Abfallbehandlung

KfK 2880

PWA 49/79

LAW- und MAW-Abfallströme aus einem Referenzentsorgungszentrum zur Wiederaufarbeitung von abgebrannten LWR-Brennelementen nach dem Purexprozeß mit einem Durchsatz von 1000 Jahrestonnen.

M. Kelm; R. Köster

unter Mitarbeit von:

H. Wiese, K.-H. Henn

Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen mbH.

H. Kissel, H.-J. Funk

Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe

H. Wertenbach, E. Mainka

Institut für Radiochemie

L. Stieglitz, D. Ertel

Institut für Heiße Chemie

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
ISSN 0303-4003

1. Zusammenfassung

Der Bericht enthält Angaben über die Mengen an radioaktiven Rohabfällen aus einem Referenz-Entsorgungszentrum mit einem Durchsatz von 1000 t_{SM}/a mit nasser Brennelementlagerung, Wiederaufarbeitung nach dem Purex-Verfahren, Uranverarbeitung, Plutonium-Brennelementherstellung, Abfallbehandlung, Abfallendlagerung und entsprechender Infrastruktur.

Darüber hinaus sind die Mengen an konditionierten Abfällen mit zugehöriger spezifischer Aktivität aufgelistet.

Für flüssige LAW-, MAW-Ströme und LAW/MAW-Festabfälle wird die radiochemische Zusammensetzung, basierend auf Daten der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe (WAK) angegeben.

Low- and medium active waste effluents from a fuel cycle back end center for the reprocessing of spent LWR-fuel using the "Purex"-process with a capacity of 1000 t per year

Abstract

The paper gives a report on specifications of low and medium radioactive effluents from a fuel cycle back end center with a capacity of 1000 t heavy metal per year and wet fuel-element storage, a "Purex" reprocessing plant, Uranium processing, Pu-fuel-element fabrication, waste treatment, waste disposal and the corresponding infrastructure.

The amounts of solidified waste and their specific activity are compiled.

The radiochemical compositions of liquid and solid low- and medium radioactive waste are reported using data from the reprocessing plant Karlsruhe (WAK).

1.	Zusammenfassung, Abstract	
2.	Erläuterungen	1
3.	Abfalldaten	3
3.1	Abfallströme der Zusammensetzung I	3
3.2	Abfallströme der Zusammensetzung II	6
3.3	Abfallströme der Zusammensetzung III	6
3.4	Abfallströme der Zusammensetzung IV	7
3.5	Abfälle der Zusammensetzung V	7
3.6	Abfallströme besonderer Zusammensetzung	8
4.	Tabellen	
	I : Zusammensetzung von Prozeß- und Deko-MAW	10
	II : Zusammensetzung der in die Extraktion eingespeisten Feed-Lösung	12
	III: Zusammensetzung von α -freiem MAW	14
	IV : Radiochemische Zusammensetzung von LAW/MAW fest	15
	V : Zusammensetzung von organi- schem MAW	16

2. Erläuterungen

Im folgenden werden die wesentlichen Abfallströme aus dem Referenz-Entsorgungszentrum hinsichtlich ihrer Qualität (chemisch und radiochemisch) und Quantität beschrieben:

LAW/MAW wässrig,
MAW organisch,
T-haltige Abwässer und
LAW/MAW fest.

Ausgenommen von der Betrachtung ist der HAW-, sowie ein kleiner, stark α -haltiger Strom aus der Plutonium-Brennelementfertigung mit ca. $30 \text{ m}^3/\text{a}$.

Die Zusammensetzung der einzelnen Abfallströme ist nach allen bisherigen Erfahrungen starken Schwankungen in der Größenordnung von einigen hundert Prozent unterworfen. Unter dieser Prämisse wird die Zuordnung der einzelnen Abfallströme zu den am Ende aufgelisteten fünf typischen Waste-Zusammensetzungen vorgenommen.

Die Elementkonzentrationen in Tabelle I sind Mittelwerte aus drei Analysen von echtem Prozeß-MAW der WAK; die U- und Pu-Konzentrationen sind Planungswerte wie sie die Deutsche Gesellschaft zur Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (DWK) benutzt (in Klammern sind Erfahrungswerte der WAK angegeben). Die radiochemische Zusammensetzung entspricht Angaben von HDB (KfK) im Sicherheitsbericht für den MAW-Tankwagen (Ausgabe 1 vom 1.9.1977); sie wurden um die DWK-Daten über den Plutoniumgehalt (und den entsprechenden Gehalt von Cm und Am bei fünf Jahre altem Abfall und einem Abbrand von 30 GWd/t , Anreicherung 3,5% U-235) erweitert.

Die Werte der Tabelle II entsprechen chemisch und radiochemisch den Angaben von Gasteiger (KfK 2373) unter Berücksichtigung der Korrosionsprodukte Fe, Cr und Ni nach Analysendaten von IRCh/KfK.

Tabelle III entspricht in ihrer Spaltproduktzusammensetzung der Tabelle I. Für LAW- und MAW-Festabfälle (Tabelle IV) spielt nur die radiochemische Zusammensetzung eine Rolle. Als Richtwert für die Nuklidverteilung wurde die Zusammensetzung der Feedlösung für die erste Extraktionskolonne im Purexprozeß angenommen und der Gehalt an α -Strahlern verdoppelt. Dies wird wie folgt begründet:

Die LAW-, MAW-Festabfälle fallen zu ca. 90% bei der Wiederaufarbeitung an. Da aus den Reinigungszyklen von U, Pu größere Abfallmengen mit α -Gehalt anfallen, wird für die Aktivitätsverteilung die entsprechende Verteilung der Feedlösung angesetzt.

Die Daten in Tabelle V sind die verfügbaren Werte von Analysen von echten organischen Abfällen.

Unter Art der Aktivität ist jeweils nur die beim primären Zerfall auftretende Strahlungsart aufgeführt. In den meisten Fällen tritt daneben noch γ -Strahlung auf.

In der folgenden Auflistung wird für jeden Abfallstrom die Herkunft, das Volumen an Rohabfall (a), soweit erforderlich der Salzgehalt (b), die spezifische Aktivität (c) und die Endabfallmenge nach Konditionierung (d) sowie deren spezifische Aktivität angegeben.

Für die zementierten Abfälle wurde ein Produkt mit 10 Gew.-% Salzgehalt und der Dichte 2 g cm^{-3} und für die bituminierten Abfälle ein 50%-iges Produkt der Dichte $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ angenommen. Die Auswirkungen alternativer Verfahrensschritte auf die Abfallmengen werden in besonderen Abschnitten (mit vierziffrigem Index) behandelt.

3. Abfalldaten

3.1. Abfallströme der Zusammensetzung I

3.1.1. Brennelementlagerung: Regenerationsabwasser + Sumpf- und Waschwasser (Konzentrate)

- a) $175 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$
- b) 150 g l^{-1}
- c) 13 Ci m^{-3}
- d) $40 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ bituminiertes Produkt mit 57 Ci m^{-3}
bzw. $130 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ Zementprodukt mit
 $17,5 \text{ Ci m}^{-3}$.

3.1.2 Brennelementlagerung: Transportbehälterwäsche (Konzentrate)

- a) $90 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$
- b) 182 g l^{-1}
- c) $0,8 \text{ Ci m}^{-3}$
- d) $25 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ bituminiertes Produkt mit $2,8 \text{ Ci m}^{-3}$
bzw. $82 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ Zementprodukt mit
 $0,9 \text{ Ci m}^{-3}$.

3.1.3 Wiederaufarbeitung: Mittelaktive wäßrige Abfälle + Abwasser aus der Abfallbehandlung (Konzentrate)

- a) $1070 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zusätzlich $0,03 \text{ Ci/m}^3 \text{ } ^3\text{H}$
- b) 400 g l^{-1}
- c) 700 Ci m^{-3}
- d) $610 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ bituminiertes Produkt mit 1140 Ci m^{-3}
bzw. $2140 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt
mit 350 Ci m^{-3} .

3.1.3.1 Zusätzlicher Abfallstrom aus dem Phosphorsäure-Addukt-Verfahren

Bei der n-Tributylphosphat/Kerosin-Trennung nach dem Phosphorsäure-Addukt-Verfahren werden ca. 10% der eingesetzten Phosphorsäure als dritte Phase abgetrennt

und zum Abfall gegeben, während die verdünnte Phosphorsäure aus der Adduktspaltung rezykliert wird. Die Rohabfalldaten betragen $7,1 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ an $5,8$ molarer Phosphorsäure.

Dadurch würde sich der Abfallstrom 3.1.3 geringfügig vergrößern:

- a) $1070 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$
- b) 405 g/l
- c) 700 Ci m^{-3}
- d) $620 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ bituminiertes Produkt mit 1140 Ci
bzw. $2170 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt
mit 350 Ci m^{-3} .

3.1.3.2 Einsatz der Hydrazinwäsche bei der Lösungsmittelreinigung

Die Wäsche des Extraktionsmittels mit Na_2CO_3 bzw. NaOH ist Stand der Technik. Der Chemikalienverbrauch beträgt:

ca. $550 \text{ Mol Na}_2\text{CO}_3/\text{t Uran}$
und ca. $260 \text{ Mol NaOH} / \text{t Uran}$

Daraus entstehen $1350 \text{ Mol NaNO}_3/\text{t Uran}$, die praktisch quantitativ in den MAW gehen. Für ein Entsorgungszentrum sind dies ca. $115 \text{ t NaNO}_3/\text{Jahr}$.

Dies Salzmenge kann bei Einsatz von Hydrazin, das nach der Lösungsmittelwäsche elektrolytisch oxidiert wird, eingespart werden. Die ausgewaschenen Spaltprodukte und Uran- und Plutonium-Reste können zum HAW gegeben werden (nach Konzentrierung). Es fällt also kein Folge-MAW-Strom an.

Auf diese Weise könnte ca. 20% (3500 - 4300 m³a⁻¹) des Roh-MAW aus der Wiederaufarbeitung eingespart werden. Dies deckt sich mit Erfahrungswerten der WAK (ca. 370 m³ MAW/a, davon ca. 71 m³ MAW/a aus Lösungsmittelwäsche).

Insgesamt ergäbe sich dann folgender Abfallstrom:

- a) 860 m³a⁻¹
- b) 400 g l⁻¹
- c) 700 Ci m⁻³
- d) 500 m³a⁻¹ bituminiertes Produkt mit 1140 Ci m⁻³
bzw. 1700 m³a⁻¹ zementiertes Produkt
mit 350 Ci m⁻³.

3:1.3.3 Einsatz der Säuredenitrifizierung

Gegenwärtige Abschätzungen über die chemische Zusammensetzung des MAW gehen von einem Salzgehalt von 400 g/l im Konzentrat und einer ausgeglichenen Säure/Base-Bilanz aus. Wird dieses Konzentrat zur Vermeidung von Ausfällungen sauer zwischengelagert, kann man mit einem zusätzlichen Säuregehalt von 1 Mol/l rechnen. Insgesamt beträgt der Kationengehalt dann 5,7 Mol/l.

Langjährige Erfahrungen aus der WAK zeigen nun, daß das Säure:Salz-Verhältnis im MAW im Mittel bei 2:1 liegt. Falls die angestrebte Säure/Base-Bilanz nicht erreicht werden kann, ermöglicht die reduktive Zerstörung der Salpetersäure (Denitrifizierung) eine erhebliche Reduzierung des Endabfallvolumens:

- a) 1070 m³ a⁻¹
- b) 160 g l⁻¹
- c) 700 Ci m⁻³
- d) 250 m³a⁻¹ bituminiertes Produkt mit 3000 Ci m⁻³
bzw. 710 m³a⁻¹ zementiertes Produkt
mit 1000 Ci m⁻³.

3.1.4 Wiederaufarbeitung: LAW-Konzentrat aus Kontrollbereichen aller Verarbeitungsstationen eines Referenz-Entsorgungszentrums

- a) $710 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$
- b) 200 g l^{-1}
- c) $0,1 \text{ Ci m}^{-3}$
- d) $710 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit $0,1 \text{ Ci m}^{-3}$.

3.2. Abfallströme der Zusammensetzung II

3.2.1 Brennelementlagerung: Lagerbeckenreinigung

- a) $360 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$
- b) 125 g l^{-1}
- c) 150 Ci m^{-3}
- d) $65 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ bituminiertes Produkt mit 840 Ci m^{-3} bzw. $225 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit 240 Ci m^{-3} .

3.3. Abfallströme der Zusammensetzung III

3.3.1 Wiederaufarbeitung: ^3H -haltige Wasser aus der Extraktion und Abfallbehandlung: Tritium-Wasser aus der 1. WW-Verfestigung

- a) $3000 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$.
- b) ca. 40 mg l^{-1}
- c) $0,1 \text{ Ci m}^{-3}$ Spaltprodukte + $200 \text{ Ci m}^{-3} \text{ } ^3\text{H}$
- d) Verpressung in poröse Speicherformationen im geologischen Untergrund.

3.3.1.1 Das ^3H -haltige Wasser kann auch mit Zement verfestigt werden. Bei einem Wasser-Zement-Wert von 0,4 ergibt sich folgende Endabfallmenge:

- d) $5250 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit $6 \cdot 10^{-2} \text{ Ci m}^{-3}$ Spaltprodukte + $115 \text{ Ci m}^{-3} \text{ } ^3\text{H}$.

3.4. Abfälle der Zusammensetzung IV

3.4.1 Brennelementlagerung: Filterkerzen

d) $35 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit 280 Ci m^{-3} .

3.4.2 Brennelementlagerung: Altkugelharze

a) $9 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$

d) $8 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit 5 Ci m^{-3} .

3.4.3 Brennelementlagerung: Gepreßte Abfälle

a) $35 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$

d) $25 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit $0,05 \text{ Ci m}^{-3}$.

3.4.4 Brennelementlagerung: Verschleißteile

a) $3,5 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$

d) $3 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit 55 Ci m^{-3} .

3.4.5 Wiederaufarbeitung: Brennbarer LAW/MAW; nicht brennbarer LAW/MAW nach Vorkonditionierung durch Verbrennung, Kompaktierung

a) $570 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$

c) $1,5 \text{ Ci m}^{-3}$

d) $700 - 1000 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit $1,2 - 0,8 \text{ Ci m}^{-3}$.

3.5. Abfälle der Zusammensetzung V

3.5.1 Wiederaufarbeitung: Flüssige organische Abfälle (IBP-Konzentrat)

a) $85 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$

c) $0,8 \text{ Ci m}^{-3}$

d) $130 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ mit PVC verfestigtes Endprodukt mit $0,5 \text{ Ci m}^{-3}$.

3.6. Abfallströme besonderer Zusammensetzung

3.6.1 Brennelementlagerung: LAW-Destillate

- a) 30.000 m³a⁻¹
- b) praktisch salzfrei
- c) 5·10⁻⁶ Ci m⁻³ Spaltprodukte + 5·10⁻³ Ci m⁻³ ³H
- d) Abgabe an den Vorfluter

3.6.2 Wiederaufarbeitung: LAW-Destillate

- a) 38.000 m³a⁻¹
- b) praktisch salzfrei
- c) 5·10⁻⁶ Ci m⁻³ Spaltprodukte + 2·10⁻² Ci m⁻³ ³H
- d) Abgabe an den Vorfluter

3.6.3 Uranverarbeitung: Schlamm

- a) 700 kg a⁻¹
- b) 20 - 50% U
- c) 1,5 Ci m⁻³
- d) 14 m³ zementiertes Produkt mit 10⁻² Ci m⁻³.

3.6.4 Uranverarbeitung: Filter/Papier

- a) 115 m³a⁻¹
- b) 75 g m⁻³ U-235
- c) praktisch keine Aktivität
- d) 115 m³a⁻¹ zementiertes Produkt in 200 l-Fässern.

3.6.4.1 Veraschung

Bei diesen Abfällen bietet sich vor der Verfestigung eine Veraschung mit einem Volumenreduktionsfaktor von ca. 80:1 an. Dies sollte gemeinsam mit den brennbaren Abfällen aus der Wiederaufarbeitung erfolgen, wobei deren Volumenvergrößerung zu vernachlässigen ist.

3.6.5 Pu-Brennelementherstellung: Pu-haltiger LAW/MAW, fest, brennbar

- a) $1800 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$
- b) $50 \text{ g m}^{-3} \text{ Pu}$
- c) 40 Ci m^{-3}
- c) $3500 \text{ m}^3 \text{ a}^{-1}$ zementiertes Produkt mit 20 Ci m^{-3} in 400 l-Fässern.

3.6.5.1 Veraschung α -haltiger Festabfälle

Die unter 3.6.5 genannten Mengen am Endprodukt ergeben sich ohne Vorkonditionierungsschritte. Günstig wäre eine Fraktionierung der Abfälle, mit dem Ziel, den volumenmäßig größten Teil mit geringem Pu-Gehalt zu verkleinern. Für den volumenmäßig kleinen Anteil mit hohem Pu-Gehalt ist ein Konditionierungsverfahren mit Pu-Rückgewinnbarkeit vorzuziehen.

4. Tabellen

I Zusammensetzung von Prozeß- und Deko-MAW

Nuklid/Element ⁺	Element-Konz. ⁺ in g/100 g Feststoff	Aktivität (5 a Lagerzeit)	
		Art	%
Al	0,075		
Am-241	-	α	0,04
Ca	0,500		
Ce-144 (Pr-144)	-	β	11
Cm-244	-	α	0,06
Co-60	-	β	0,06
Cr	0,025		
Cs-134	-	β	6,4
Cs-137 (Ba-137m)	-	β	29
Cu	0,050		
Eu-154	-	β	0,2
Eu-155	-	β	0,9
Fe	0,125		
K	0,025		
Mg	0,250		
Mn	0,025		
Mo	0,125		
Na	24,500		
Nb-95	-	β	<0,02
Ni	0,025		
Pu-238 }		α	0,1
Pu-239 }		α	0,02
Pu-240 }	0,00075 ⁺⁺	α	0,02
Pu-241 }	(0,002)	α	0,02
Pu-241 }		β	3,9
Ru-106/Rh-106	0,002	β	24
Sb-125/Te-125	-	β	5,0
Sr-90	-	β	9,6
U	0,600		
Y-90	-	β	9,6
Zn	0,050		
Zr-95	0,025	β	<0,02

I b

H ⁺	0,25 Mol/100 g Salz
TBP	gesättigt
HDBP	50 mg/l
Kerosin	gesättigt

	g/l
Na-Oxalat	5
Na-Tartrat	5
EDTA	1
NaF	1
Na ₂ HPO ₄	5
Na-Citrat	5
Marlox FK 64	+++ 1
Marlophen 812	+++ 1

⁺ In der 2. Spalte werden die Elementkonzentrationen angegeben; diese beinhalten auch die inaktiven Nuklide; dies gilt auch für Fälle, bei denen in der 1. Spalte ein spez. Nuklid angegeben ist (zum Beispiel ⁹⁵Zr).

⁺⁺ Die Werte entsprechen den Planungsdaten der DWK. Die Werte in Klammern sind Erfahrungswerte der WAK.

⁺⁺⁺ Handelsnamen waschaktiver Substanzen, die in Dekontaminationsmitteln Verwendung finden.

II Zusammensetzung der in die Extraktion eingespeisten
Feed-Lösung (5 a Lagerzeit, 36 GWd/t Abbrand)

Nuklid/Element ⁺	Element-Konz. ⁺ g/100 g Salz	Aktivität	
		Art	%
Ag	0,004		-
Am-241 } Am-243 } Ba-137m }	0,022	α	0,15
		α	0,44
	0,11	β	16
Cd	0,006		-
Ce-144	0,16	β	2,4
Cm-242 } Cm-244 } Cr }	0,002	α	0,04
		α	0,55
	0,011		-
Cs-134 } Cs-137 } Eu-154 } Eu-155 }	0,16	β	9,0
		β	17
	0,011	β	0,94
		β	0,23
Fe	0,052		-
Gd	0,009		-
J	0,037		-
La	0,082		-
Mo	0,22		-
Nd	0,26		-
Ni	0,014		-
Np	0,032		-
Pd	0,062		-
Pm-147	0,002	β	4,7
Pr-144	0,077	β	2,4
Pu-238 } Pu-239 } Pu-240 } Pu-241 }	0,54	α	0,56
		α	0,05
		α	0,08
		β	15
Rb	0,002		-
Rh-106	0,024	β	3,4
Ru-106	0,17	β	3,4
Sb-125	-	β	0,47
Se	0,003		-

II b

Sm-151	0,056	β	0,21
Sn	0,003		-
Sr-90	0,064	β	12
Tc	0,009		-
Te-125m	0,037	β	0,19
U	56,73		-
Y-90	0,038	β	12
Zr	0,087		-

Spaltprodukte	1,82
Pu	0,54
U	56,73

+ siehe Anmerkung Tabelle I

III Zusammensetzung von α -freiem LAW

Nuklid/Element ⁺	Element-Konz. ⁺ g/100 g Salz	Aktivität	
		Art	%
Al	0,075		-
Ca	0,5		-
Ce-144 (Pr-144)	-	β	11
Co-60	-	β	0,06
Cr	0,025		-
Cs-134	-	β	6,7
Cs-137 (Ba-137m)	-	β	30
Cu	0,050		-
Eu-154	-	β	0,21
Eu-155	-	β	0,91
Fe	0,125		-
K	0,025		-
Mg	0,250		-
Mn	0,025		-
Mo	0,125		-
Na	24,5		-
Nb-95	-	β	< 0,02
Ni	0,025		-
Ru-106 (Rh-106)	0,050	β	25
Sb-125 (Te-125)	-	β	5,2
Sr-90	-	β	10
Y-90	-	β	10
Zn	0,050		-
Zr-95	0,025	β	< 0,02

H-3 200 Ci/m³

+ siehe Anmerkung Tabelle I

IV Radiochemische Zusammensetzung von LAW/MAW-fest, nach Vorkonditionierung zum Beispiel Verbrennung, Kompaktierung (siehe auch Tabelle II)

Nuklid	Aktivität	
	Art	%
Am-241	α	0,26
Am-243	α	0,75
Ba-137m	β	14
Ce-144	β	2,1
Cm-242	α	0,07
Cm-244	α	0,94
Cs-134	β	7,7
Cs-137	β	14
Eu-154	β	0,80
Eu-155	β	0,20
Pm-147	β	4,0
Pr-144	β	2,1
Pu-238	α	0,96
Pu-239	α	0,08
Pu-240	α	0,14
Pu-241	β	26
Rh-106	β	2,9
Ru-106	β	2,9
Sb-125	β	0,40
Sm-151	β	0,18
Sr-90	β	10
Te-125m	β	0,16
Y-90	β	10

V Zusammensetzung von organischem MAW

Nuklid/Element ⁺	Konzentration ⁺ g / l	Aktivität	
		Art	%
Ru-106 (Rh-106)	-	β	82
Cs-137 (Ba-137m)	-	β	0,8
Sb-125	-	β	0,8
Pu-238 }	0,15 · 10 ⁻³	α	0,8
Pu-239 }		α	0,1
Pu-240 }		α	0,1
Pu-241 }		β	15
U	7,0	-	-

+ siehe Anmerkung Tabelle I