

Wegleitung

Entsorgung von
NORM-Abfällen
V1.2 27.6.2024
[www.bag.admin.ch/
str-wegleitungen](http://www.bag.admin.ch/str-wegleitungen)

Kontakt

Tel.: 058 462 96 14
E-Mail: str@bag.admin.ch

Entsorgung von Abfällen, die natürlich vorkommende radioaktive Stoffe (NORM) enthalten

Die vorliegende Wegleitung regelt das Vorgehen und die Zusammenarbeit der Behörden im Rahmen der Entsorgung von Abfällen, die natürlich vorkommende radioaktive Stoffe enthalten.

Radionuklide der natürlichen Zerfallsreihen (Uran-238, Uran-235 und Thorium-232) sind in Spuren in allen Gesteinen und Erzen vorhanden. Werden diese Materialien weiterverarbeitet, gelangen auch die natürlichen Radionuklide unbeabsichtigt in die industriellen Prozesse und können sich unter Umständen in den Endprodukten anreichern. Diese Anreicherungen werden als NORM¹ bezeichnet.

Mit Inkrafttreten der revidierten Strahlenschutzverordnung (StSV) [1] im Jahr 2018 fallen Materialien, welche NORM enthalten, in den Geltungsbereich der StSV. Davon betroffen sind insbesondere Produkte aus der Zirkon-/Zirkonium-Industrie und der Zementherstellung, keramische Produkte, Schlacken sowie Filteranlagen (Art. 168 StSV). Einige konkrete Beispiele von Materialien, welche NORM enthalten, sind in Anhang 9 dieser Wegleitung aufgelistet.

¹ NORM = Naturally occurring radioactive material. NORM ist ein weltweit verbreiteter, gängiger Fachbegriff im Strahlenschutz für natürliche radioaktive Substanzen.

Müssen Materialien, welche NORM enthalten, entsorgt werden, gelten die Anforderungen aus Artikel 169 StSV. Dieser besagt, dass NORM-haltige Abfälle, deren spezifische Aktivität höher ist als die entsprechende NORM-Befreiungsgrenze LLN (vgl. Abschnitt 1.2.1 dieser Wegleitung), unter bestimmten Umständen und mit Zustimmung der Bewilligungsbehörde an die Umwelt abgegeben werden können. Dabei wird sichergestellt, dass NORM-haltige Materialien nach ihrer Verwertung oder Entsorgung keine unzulässige Strahlenexposition für Personen aus der Bevölkerung verursachen.

Die vorliegende Wegleitung wurde vom Bundesamt für Gesundheit (BAG) in Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (Suva) und dem Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), dem Bundesamt für Umwelt (BAFU), einer Vertretung der kantonalen Behörden sowie mit den Deponiebetreibern erarbeitet.

Sie dient dem BAG in seiner Funktion als Bewilligungsbehörde im Strahlenschutz als Vollzugshilfe für die Umsetzung von Artikel 169 StSV unter Berücksichtigung des Umweltrechts und dem Stand von Wissenschaft und Technik. Sie richtet sich ferner an die Aufsichts- und Vollzugsbehörden der Strahlenschutz- und Umweltschutzgesetzgebung sowie an die betroffenen Entsorgungsbetriebe. Sie beschreibt die Zusammenarbeit zwischen den Behörden (BAG, ENSI, Suva, BAFU und den kantonalen Umweltschutzbehörden).

Die verschiedenen Entsorgungswege (Ablagerung, Verbrennung, Verwertung, Ausfuhr) werden beschrieben und das jeweilige Vorgehen konkretisiert. In den Anhängen werden zudem Herleitungen und konkrete Beispiele präsentiert sowie Angaben zur Kostentragung und Haftung gemacht.

Inhalt

1	Ausgangslage	1
1.1	Zweck und Geltungsbereich	5
1.2	Begriffe und rechtliche Grundlagen	5
1.2.1	<i>Begriffe gemäss Artikel 2 StSV</i>	5
1.2.2	<i>Begriffe gemäss der vorliegendenWegleitung NORM-Abfälle</i>	6
1.2.3	<i>Rechtliche Grundlagen</i>	6
1.3	Kostenübernahme und Haftung	7
2	Vorgehen zur Entsorgung von NORM-Abfällen	7
2.1	Ablagerung von NORM-Abfällen in der Schweiz mit Zustimmung	7
2.1.1	<i>Voraussetzungen</i>	7
2.1.2	<i>Vorgehen</i>	8
2.1.3	<i>Zustimmungsvoraussetzungen zur Ablagerung von NORM-Abfällen</i>	8
2.2	Verbrennung von NORM-Abfällen in der Schweiz mit Zustimmung	8
2.2.1	<i>Voraussetzungen</i>	8
2.2.2	<i>Vorgehen</i>	8
2.2.3	<i>Zustimmungsvoraussetzungen zur Verbrennung von NORM-Abfällen</i>	9
2.3	Übrige Verwertung von NORM-Abfällen in der Schweiz mit Zustimmung	9
2.3.1	<i>Voraussetzungen</i>	9
2.3.2	<i>Vorgehen</i>	9
2.3.3	<i>Zustimmungsvoraussetzungen zur Verwertung von NORM-Abfällen</i>	10
2.4	Ausfuhr von NORM-Abfällen mit Zustimmung	10
2.4.1	<i>Voraussetzungen</i>	10
2.4.2	<i>Vorgehen</i>	10
2.4.3	<i>Zustimmungsvoraussetzungen zur Ausfuhr von NORM-Abfällen (Verwertung und Ablagerung)</i>	10
2.5	Zusammenfassung der Voraussetzungen für eine mögliche Abgabe von NORM-Abfällen an die Umwelt	11
3	Probenahme und Überwachungsprogramm	11
4	Kontaktadressen der Aufsichts- und Bewilligungsbehörden im Strahlenschutz	12
5	Referenzen	12

Anhang 1	13
<hr/>	
Ablauf zur Ablagerung von NORM-Abfällen	
Anhang 2	14
<hr/>	
Ablauf zur Verbrennung von NORM-Abfällen	
Anhang 3	15
<hr/>	
Ablauf zur übrigen Verwertung von NORM-Abfällen in der Schweiz	
Anhang 4	16
<hr/>	
Ablauf zur Ausfuhr von NORM-Abfällen	
Anhang 5	17
<hr/>	
Höchstwerte für die Deponierung von NORM	
Anhang 6	23
<hr/>	
Luftemissionen bei der Verbrennung oder Verwertung von NORM	
Anhang 7	24
<hr/>	
Kostenübernahme und Haftung	
Anhang 8	25
<hr/>	
NORM-Material und Material, welches nicht als NORM klassiert werden kann	
Anhang 9	26
<hr/>	
Auflistung von NORM-Abfällen	

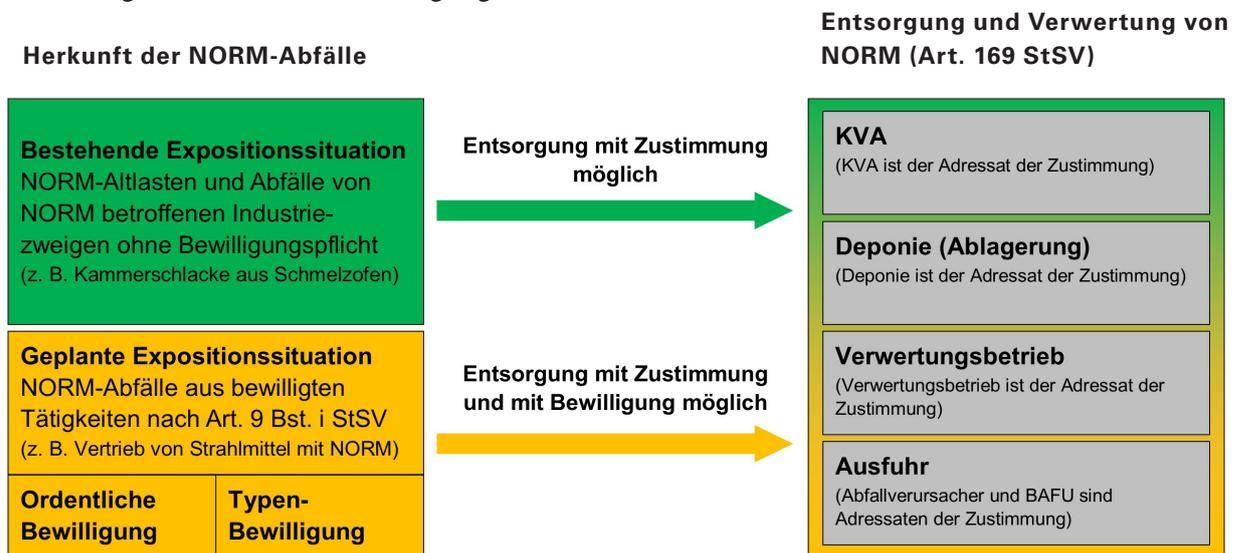
1 Ausgangslage

1.1 Zweck und Geltungsbereich

In Artikel 169 StSV (Abgabe von NORM an die Umwelt) wird festgelegt, unter welchen Umständen NORM-haltige Materialien an die Umwelt abgegeben werden dürfen. Nur Materialien, deren spezifische Aktivität höher ist als die entsprechende NORM-Befreiungsgrenze LLN, fallen unter Artikel 169 StSV und gelten somit als NORM-Abfälle im Sinne dieser Wegleitung (vgl. Begriffsdefinition in Ziffer 1.2.2 unten). Als Abgabe an die Umwelt gelten in diesem Zusammenhang die Verbrennung in einer thermischen Abfallverwertungsanlage (KVA), die Ablagerung auf einer Deponie, die Abgabe an einen Verwertungsbetrieb

(z. B. Metallschrott) oder die Ausfuhr zur Entsorgung im Ausland. Für eine Entsorgung über einen dieser Pfade gelten spezielle Bedingungen, welche in der vorliegenden Wegleitung beschrieben werden. Zusätzlich zum Entsorgungspfad beeinflusst auch die Herkunft der NORM-Abfälle das konkrete Vorgehen. Man unterscheidet bestehende Expositionssituationen (z. B. NORM-Altlasten) von geplanten Expositionssituationen (z. B. NORM-Abfälle aus bewilligten Tätigkeiten). Abbildung 1 zeigt einen Überblick über die verschiedenen Entsorgungswege und das Vorgehen, welches abhängig ist von der Herkunft der Abfälle.

Abbildung 1: Verfahren zur Entsorgung von NORM-Abfällen



In der Wegleitung werden **nicht** geregelt:

- die Entsorgung von festen Abfällen mit NORM unterhalb LLN nach Anhang 2 StSV. Diese können wie konventionelle Abfälle entsorgt werden (vgl. hierzu die Ziffern 1.2.2 und 1.2.3);
- die Behandlung von Rückständen mit einer prozessbedingten Anreicherung von NORM aus der Verwertung von Abfällen (Schwermetallextraktion aus Flugaschen; die Anforderungen an den NORM-Gehalt werden durch die Abnehmer im Ausland festgelegt);
- die Abgabe an die Umwelt von Abwässern oder Abluft mit natürlichen Radionukliden aus geplanten Expositionssituationen (wird innerhalb der Bewilligung nach Artikel 9 Buchstabe i StSV festgelegt);
- die Abgabe an die Umwelt von künstlich vorkommenden radioaktiven Materialien über der Befreiungsgrenze LL (festgelegt in der Wegleitung Ablagerung von radioaktiven Abfällen mit geringer Aktivität).

1.2 Begriffe und rechtliche Grundlagen

1.2.1 Begriffe gemäss Artikel 2 StSV

Natürlich vorkommende radioaktive Stoffe (NORM)

Materialien mit natürlich vorkommenden Radionukliden, die keine künstlichen radioaktiven Stoffe enthalten; Materialien, in denen die Aktivitätskonzentrationen der natürlich vorkommenden Radionuklide durch bestimmte Prozesse unbeabsichtigt verändert wurden, sind ebenfalls NORM; werden natürlich vorkommende Radionuklide gezielt angereichert, insbesondere zur Nutzung ihrer Radioaktivität, so gelten sie nicht mehr als NORM (Art. 2 Bst. h StSV)

NORM-Befreiungsgrenze (LLN)

Die NORM-Befreiungsgrenze LLN ist der Wert, der der Grenze der spezifischen Aktivität von natürlichen Radionukliden in NORM-Materialien entspricht, unter welcher dieses Material uneingeschränkt an die Umwelt abgegeben werden kann. Die Werte in Feststoffen sind in Anhang 2 StSV festgelegt. (Art. 2 Bst. k StSV)

bestehende Expositionssituation

Expositionssituation, die bereits besteht, wenn eine Entscheidung über ihre Kontrolle getroffen werden muss, und die Sofortmassnahmen nicht oder nicht mehr erfordert; es handelt sich insbesondere um radiologische Altlasten, Radon, natürlich vorkommendes radioaktives Material sowie langfristige Kontamination nach einem Notfall. (Art. 2 Bst. c StSV)

geplante Expositionssituation

Expositionssituation, die durch den geplanten Betrieb einer Strahlungsquelle oder durch menschliche Betätigungen, die Expositionspfade verändern, entsteht mit der Folge, dass eine Exposition oder eine mögliche Exposition von Mensch oder Umwelt verursacht wird. (Art. 2 Bst. a StSV)

1.2.2 Begriffe gemäss der vorliegenden Wegleitung

NORM-Abfälle

Feste Abfälle, welche NORM mit einer spezifischen Aktivität grösser als LLN enthalten und keine künstlichen Radionuklide über der Befreiungsgrenze LL enthalten.

NORM, deren spezifische Aktivität höher ist als die entsprechende LLN, dürfen nur mit Zustimmung der Bewilligungsbehörde BAG an die Umwelt abgegeben werden. Wenn diese und die nachstehenden Abfälle nebst NORM auch künstliche Radionuklide über der Befreiungsgrenze LL enthalten, gelten sie nach Artikel 108 StSV als radioaktiver Abfall, nicht als NORM-Abfall oder Abfall mit $NORM < LLN$.

Abfälle mit $NORM < LLN$

Abfälle, welche nur NORM mit einer spezifischen Aktivität kleiner als die entsprechende LLN enthalten.

NORM, mit einer spezifischen Aktivität unterhalb der entsprechenden NORM-Befreiungsgrenze, dürfen uneingeschränkt an die Umwelt abgegeben werden.

1.2.3 Rechtliche Grundlagen

NORM-Befreiungsgrenzen nach Anhang 2 StSV

Die NORM-Befreiungsgrenze LLN ist der Wert, unter welchem ein Material, das natürliche Radionuklide enthält, konventionell entsorgt oder anderweitig uneingeschränkt an die Umwelt abgegeben werden kann. Tabelle 1 gibt die NORM-Befreiungsgrenzen für natürlich vorkommende Radionuklide in Feststoffen an, die sich ganz oder teilweise im säkularen Gleichgewicht mit ihren Tochternukliden befinden.

Tabelle 1: NORM Befreiungsgrenzen LLN

Nuklid	Befreiungsgrenze LLN [Bq/kg]
Natürliche Radionuklide der U-238-Reihe	1 000
Natürliche Radionuklide der Th-232-Reihe	1 000
K-40	10 000

Gemäss StSV gilt die entsprechende NORM-Befreiungsgrenze LLN für das jeweilige Ausgangsnuklid. Für die Beurteilung, ob LLN überschritten ist, muss die Summenregel beim Vorhandensein verschiedener natürlicher Radionuklide nicht angewendet werden. Innerhalb der natürlichen Zerfallsreihen ist die höchste spezifische Aktivität (Mutternuklid oder eines der Tochternuklide) massgebend. Für weitere primordiale Radionuklide (^{87}Rb , ^{113}Cd , ^{115}In , ^{138}La , ^{147}Sm , ^{152}Gd , ^{176}Lu , ^{187}Re , ^{190}Pt) wurden in der StSV keine LLN-Werte definiert. Für diese Nuklide kann daher eine LLN von 1 000 Bq/kg angewendet werden, da die Werte aller relevanten Beurteilungsgrössen (e_{ing} , e_{inh} und h_{10}) unterhalb der entsprechenden Werte der Radionuklide der U-238- und Th-232-Reihen liegen.

Basierend auf Artikel 10 Buchstabe f StSV sind NORM-Abfälle ebenfalls von der Bewilligungspflicht ausgenommen, wenn diese weniger als 10 g natürliches Thorium oder 100 g Natururan enthalten. Zudem gelten Kaliumsalze in Mengen von weniger als 1000 kg gemäss Fussnote 10 Anhang 3 StSV ebenfalls als befreit.

Abgabe von NORM an die Umwelt nach Artikel 169 StSV

Als Abgabe von NORM an die Umwelt gelten die Ablagerung auf einer Deponie, die Verbrennung in Anlagen zur thermischen Behandlung von Abfällen (Verbrennungsanlage, KVA) sowie die Verwertung von NORM-Abfällen. Ebenfalls als Abgabe an die Umwelt gilt die Ausfuhr von NORM zur Entsorgung im Ausland. In Artikel 169 StSV wird festgelegt, unter welchen Strahlenschutz-Bedingungen die Bewilligungsbehörde BAG eine Zustimmung zur Abgabe von NORM an die Umwelt erteilen kann.

NORM-Abfälle aus betroffenen Industriezweigen nach Artikel 168 StSV

Tätigkeiten in Betrieben, bei denen mit NORM umgegangen wird, unterstehen nach Artikel 9 Buchstabe i StSV der Bewilligungspflicht, wenn das Personal bei dieser Tätigkeit nach Artikel 51 Absätze 1 und 2 StSV als beruflich strahlenexponiert gilt oder der Umgang mit NORM zu einer Dosis für Personen aus der Bevölkerung führen kann, die aus Sicht des Strahlenschutzes nicht zu vernachlässigen ist (Art. 168 Abs. 2 Bst. b und c StSV).

NORM-Abfälle, welche aus derartigen geplanten Expositionssituationen stammen, können ebenfalls mit Zustimmung der Bewilligungsbehörde BAG an die Umwelt abgegeben werden, wenn die Abgabe an die Umwelt zusätzlich in der Bewilligung spezifiziert wird.

Wird bei NORM-Abfällen aus betroffenen Industriezweigen lediglich eine Überschreitung von LLN, jedoch keine relevante Dosis für das Personal oder die Bevölkerung festgestellt, gilt diese industrielle Tätigkeit als bestehende Exposition und ist somit nicht bewilligungspflichtig.

1.3 Kostenübernahme und Haftung

Im Zusammenhang mit der Entsorgung von NORM-Abfällen nach Artikel 169 stellen sich je nach Konstellation unterschiedliche Fragen zur Kostenübernahme bzw. Haftung aller beteiligten Stellen (Abfallverursacher, Entsorgungsbetriebe, Kanton und Bund). Einige Grundzüge werden in Anhang 7 dieser Wegleitung erläutert, wobei darauf hinzuweisen ist, dass das Haftpflichtrecht stark vom Einzelfall geprägt ist und die genannten Erläuterungen nur als Orientierungshilfe dienen können.

2 Vorgehen zur Entsorgung von NORM-Abfällen

2.1 Ablagerung von NORM-Abfällen in der Schweiz mit Zustimmung

2.1.1 Voraussetzungen

Grundsätzlich sollen NORM-Abfälle nur an wenigen Deponiestandorten und entsprechend ihrer Klassierung gemäss Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) [2] abgelagert werden. Dabei muss die Anforderung an die Zulassung zur Ablagerung auf der Deponie gemäss Abfallverordnung (VVEA) [3] eingehalten werden. Zusätzlich muss vorgängig die Zustimmung des BAG und die Stellungnahme / Einverständniserklärung des Kantons eingeholt werden (Typ C, D oder E Kompartimente). Dabei muss die effektive Dosis für die Bevölkerung von 0,3 mSv pro Kalenderjahr unter Berücksichtigung aller möglichen Expositionspfade eingehalten werden. Die zur Ablagerung vorgesehenen Deponietypen sind mit einer Abdichtung ausgestattet und ihr Sickerwasser wird gefasst. Es besteht somit die Möglichkeit, dass das Sickerwasser über Jahrzehnte hinweg kontrolliert werden kann. Werden die Abfälle immer in denselben Kompartimenten respektive Kompartiment-Sektoren abgelagert, kann eine spätere Lokalisierung sowie eine betrieblich kontrollierbare Exposition sichergestellt werden. In Deponien des Typs D und E werden zudem die Sickerwässer während der Betriebsphase erst nach einer Behandlung in einer deponieeigenen oder nachgeschalteten kommunalen Abwasserreinigungsanlage in einen Vorfluter eingeleitet, wodurch eine Überwachung der Aktivitätskonzentration an mehreren Stellen möglich ist.

Mit den in Tabelle 2 aufgelisteten Feststoffaktivitätshöchstwerten wird die effektive Dosis für die Bevölkerung von 0,3 mSv pro Kalenderjahr unter Berücksichtigung aller möglichen Expositionspfade eingehalten. In diesem Fall können NORM-Abfälle ohne weitere Abklärungen bezüglich Mobilität der Radionuklide mit Zustimmung des BAG deponiert werden. Die Herleitung der Feststoffaktivitätshöchstwerte sowie das Vorgehen zur Ermittlung dieser Werte werden in Anhang 5 dieser Wegleitung beschrieben.

Tabelle 2: Feststoffaktivitätshöchstwerte zur Deponierung von NORM-Abfällen

Nuklid	Feststoffaktivitätshöchstwert [kBq/kg]
Ra-226, Ra-228, Th-232	10
U-238	15
Po-210	20

Abfälle mit einer NORM Konzentration oberhalb der Feststoffaktivitätshöchstwerte können ebenfalls mit Zustimmung des BAG deponiert werden, wenn Eluattests (Test 1 nach VVEA) zeigen, dass die Aktivitätskonzentrationen im Sickerwasser das Zehnfache der Werte aus Tabelle A5-3 in Anhang 5 dieser Wegleitung nicht überschreiten. Die Bestimmungen der Umweltschutzgesetzgebung bezüglich anderer Kontaminanten sind ebenfalls zu beachten.

2.1.2 Vorgehen

Wenn der Deponiebetreiber sowie der Standortkanton mit der Annahme entsprechender NORM-Abfälle einverstanden sind, prüft das BAG für jeden Einzelfall die Einhaltung der Voraussetzungen nach Abschnitt 2.1.3 und erteilt gegebenenfalls seine Zustimmung an die Deponie zur Ablagerung der NORM-Abfälle. Dabei gilt der Ablauf nach Anhang 1 dieser Wegleitung. Der Abfallverursacher ist für die Abfallspezifikation, den Zustimmungsantrag an das BAG und den Entsorgungsantrag an die kantonale Behörde zuständig. Die Zustimmung des BAG ist Bestandteil des Entsorgungsantrags gemäss VeVA an die kantonale Behörde. Falls der Verursacher unbekannt ist, keine Bewilligung für den Umgang mit NORM gemäss StSV besitzt oder nicht über die erforderlichen Strahlenschutzkompetenzen verfügt, nimmt das BAG die Abfallspezifikation in Bezug auf den Strahlenschutz vor und stellt den Entsorgungsantrag an die kantonale Behörde.

Vor der ersten Ablagerung auf einer Deponie führt das BAG am vorgesehenen Ablagerungsstandort Dosisleistungsmessungen durch und analysiert das Sickerwasser aus dem betroffenen Kompartiment. Diese Messungen dienen als Ausgangswert für eine spätere Überwachung des Sickerwassers im Rahmen des Probenahme- und Messprogramms (siehe Kapitel 3) des BAG in der Umgebung der Deponie. Die Kosten für die Überwachung trägt der Bund.

Das betroffene Deponiepersonal wird durch das BAG oder die Suva über die erforderlichen Strahlenschutzmassnahmen zum Einbau der NORM-Abfälle instruiert und muss nicht als beruflich strahlenexponiert bezeichnet werden (effektive Dosis kleiner als 1 mSv pro Kalenderjahr). Für die konventionellen arbeitstechnischen Aspekte bei der Ablagerung ist der Deponiebetreiber zuständig.

Der Deponiebetreiber benötigt nach Erhalt der Zustimmung des BAG zur Annahme und Einlagerung der NORM-Abfälle keine Bewilligung für den Umgang mit ionisierender Strahlung nach Artikel 9 Buchstabe i StSV, da er dabei keine Tätigkeiten ausübt, bei welchen er sich selbst, andere Personen oder die Umwelt gefährden kann.

2.1.3 Zustimmungsvoraussetzungen zur Ablagerung von NORM-Abfällen

Für eine Ablagerung von NORM-Abfällen in einer Deponie müssen folgende Zustimmungsvoraussetzungen erfüllt sein:

- Eine Entsorgung über die üblichen Entsorgungskanäle ist nicht oder nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand möglich;
- Einhaltung der Feststoffaktivitätshöchstwerte oder der max. Aktivitätskonzentration in den Sickerwässern nach Abschnitt 2.1.1;
- Der Anteil von NORM-Abfällen darf 10% des endgültigen Typ-C-, Typ-D- oder Typ-E-Kompartiment-Volumens einer Deponie nicht überschreiten;
- Die NORM-Befreiungsgrenze LLN muss über das gesamte Volumen der Deponie eingehalten werden.

2.2 Verbrennung von NORM-Abfällen in der Schweiz mit Zustimmung

2.2.1 Voraussetzungen

Brennbare NORM-Abfälle können unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen in Anlagen zur thermischen Behandlung von Abfällen verbrannt werden. Dabei muss die Limite für die effektive Dosis für die Bevölkerung von 0,3 mSv pro Kalenderjahr unter Berücksichtigung aller möglichen Expositionspfade eingehalten werden. Die Einhaltung der zulässigen NORM-Aktivitätskonzentration (Anhang 5, Ziffer 8) im Abwasser der Verbrennungsanlage muss messtechnisch überprüft werden. Weiter muss gewährleistet sein, dass die NORM-Befreiungsgrenze LLN in den Verbrennungsrückständen (Verbrennungsschlacke, Filterasche) im Wochenmittel eingehalten wird. Im Gegensatz dazu muss gemäss den Herleitungen nach Anhang 6 dieser Wegleitung eine mögliche Emission von NORM in der Abluft nicht überprüft werden.

2.2.2 Vorgehen

Der Abfallverursacher ist für die NORM-Abfallspezifikation verantwortlich und stellt beim BAG einen Antrag für eine Zustimmung zur Verbrennung in der Verbrennungsanlage, welche sich für eine Annahme bereit erklärt hat. Falls der Verursacher unbekannt ist, keine Bewilligung für den Umgang mit NORM gemäss StSV besitzt oder nicht über die erforderlichen Strahlenschutzkompetenzen verfügt, nimmt das BAG die Abfallspezifikation vor.

Mit Kenntnis der NORM-Aktivitätskonzentration der Abfälle ermittelt das BAG rechnerisch, ob durch deren Zugabe die zulässigen NORM-Aktivitätskonzentrationen in den Abwässern der Verbrennungsanlage und in den festen Verbrennungsrückständen (Schlacke, Filterasche) eingehalten werden. Falls die Einhaltung als unsicher erscheint, wird dies vorgängig mit der Probeverbrennung einer möglichst geringen Abfallmenge und anschliessender Bestimmung der NORM-Aktivitätskonzentration in den Verbrennungsrückständen überprüft.

Werden alle Voraussetzungen gemäss Abschnitt 2.2.3 eingehalten, erteilt das BAG seine Zustimmung zur Annahme und Verbrennung der Abfälle. Dies unter der Bedingung, dass eine Stellungnahme / Einverständniserklärung durch die zuständige kantonale Umweltschutzbehörde (Ablauf nach Anhang 2) ausgestellt worden ist.

Das betroffene Personal der Verbrennungsanlage wird durch das BAG oder die Suva über die erforderlichen Strahlenschutzmassnahmen zur Annahme und Verbrennung der NORM-Abfälle instruiert und muss somit nicht als beruflich strahlenexponiert bezeichnet werden (effektive Dosis kleiner als 1 mSv pro Kalenderjahr). Für die konventionellen arbeitstechnischen Aspekte bei der Verbrennung ist der Anlagenbetreiber zuständig. Dieser benötigt zur Annahme und Verbrennung der Abfälle keine Bewilligung für den Umgang mit ionisierender Strahlung nach Artikel 9 Buchstabe i StSV, da die Sachverhalte nach Artikel 168 Absatz 2 Buchstaben b und c StSV nicht zutreffen.

2.2.3 Zustimmungsvoraussetzungen zur Verbrennung von NORM-Abfällen

Für eine Verbrennung von NORM-Abfällen müssen folgende Zustimmungsvoraussetzungen erfüllt sein:

- Eine Entsorgung über die üblichen Entsorgungskanäle ist nicht oder nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand möglich;
- Die zulässigen Aktivitätskonzentrationen im Abwasser aus der Verwertungsanlage gemäss Anhang 5 Ziffer 8 werden eingehalten;
- Die Aktivitätskonzentration in den festen Verbrennungsrückständen liegt im Wochenmittel unterhalb LLN.

2.3 Übrige Verwertung von NORM-Abfällen in der Schweiz mit Zustimmung

2.3.1 Voraussetzungen

NORM-Abfälle können mit Zustimmung einer Verwertung zugeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass die Limite für die effektive Dosis für die Bevölkerung unter Berücksichtigung aller möglichen Expositionspfade von 0,3 mSv pro Kalenderjahr eingehalten wird. In festen Verwertungsrückständen darf die zulässige NORM-Befreiungsgrenze LLN im Wochenmittel nicht überschritten werden. In sämtlichen Verwertungsprodukten muss LLN generell eingehalten werden; für Baumaterialien gilt zusätzlich der Aktivitätskonzentrationsindex nach Artikel 170 StSV. Die zulässige Aktivitätskonzentration in den Abwässern der Verwertungsanlage richtet sich nach Anhang 5 Ziffer 8 dieser Wegleitung, eine mögliche Emission von NORM in der Abluft muss gemäss den Herleitungen nach Anhang 6 nicht überprüft werden.

2.3.2 Vorgehen

Der Abfallverursacher ist für die Abfallspezifikation verantwortlich und stellt beim BAG einen Antrag für eine Zustimmung zur Verwertung in einem Betrieb, welcher sich für eine Annahme bereit erklärt hat. Falls der Verursacher unbekannt ist, keine Bewilligung für den Umgang besitzt oder nicht über die erforderlichen Strahlenschutzkompetenzen verfügt, nimmt das BAG die Abfallspezifikation vor.

Mit Kenntnis der NORM-Aktivitätskonzentration der Abfälle ermittelt das BAG rechnerisch, ob durch die Zugabe der NORM-Abfälle die Einhaltung der zulässigen NORM-Aktivitätskonzentrationen in den Verwertungsprodukten, den Rückständen und den Abwässern der Verwertungsanlage gemäss den Voraussetzungen nach Abschnitt 2.3.3 gewährleistet ist. Falls die Einhaltung der zulässigen Aktivitätskonzentration als unsicher erscheint, wird dies vorgängig mit der Probeverbrennung einer möglichst geringen Abfallmenge und anschliessender Bestimmung der NORM-Aktivitätskonzentration im kritischsten Verwertungsprodukt/ Rückstand überprüft.

Werden alle Voraussetzungen gemäss 2.3.3 eingehalten, erteilt das BAG seine Zustimmung zur Verwertung der Abfälle. Dies unter der Bedingung, dass eine Stellungnahme / Einverständniserklärung durch die zuständige kantonale Umweltschutzbehörde (Ablauf nach Anhang 2) ausgestellt wird.

Das betroffene Personal der Verwertungsanlage wird durch das BAG oder die Suva über die erforderlichen Strahlenschutzmassnahmen zur Annahme und Verwertung der NORM-Abfälle instruiert und muss somit nicht als beruflich strahlenexponiert bezeichnet werden (effektive Dosis kleiner als 1 mSv pro Kalenderjahr).

Für die arbeitstechnischen Aspekte bei der Verwertung ist der Betrieb zuständig. Dieser benötigt zur Annahme und Verwertung der Abfälle keine Bewilligung für den Umgang mit ionisierender Strahlung nach Artikel 9 Buchstabe i StSV, da die Sachverhalte nach Artikel 168 Absatz 2 Buchstaben b und c StSV nicht zutreffen.

2.3.3 Zustimmungsvoraussetzungen zur Verwertung von NORM-Abfällen

Für eine Verwertung von NORM-Abfällen müssen folgende Zustimmungsvoraussetzungen erfüllt sein:

- Eine Entsorgung über die üblichen Entsorgungskanäle ist nicht oder nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand möglich;
- Die Verwertung entspricht nachweislich dem Stand der Technik.
- Die zulässigen Aktivitätskonzentrationen im Abwasser aus der Verwertungsanlage gemäss Anhang 5 Ziffer 8 werden eingehalten;
- Die Aktivitätskonzentration in den festen Verwertungsrückständen liegt im Wochenmittel unterhalb LLN;
- Der NORM-Gehalt in den Verwertungsprodukten liegt unterhalb LLN und der zulässige Aktivitätskonzentrationsindex für Baumaterialien nach Artikel 170 StSV wird eingehalten.

2.4 Ausfuhr von NORM-Abfällen mit Zustimmung

2.4.1 Voraussetzungen

NORM-Abfälle können zur Entsorgung exportiert werden, wenn der Entsorgungsbetrieb sowie die zuständige Strahlenschutz-Behörde im Ausland mit der Entgegennahme einverstanden sind und bestätigen können, dass die effektive Dosis für Personen aus der Bevölkerung durch die Entsorgung unter 0,3 mSv pro Kalenderjahr bleibt. Da die Sachverhalte nach Artikel 168 Absatz 2 Buchstaben b und c StSV nicht zutreffen, gilt der Export von NORM-Abfall nach Artikel 9 Buchstabe i StSV nicht als bewilligungspflichtige Tätigkeit. NORM unterhalb der NORM-Befreiungsgrenze LLN dürfen zur Ablagerung in einer Untertagedeponie (UTD) oder zur Verwertung gemäss StSV uneingeschränkt ausgeführt werden. Für eine Entsorgung von NORM-Abfällen ausserhalb der Schweiz können jedoch teils tiefere Aktivitätsgrenzwerte als LLN gelten. Falls von einem deutlich erhöhten NORM-Gehalt ausgegangen werden muss (NORM-Materialien nach Anhang 8), ist der Abfallverursacher verpflichtet, eine Aktivitätsbestimmung zu veranlassen und damit nachzuweisen, dass LLN sowie der entsprechende landesspezifische NORM-Aktivitätsgrenzwert in sämtlichen

Rückständen oder resultierenden Verwendungsmaterialien nicht überschritten werden. Falls erforderlich unterstützt das BAG das BAFU bei der Beurteilung der NORM-Spezifikationen. Zudem ist für die Ausfuhr von NORM-Abfällen grundsätzlich eine Exportbewilligung nach VeVA durch das BAFU erforderlich.

2.4.2 Vorgehen

Da eine Entsorgung von NORM-Abfällen im Ausland in der Regel aufgrund von zusätzlichen, nicht-radioaktiven Schadstoffen erforderlich ist, übernimmt das BAFU die behördliche Federführung. Zur Erteilung einer Zustimmung zum Export der NORM-Abfälle muss der Abfallverursacher dem BAG nachweisen, dass ein Entsorger im Ausland bereit ist, die NORM-Abfälle entgegenzunehmen und die zuständige ausländische Strahlenschutz-Behörde damit einverstanden ist. Falls der Verursacher unbekannt ist, übernimmt das BAG die erforderlichen Abklärungen. Die Zustimmung des BAG aufgrund der Voraussetzungen nach Abschnitt 2.4.3 gilt als Bedingung zur Durchführung des abfallrechtlichen Notifizierungsverfahrens und zur Erteilung einer Exportbewilligung nach VeVA durch das BAFU. Der Ablauf zur Ausfuhr von NORM-Abfällen wird in Anhang 4 beschrieben.

2.4.3 Zustimmungsvoraussetzungen zur Ausfuhr von NORM-Abfällen (Verwertung und Ablagerung)

Für eine Ausfuhr von NORM-Abfällen müssen folgende Zustimmungsvoraussetzungen erfüllt sein:

- Eine Entsorgung über die üblichen Entsorgungskanäle ist nicht oder nur mit einem unverhältnismässigen Aufwand möglich;
- Die zuständige Strahlenschutz-Behörde des Empfängerstaates hat ihre Zustimmung zur Entgegennahme der NORM-Abfälle gegeben;
- Es liegt eine Bestätigung des Entsorgungsbetriebs vor, dass die betreffenden Abfälle zur Entsorgung angenommen werden und die durch die Abgabe bewirkte effektive Dosis für Personen aus der Bevölkerung durch geeignete Massnahmen unter 0,3 mSv pro Kalenderjahr bleibt;
- Die Entsorgung (Ausfuhr und nachträgliche Behandlung, Verwertung, Deponierung) entspricht dem Stand der Technik.

2.5 Zusammenfassung der Voraussetzungen für eine mögliche Abgabe von NORM-Abfällen an die Umwelt

Abgabekanal	Voraussetzungen für die Erteilung einer Zustimmung zur Abgabe von NORM-Abfall an die Umwelt oder deren Ausfuhr
Ablagerung in einer Deponie	<ul style="list-style-type: none"> a) Keine konventionelle Entsorgungsalternative vorhanden oder die Entsorgung ist mit unverhältnismässig hohem Aufwand verbunden; b) Einhaltung Feststoffaktivitätshöchstwerte oder Einhaltung der Höchstwerte für das Eluat gemäss Abschnitt 2.1.1; c) Der Anteil von NORM-Abfällen im betroffenen Kompartiment bleibt unterhalb von 10%; d) Einhaltung LLN über die gesamte Deponie.
Verbrennung in einer Anlage zur thermischen Behandlung von Abfällen	<ul style="list-style-type: none"> a) Keine konventionelle Entsorgungsalternative vorhanden oder die Entsorgung ist mit unverhältnismässig hohem Aufwand verbunden; b) Aktivität der festen Verbrennungsrückstände < LLN; c) Einhaltung der NORM-Aktivitätskonzentration (Anhang 5 Ziffer 8) im Abwasser der Verbrennungsanlage.
Verwertung	<ul style="list-style-type: none"> a) Keine konventionelle Entsorgungsalternative vorhanden oder die Entsorgung ist mit unverhältnismässig hohem Aufwand verbunden; b) Aktivität der Verwertungsrückstände und Recyclingprodukte < LLN; c) Einhaltung Aktivitätskonzentrationsindex für Baustoffe; d) Einhaltung der NORM-Aktivitätskonzentration (Anhang 5 Ziffer 8) im Abwasser der Verwertungsanlage. e) Nachweis Verwertung entspricht dem Stand der Technik.
Ausfuhr	<ul style="list-style-type: none"> a) Keine konventionelle Entsorgungsalternative vorhanden oder die Entsorgung ist mit unverhältnismässig hohem Aufwand verbunden; b) Nachweis zur Einhaltung der effektiven Dosis für die Bevölkerung < 0,3 mSv pro Kalenderjahr; c) Zustimmung der zuständigen Strahlenschutz-Behörde des Empfängerstaates; d) Annahmestätigung des Entsorgungsbetriebs

3 Probenahme und Überwachungsprogramm

Das BAG überwacht die Radioaktivität in der Umwelt im Rahmen des Probenahme- und Messprogramms (Art. 193 StSV). Es berechnet und überprüft die Strahlendosis für die Bevölkerung (Art. 194 StSV). Deponien, welche NORM-Abfälle entgegengenommen haben, werden ohne direkte Folgekosten während der Betriebs- und Nachsorgephase nach Artikel 43 VVEA in den Probenahmeplan aufgenommen und nach Anhang 5 Punkt 7 dieser Wegleitung überwacht und beurteilt. Die Ausgangssickerwasserprobe, welche vor der Deponierung erhoben wurde, dient als Vergleichsprobe.

Die Resultate der Überwachung werden jährlich im Bericht «Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz» (Art. 194 StSV) publiziert und damit die Umweltbehörden der Kantone und des Bundes informiert. Die zulässige effektive Dosis für die Bevölkerung gemäss Artikel 169 Absatz 2 StSV wird bei der Verbrennung und Verwertung von NORM-Abfällen durch die Einhaltung der zulässigen Aktivitätskonzentration in den Rückständen beziehungsweise in den Verwertungsprodukten sichergestellt. Für diese Entsorgungswege ist eine langfristige Überwachung nicht erforderlich.

4 Kontaktadressen der Aufsichts- und Bewilligungsbehörden im Strahlenschutz

Bundesamt für Gesundheit (BAG)

Abteilung Strahlenschutz
3003 Bern
Telefon: 058 462 96 14
E-Mail: str@bag.admin.ch

Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI)

Industriestrasse 19
5200 Brugg
Telefon: +41 56 460 84 00
E-Mail: info@ensi.ch

Suva

Bereich Physik
6002 Luzern
Tel. 041 419 61 33
E-Mail: physik@suva.ch

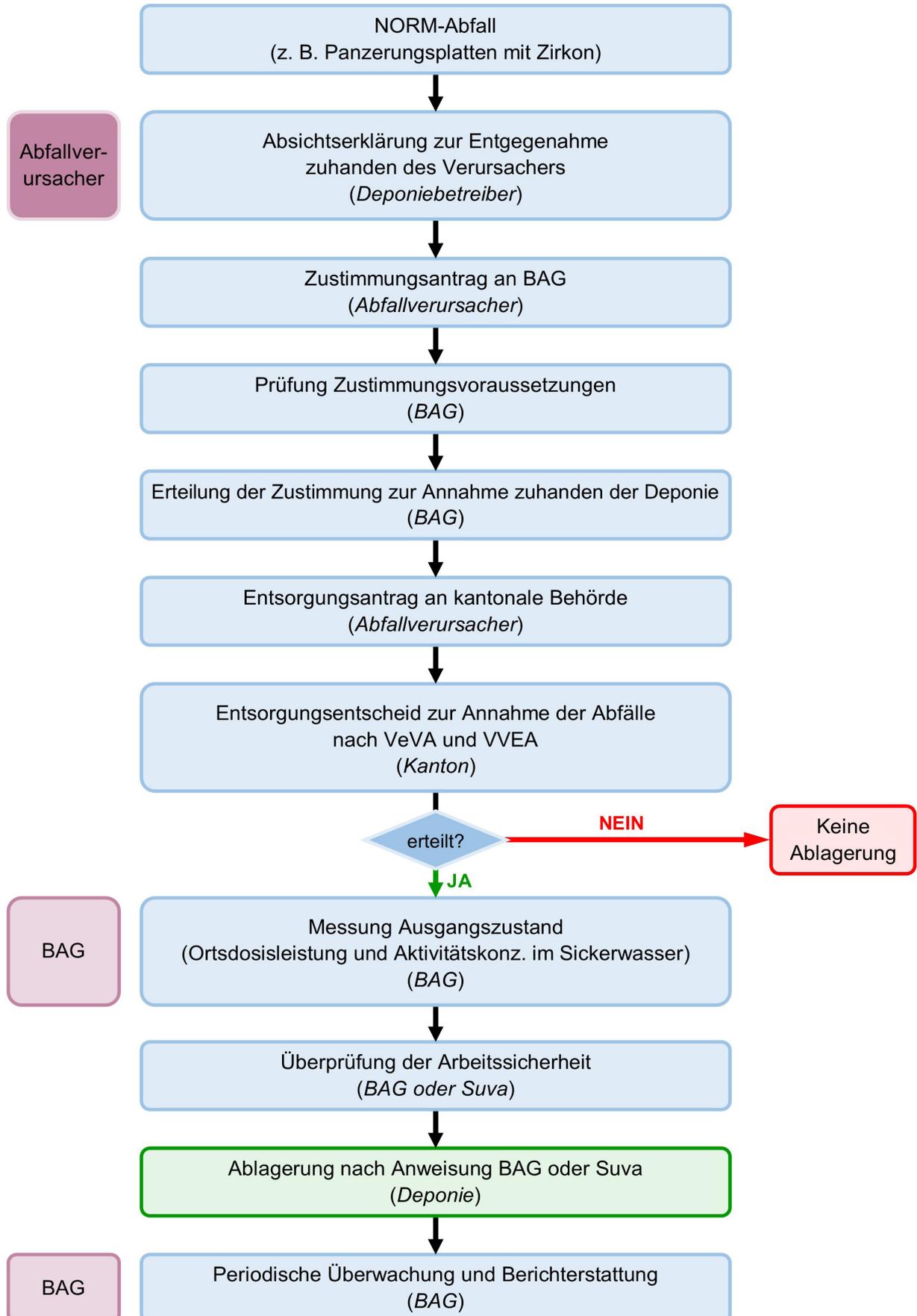
5 Referenzen

- [1] Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) vom 26. April 2017.
- [2] Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA, SR 814.610) vom 22. Juni 2005.
- [3] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung VVEA, SR 814.600) vom 4. Dezember 2015.

Anhang 1

Ablauf zur Ablagerung von NORM-Abfällen

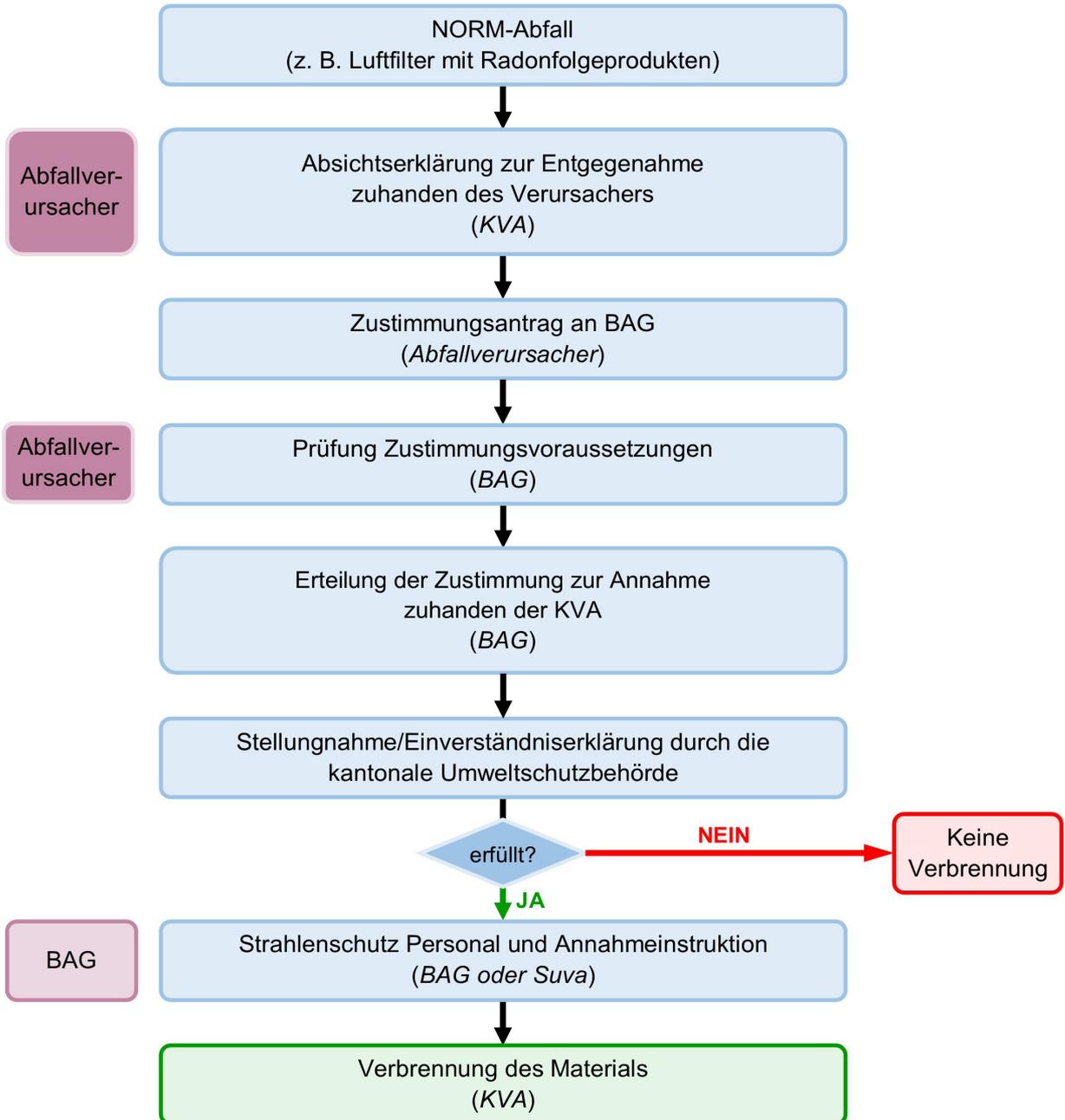
Auftraggeber



Anhang 2

Ablauf zur Verbrennung von NORM-Abfällen

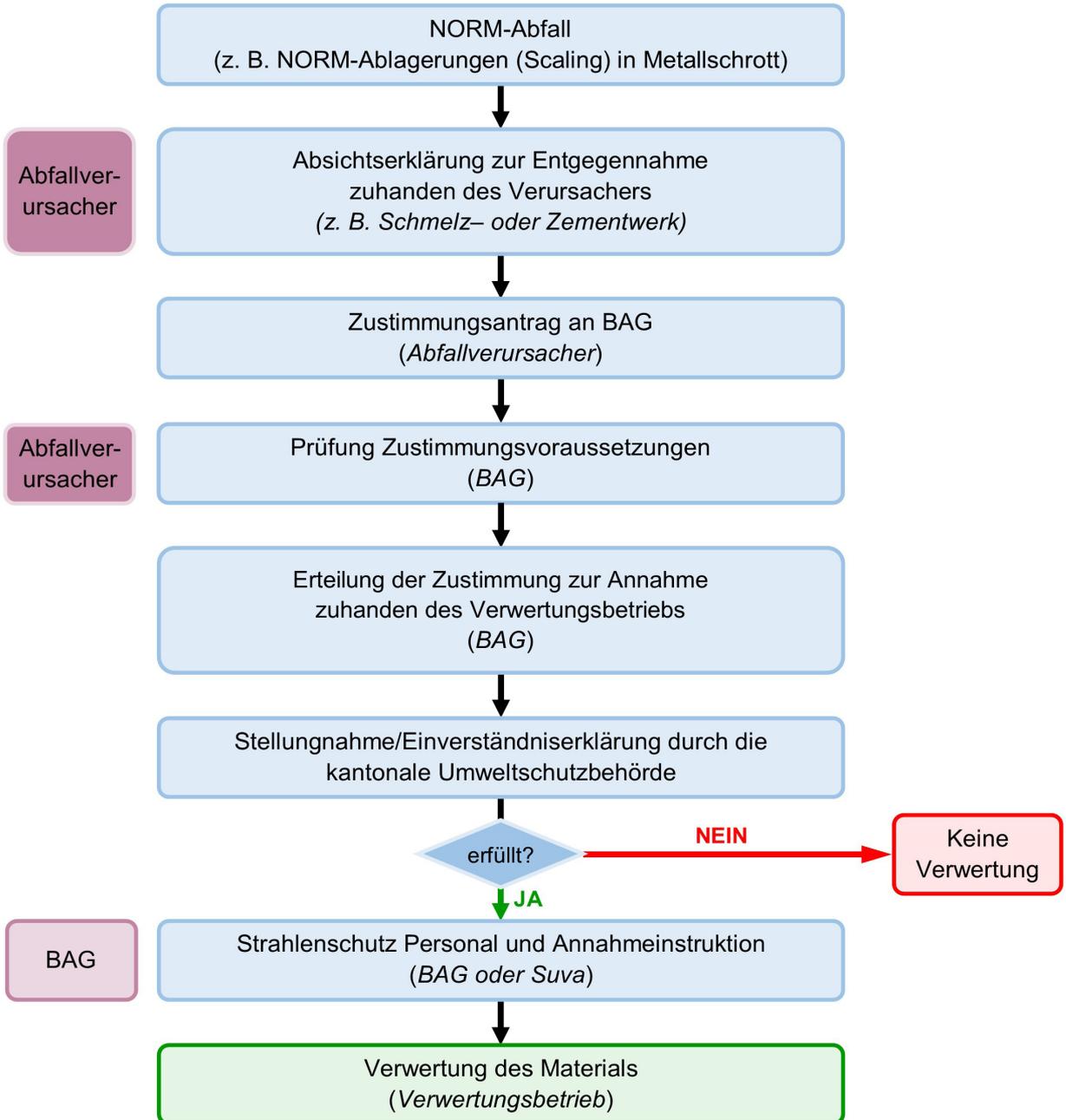
Auftraggeber



Anhang 3

Ablauf zur übrigen Verwertung von NORM-Abfällen in der Schweiz

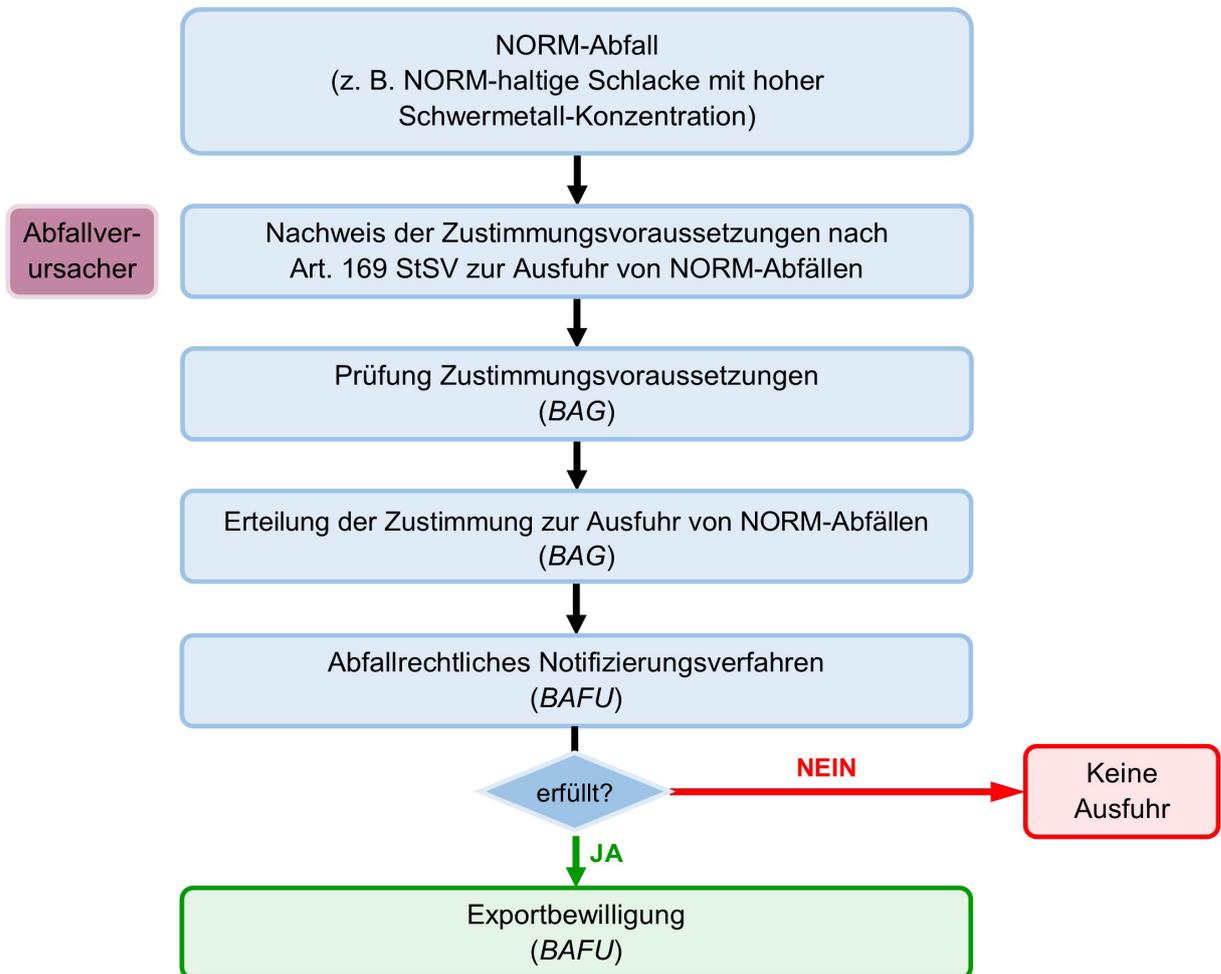
Auftraggeber



Anhang 4

Ablauf zur Ausfuhr von NORM-Abfällen

Auftraggeber



Anhang 5

1. Höchstwerte für die Deponierung von NORM aus Sicht des Strahlenschutzes und des Umweltschutzes

Bei der Entsorgung von NORM-Abfällen auf einer Deponie sind neben der Strahlenschutzverordnung (StSV) [1] auch die Anforderungen der Umweltschutzgesetzgebung, insbesondere der Abfallverordnung (VVEA) [2] (Art. 25 i.V.m. Anh. 5) und der Gewässerschutzverordnung (GSchV) [3] (Art. 2 Abs. 2), zu berücksichtigen. Die Verbindung dieser verschiedenen Verordnungen ist möglich durch einen Vergleich der

Chemotoxizität von Schwermetallen (Umweltschutz-Gesetzgebung) mit der Radiotoxizität der Radionuklide (Strahlenschutz-Gesetzgebung). Wie in Abbildung A5-1 dargestellt, dient dabei die Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) [4] als Angelpunkt.

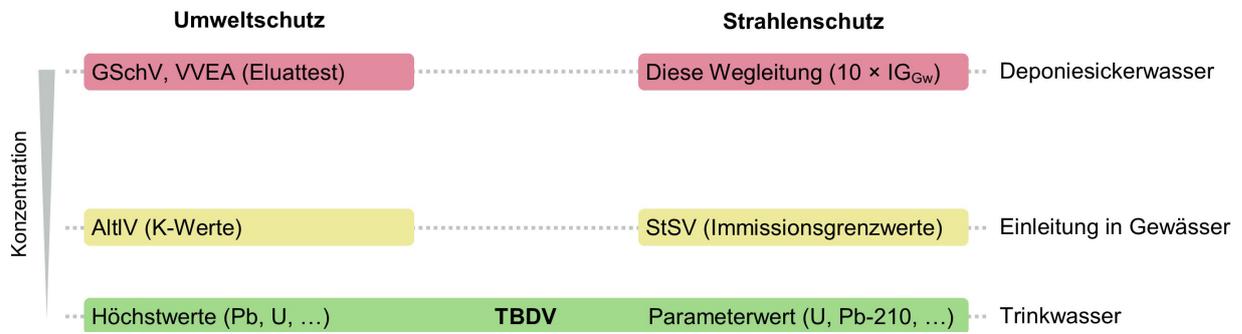


Abbildung A5-1: Beziehung zwischen Umweltschutz- und Strahlenschutzgesetzgebung für natürlich vorkommende Kontaminanten in Wasser (mit von unten nach oben steigender Konzentration). Für Trinkwasser sind in der TBDV mit einem humantoxisch risikobasierten Ansatz die Anforderungen bezüglich chemischer Toxizität und Radiotoxizität auf vergleichbarem Niveau geregelt. Dies erlaubt eine Anbindung der Strahlenschutzanforderungen an die Umweltschutzvorgaben (grüner Balken). Für die Einleitung von kontaminiertem Abwasser oder Wasser aus Altlasten entsprechen die Immissionsgrenzwerte aus Anhang 7 StSV dem auf Ökotoxizität basierenden Schutzniveau der Altlasten-Verordnung (AltIV) [5] (K-Werte) (gelbe Balken). Für Deponiesickerwässer sind höhere Konzentrationen zulässig (rote Balken).

2. Vergleich Toxizität Schwermetalle-Radionuklide in der TBDV

Die TBDV ermöglicht einen Vergleich der Chemotoxizität mit der Radiotoxizität von Schwermetallen, da für Uran sowohl ein Höchstwert für die chemische Toxizität ($30 \mu\text{g/l}$), als auch ein Parameterwert für die Radiotoxizität ($1,5 \text{ Bq/l}$; Tabelle A5-1, Fussnote f) gegeben ist. Der Wert für die Radiotoxizität ist mit umgerechnet $120 \mu\text{g/l}$ viermal höher als der Wert für die chemische Toxizität – das widerspiegelt gut die Tatsache, dass Uran in erster Linie chemisch toxisch

ist. Das heisst, dass die Höchstwerte für chemische Toxizität und die Parameterwerte für die Radiotoxizität bei Uran einem einheitlichen Schutzniveau entsprechen. Da sowohl die TBDV-Werte für die Chemotoxizität als auch jene für die Radiotoxizität untereinander konsistent sind, gilt die Vergleichbarkeit des Schutzniveaus auch für die anderen in Tabelle A5-1 aufgeführten Radioisotope.

3. Anwendung der GSchV auf Radionuklide

Für radioaktive Stoffe gilt neben der StSV auch die Gewässerschutzverordnung, soweit diese Stoffe biologische Wirkungen aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften zur Folge haben (Art. 2 Abs. 2 GSchV). Das trifft in erster Linie auf Uran und Thorium zu, da die meisten anderen Radioisotope der natürlichen Zerfallsreihen aufgrund von kurzen Halbwertszeiten in viel tieferen

Massenkonzentrationen auftreten und ihre chemische Wirkung somit vernachlässigbar ist. Diese Tatsache wirkt sich entsprechend auf die zulässige Konzentration in Abwässern, Sickerwässern und Eluaten aus.

Tabelle A5-1: Vergleich der Höchstwerte und Parameterwerte aus der TBDV

Titel	Höchstwert	Parameterwert	rChemTox _{U/Pb}	rRadTox _{X/U}
Referenz	TBDV chemische Toxizität	TBDV Radioaktivität (a)	TBDV	TBDV
Detail	Kriterium: NOAEL/100 (b)	Kriterium: 0.1 mSv/a; cancer risk 3.5×10^{-4}	chemische Toxizität relativ zu Pb	Radiotoxizität relativ zu U-238
Einheit	µg/l	Bq/l	(µg/l)/(µg/l)	(Bq/l)/(Bq/l)
Pb	10 (c)		1.00	
U (chem)	30 (c)	0.37 (e)	0.33 (h)	
U (rad)	121 (d)	1.5 (f)		1.0 (i)
Pb-210		0.2 (g)		7.5 (i)
Ra-226		0.5 (g)		3.0 (i)
Ra-228		0.2 (g)		7.5 (i)
Th-232		1.6 (g)		0.9 (i)
Po-210		0.1 (g)		15.0 (i)

- a Die TBDV bezieht sich bezüglich Radioaktivität auf Euratom 2013/51 (Erläuterungen TBDV). Sie enthält die Richtdosis RD, die eingehalten ist, wenn die hier aufgeführten abgeleiteten Werte eingehalten sind.
- b Für Uran siehe auch Brüscheiler 2007
- c Wert aus TBDV Anhang 2
- d Umgerechnet aus Spalte «Parameterwert»: $\mu\text{g} = \text{Bq} / 0.0124$ (für U-238, s.a. Fussnote f)
- e Umgerechnet aus Spalte «Höchstwert»: $\text{Bq} = \mu\text{g} \times 0.0124$ (für U-238, s. Fussnote f)
- f Wert entspricht 50% des abgeleiteten Wertes für U-238 (nach 2013/51Euratom), um das gleichzeitig vorhandene U-234 zu berücksichtigen. Für die weitere Betrachtung ist daher U-234 implizit eingeschlossen.
- g abgeleiteter Wert nach Euratom
- h Höchstwert Pb / Höchstwert U
- i Parameterwert U / Parameterwert X

4. Herleitung von Feststoffaktivitätshöchstwerten (FS-HW) für die Deponierung von NORM-Abfällen

Das Vorgehen zur Herleitung von Feststoffaktivitätshöchstwerten (FS-HW) für die Deponierung von NORM-Abfällen NORM in Anlehnung an die Vorgaben für Schwermetalle in der VVEA ist in den Tabellen A5-1

und A5-2 zusammengefasst. Feststoffaktivitätshöchstwerte können ohne weitere Abklärungen bezüglich Mobilität der Radionuklide angewendet werden.

Der Gedankengang zur Herleitung der Werte ist der Folgende:

1. Die TBDV gibt den Vergleich der chemischen Toxizität von Uran im Vergleich zu Blei ($r_{\text{ChemTox}_{\text{U/Pb}}}$; Tabelle A5-1);
2. Die TBDV gibt weiter die relative Radiotoxizität der Radionuklide im Verhältnis zur Radiotoxizität von Uran ($r_{\text{RadTox}_{\text{X/U}}}$; Tabelle A5-1);
3. Für die Festlegung eines Feststoffgrenzwertes muss neben der Toxizität eines Elementes auch dessen Löslichkeit berücksichtigt werden. Die für die Berechnung eines generischen Feststoffhöchstwertes berücksichtigten Löslichkeiten stehen in Spalte Kd, Tabelle A5-2;
4. In Spalte «FS-HW calc» wird zunächst der Feststoffhöchstwert für Uran, $U(\text{chem})$ unter Verwendung
5. der chemischen Toxizität von Blei und Uran aus dem Feststoffhöchstwert von Blei der aus der VVEA entnommen wurde, berechnet;
6. Für die Verbindung zwischen Chemotoxizität und Radiotoxizität wird in Spalte «FS-HW calc» (Tabelle A5-2) das Verhältnis von $U(\text{rad})$ zu $U(\text{chem})$ aus Tabelle A5-1 angewendet;
7. Aus Kd und FS-HW kann die entsprechende Höchstkonzentration im Eluat errechnet werden (kompatibel mit VVEA Anhang 5 Ziff. 3);
8. In Spalte FS-HW D+E, Tabelle A5-2 stehen die gerundeten generischen FS-HW für NORM bei Deponierung auf Typ D und Typ E Deponien;
9. Die beiden letzten Spalten der Tabelle A5-2 gelten für Deponierung auf Typ B Deponien.

Tabelle A5-2: Herleitung von Feststoffaktivitätshöchstwerten (FS-HW) für die Deponierung von NORM

Titel	Kd	FS-HW calc	c(Eluat)	FS-HW D+E	FS-HW B
Referenz	Lit.	VVEA Anhang 5 Ziff. 4 + 5	VVEA Anhang 5 Ziff. 3	VVEA Anhang 5 Ziff. 4 + 5	VVEA Anhang 5 Ziff.
Detail	Verteilungs- koeffizient	gerechneter Wert Deponie Typ D und E	Konzentration Eluat Deponie Typ C	gerundeter Wert Deponie Typ D und E	gerundeter Wert 95% gesteinsähnlich Deponie Typ B
Einheit	L/kg	mg/kg	mg/l	mg/kg	mg/kg
Pb	2 000 (a)	2 000 (a)	1 (h)	2 000	500
U (chem)	400	1 200 (d)	3 (h)		
Einheit		Bq/kg	Bq/l	kBq/kg	kBq/kg
U (chem)	400	15 000 (e)	37.2 (h)	15	3.75
U (rad)	400	60 000 (f)			
Pb-210	2 000	40 000 (g)	20 (h)	20 (i)	5
Ra-226	200	10 000 (g)	50 (h)	10	2.5
Ra-228	500 (b)	10 000 (g)	20 (h)	10	2.5
Th-232	4 000	64 000 (g)	160 (h)	10 (j)	2.5
Po-210	2 000 (c)	20 000 (g)	10 (h)	20	5

a Wert aus VVEA

b tiefere Löslichkeit als Ra-226, da vor allem in refraktären Mineralien vorkommend

c Löslichkeit eher tief; wenig Literaturwerte

d Feststoff-Höchstwert: $FS-HW_U = FS-HW_{Pb} / r_{\text{ChemTox}_{\text{U/Pb}}} \times Kd_U / Kd_{Pb}$

e Umrechnung: $1 \text{ mg U} = 12.4 \text{ Bq U-238}$

f Gerechnet mit Verhältnis $U(\text{chem})/U(\text{rad})$ aus Tabelle A5-1. Als Feststoff-Höchstwert ist für Uran $U(\text{chem})$ anzuwenden!
Hier dient $U(\text{rad})$ zur Herleitung von Höchstwerten für die weiteren Radionuklide.

g $FS-HW_X = FS-HW_{U(\text{rad})} / r_{\text{RadTox}_{\text{X/U}}} \times Kd_X / Kd_U$

h Wert = $FS-HW / Kd$

i Gleichgewicht mit Po-210

j Gleichgewicht mit Ra-228; bei vielen Feststoffen dürfte die Löslichkeit wesentlich tiefer sein und damit ein höherer spezifischer FS-HW anwendbar.

5. Höchstwerte für das Eluat

Abfälle mit einer NORM-Konzentration oberhalb der Feststoffaktivitätshöchstwerte aus Tabelle A5-2 können zur Deponierung freigegeben werden, wenn Eluat-Tests zeigen, dass im Sickerwasser $10 \times IG_{Gw}$ (StSV) eingehalten werden. Die Herleitung der Höchstwerte für das Eluat bzw. Sickerwasser (SW-HW) ist in der Tabelle A5-3 zusammengefasst. Diese Werte sind tiefer – strenger – als die Eluatwerte aus der VVEA für Schwermetalle, wie anhand der entsprechenden Werte für Pb ersichtlich ist. Obwohl ein Wert für Uran in der Umweltschutzgesetzgebung fehlt, können Uran und Blei wie oben erläutert über die TBDV verknüpft werden.

Die SW-HW aus Tabelle A5-3 garantieren die Einhaltung der GSchV (die GSchV ist massgeblich im Falle von Uran) und der StSV (IG_{Gw} ist eingehalten unter Berücksichtigung des Verdünnungsfaktors bei Eintritt in öffentlich zugängliche Gewässer; 0,3 mSv pro Kalenderjahr eingehalten). Mögliche Beispiele für die Anwendung von spezifischen Höchstwerten sind:

- Zirkonhaltige Abfälle und andere refraktären Th-haltigen Abfälle (sehr hoher K_d für Ra-228)
- Eisenhydroxide aus der Trinkwasseraufbereitung (hoher K_d für U und Ra)
- Verkrustungen aus Öl-, Gas-, Thermalwasserleitungen (hoher K_d für Ra und Pb)

Tabelle A5-3: Herleitung der Höchstwerte für das Eluat bzw. Sickerwasser (SWHW)

Titel	Höchstwert	Parameterwert	rChemTox _{X/Pb}	rRadTox _{X/U}	SW-HW GSchV	IG _{Gw} × 10
Referenz	TBDV chem. Tox.	TBDV Radioaktivität	TBDV	TBDV	GSchV Anhang 3.2	StSV
Detail	Kriterium: NOAEL/100 (a)	Kriterium: 0.1 mSv/a	chem. Tox. relativ zu Pb	Radiotoxizität relativ zu U-238	Allg. Anforderung an Abwasser	
Einheit	µg/l	Bq/l	(µg/l)/(µg/l)	(Bq/l)/(Bq/l)	mg/l	
Pb	10 (b)		1 (g)		0.5 (i)	
U (chem)	30 (b)	0.37 (d)	0.33 (g)		1.5 (j)	
Einheit					Bq/l	Bq/l
U (chem)					18.6 (k)	
U (rad)	120 (c)	1.5 (e)		1.0 (h)	75.0 (l)	31.0
Pb-210		0.2 (f)		7.5 (h)	10 (m)	2.4
Ra-226		0.5 (f)		3.0 (h)	25 (m)	5.8
Ra-228		0.2 (f)		7.5 (h)	10 (m)	1.2
Th-232		0.6 (f)		0.9 (h)	80 (m)	15.0
Po-210		0.1 (f)		15.0 (h)	5 (m)	1.4

a Für Uran siehe auch Brüscheweiler 2007

b Wert aus TBDV

c umgerechnet gem. Parameterwerte

d Umgerechnet in Bq/l U-238

e Wert entspricht 50% des abgeleiteten Wertes für U-238 (nach 2013/51Euratom), um das gleichzeitig vorhandene U-234 zu berücksichtigen. Für die weitere Betrachtung ist daher eine explizite Betrachtung von U-234 nicht mehr nötig.

f abgeleiteter Wert nach Euratom

g Höchstwert X / Höchstwert Pb

h Parameterwert X / Parameterwert U

i Wert aus GSchV

j Anhand Verhältnis chemischer Toxizität (TBDV) gerechnet: $SW-HW_{Pb} / rChemTox_{U/Pb}$

k Umrechnung in Bq/l U-238 ($mg \times 12.4 = Bq$) (Schutzniveau analog Pb nach GSchV)

l U-Höchstwert bezüglich Radiotoxizität

m $SW-HW_x = SW-HW_{U(rad)} / rRadTox_{X/U}$ (Schutzniveau analog Pb nach GSchV)

6. Bestimmungen zur Ablagerung von NORM in anderen europäischen Ländern

Für die Deponierung von NORM werden in den meisten Ländern generische Feststoff-Höchstwerte zwischen 5 und 10 kBq/kg angewendet. Einige Länder wenden für Pb-210 und Po-210 höhere Werte an (bis 100 kBq/kg).

7. Massnahmen bei Überschreitung der zulässigen NORM Konzentration in Sickerwässern

Wird in Sickerwasserproben das 10-fache der Immissionsgrenzwerte ($10 \times IG_{GW}$ in Bq/l) überschritten, sind Messungen bei potentiell betroffenen Gewässern und Grundwasserfassungen vorzunehmen. Zudem ist zu gewährleisten, dass die Immissionsgrenzwerte in öffentlich zugänglichen Gewässern und damit die zulässige maximale Dosis von 0,3 mSv pro Kalenderjahr gemäss Artikel 169 StStV eingehalten sind. Dies ist Aufgabe des BAG. Bei Deponien mit Ablagerung von NORM-Abfällen ist zu berücksichtigen, dass Grund- und Trinkwasser bereits mit NORM-Nukliden aus natürlichen Quellen vorbelastet sein können. Für die Beurteilung von betroffenem Trinkwasser ist der Richtwert Gesamtdosis (RD) massgebend. Der RD bezieht sich auf eine etwas tiefere zulässige jährliche Dosis (0,1 mSv pro Kalenderjahr) und schliesst die Beiträge aller natürlichen und künstlichen Radionuklide mit ein (ausgenommen Radon, Kalium und Tritium). Das Vorgehen ist in Abbildung A5-2 zusammengefasst.

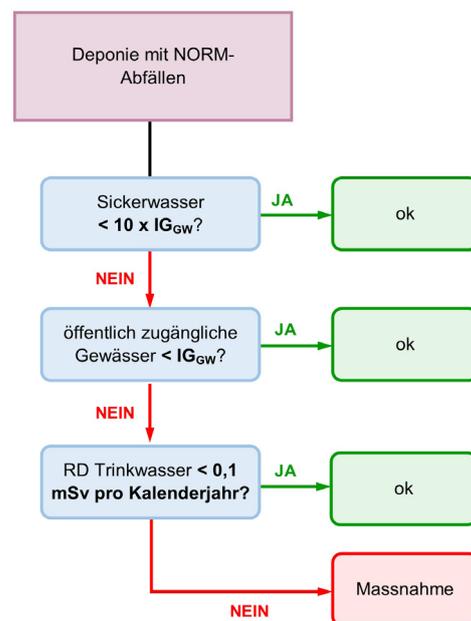


Abbildung A5-2 Vorgehen bei Überschreitung der zulässigen NORM Konzentration in Sickerwässern

8. Überprüfung der zulässigen NORM Konzentration in Betriebsabwässern

Werden im Betriebsabwasser vor dessen Abgabe an die Kanalisation im Wochenmittel die Höchstwerte nach Tabelle A5-4 nicht überschritten, wird die zulässige effektive Dosis für die Bevölkerung von 0,1 mSv pro Kalenderjahr aus Trinkwasser eingehalten.

Wird einer dieser Werte überschritten, müssen die zulässigen Höchstkonzentrationen im abgegebenen Abwasser im Rahmen einer Bewilligung festgelegt werden.

Tabelle A5-4: Höchstwerte für natürliche Radionuklide in Betriebsabwässern

Nuklide	Höchstwert in Bq/l ¹⁾
U-238	0.4 ²⁾
Ra-226	0.5
Pb-210	0.2
Po-210	0.1
Ra-228	0.2

- (1) Die Werte in der Tabelle entsprechen den nach unten gerundeten Immissionsgrenzwerten IG_{Gw} der StSV und gleichzeitig den Parameterwerten aus der TBDV. Auf die Anwendung der Summenregel beim Vorhandensein mehrerer natürlicher Radionuklide kann verzichtet werden, da eine Verdünnung um den Faktor 5 bis zum Vorfluter (Einhaltung des Immissionsgrenzwertes der StSV) und eine weitere Verdünnung um den Faktor 3 (Einhaltung von 0,1 mSv/Jahr via Trinkwasserpfad) gewährleistet ist.
- (2) Für Uran ist aufgrund der dominierenden chemischen Toxizität der Wert tiefer als der Parameterwert. 0.4 Bq/l U-238 entspricht rund 30 µg/l Uran.

9. Referenzen

- [1] Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501) vom 26. April 2017.
- [2] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung VVEA, SR 814.600) vom 4. Dezember 2015.
- [3] Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) vom 28. Oktober 1998.
- [4] Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV, SR 817.022.11) vom 16. Dezember 2016.
- [5] Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung AltIV, SR 814.680) vom 26. August 1998.

Anhang 6

Luftemissionen bei der Verbrennung oder Verwertung von NORM

Bei Verbrennung oder Verwertung von NORM ist die Exposition aufgrund von NORM in Feststoff-Rückständen (Schlacke, Filterasche, etc.), NORM im Abwasser sowie NORM in der Abluft zu berücksichtigen. Feststoffe werden durch Messungen auf die Einhaltung einer Konzentration von < LLN im Wochenmittel geprüft. Beim Abwasser wird durch Messung die Einhaltung der zulässigen Höchstwerte nach Anhang 5 Ziffer 8 überprüft. Da der Transfer von Schwermetallen ins Abwasser generell gering und die Rückhaltung in einer ARA (Phosphatfällung, FeOH) für NORM sehr effizient sind, sind keine problematischen Werte zu erwarten.

Betreffend möglicher Luftemissionen bei der Verbrennung oder Verwertung von NORM-Abfällen zeigt eine konservative Abschätzung, dass die Immissionsgrenzwerte IG_{Luft} der StSV problemlos eingehalten werden, wenn die Konzentration von NORM in den verbrannten Abfällen im Wochenmittel unterhalb der NORM-Befreiungsgrenze LLN bleibt. Da NORM-Abfälle eher selten durch Verbrennung in einer KVA entsorgt werden müssen, ist die tatsächliche Strahlenbelastung der Bevölkerung noch einmal um Grössenordnungen kleiner. Dieselben Annahmen können auch für betroffene Verwertungsbetriebe (z. B. Schmelzwerk) angewendet werden. Die Herleitung der Luftkonzentrationen am Immissionspunkt ist in Tabelle A6-1 zusammengefasst. Der Vergleich mit dem Schwermetall Blei zeigt, dass die Beurteilung von NORM gut mit der Beurteilung von Schwermetallen übereinstimmt.

Tabelle A6-1: Herleitung der Luftkonzentration am Immissionspunkt für die Verbrennung von NORM in einer KVA

Stoff	TK ⁽¹⁾ Reingas	Konzentration im Abfall			Konzentration im Abgas		Konzentration in der Luft beim Immissionspunkt		
		C_{Abfall}			$C_{Abgas} = C_{Abfall} \times TK / V_{Abgas}$ ⁽²⁾		$C_{Luft} = C_{Abgas} / f$ ⁽³⁾		
Blei ⁽⁴⁾	0.00004 bis 0.001 ⁽⁵⁾	900 ⁽⁶⁾	g/t		0.00015	g/m ³	0.15	µg/m ³	Immissionsgrenzwert LRV: 0.5 µg/m ³
²²⁶ Ra	0.001 ⁽⁷⁾	1	MBq/t	LLN	0.17	Bq/m ³	0.00017	Bq/m ³	IG_{Luft} : 0.01 Bq/m ³
²²⁶ U	0.001 ⁽⁷⁾	1	MBq/t	LLN	0.17	Bq/m ³	0.00017	Bq/m ³	IG_{Luft} : 0.0009 Bq/m ³

(1) Transfer-Koeffizient Abfall → Reingas.

(2) $V_{Abgas} = 6000 \text{ m}^3/\text{t}$ (BAFU, 2010. KVA-Rückstände in der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Bern, 230 S.)

(3) Verdünnung bis Immission: Faktor $f = 1000$ (Pers. Komm. B.C. Müller, BAFU, Juli 2021)

(4) Das moderat volatile Blei kann als konservativer Proxy für die Radionuklide gelten.

(5) Messungen 2020 in 3 Schweizer KVA (Daten BAFU). Siehe auch: BAFU, 2015, LEA 2.

Neubearbeitung des Projektes «LEA - Emissionsfaktoren aus der Abfallverbrennung» Schlussbericht.

(6) Morf, L., 2006. Chemische Zusammensetzung verbrannter Siedlungsabfälle.

Umwelt-Wissen Nr. 0620. Bundesamt für Umwelt, Bern, 104 S.

(7) Konservativer Wert, siehe Vergleich mit Blei

Kostenübernahme und Haftung

Im Zusammenhang mit der Entsorgung von NORM-Abfällen nach Artikel 169 StSV stellen sich unterschiedliche Fragen zur Kostenübernahme für die Entsorgungskosten. Die Kosten für die Entsorgung von NORM-Abfällen werden auf den Produzenten der Abfälle überwält, soweit die für den jeweiligen Entsorgungsbetrieb massgebenden Gebührevorschriften gemäss der Verordnung über die Gebühren im Strahlenschutz (GebV-StS) dies vorsehen.

Im Falle eines Schadens durch NORM-Abfälle können sich allerdings auch haftpflichtrechtliche Fragen stellen. Wer Einrichtungen betreibt oder Tätigkeiten ausübt, die eine Gefährdung durch ionisierende Strahlung mit sich bringen, haftet nach Artikel 39 Absätze 1 und 2 StSG für die dadurch verursachten Schäden, sofern er nicht nachweist, dass er alle Sorgfalt zur Vermeidung eines solchen Schadens aufgewendet hat.

Je nach Konstellation kann der Abfallverursacher für die Kosten haftbar gemacht werden. Wenn jedoch kein Verursacher identifizierbar ist, muss abgeklärt werden, wer bei der Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes gegebenenfalls haftungsrechtlich verpflichtet werden kann. Nachstehend sind in groben Zügen die wichtigsten Konstellationen und in den Grundzügen die haftungsrechtlichen Konsequenzen abgebildet. Es gilt jedoch zu beachten, dass das Haftpflichtrecht stark vom Einzelfall geprägt ist und die genannten Erläuterungen nur als Orientierungshilfe dienen können. Schliesslich wird noch kurz dargelegt, wer als Verursacher überhaupt in Frage kommt.

1. Kostenübernahme, wenn der Verursacher bekannt ist

- a. Grundsätzlich trägt der Verursacher der NORM-Abfälle nach dem Verursacherprinzip die Kosten für die fachgerechte Entsorgung (Art. 4 i.V.m. Art. 27 Abs. 2 StSG). Übernimmt zunächst der Bund die Kosten, kann er sie im Verwaltungsverfahren vom Verursacher einfordern.
- b. Im Verhältnis zwischen dem Verursacher der NORM-Abfälle und dem Entsorgungsbetrieb (Deponie, Verbrennungsanlage, Recyclingbetrieb) wird die Entschädigung, welche der Abfallverursacher dem Entsorgungsbetrieb für die Abnahme der Abfälle zu bezahlen hat, im Regelfall vertraglich geregelt. Bezahlt der Abfallverursacher nicht, muss der Entsorgungsbetrieb die Entschädigung auf dem Zivilweg einklagen. Stellt sich jedoch erst im Nachhinein heraus, dass ein konventioneller Abfall NORM-Abfälle enthält oder dass durch Ablagerung eines

NORM-Abfalls der Immissionsgrenzwert in einem öffentlich zugänglichen Gewässer überschritten wird, fehlt im Abnahmevertrag möglicherweise eine entsprechende Klausel. Unter Umständen wurde auch gar kein Vertrag erstellt. In diesem Fall kann der Entsorgungsbetrieb bei einem Schaden auf dem Zivilweg gegen den Verursacher vorgehen, gestützt auf die Haftungsbestimmung von Artikel 41 des Obligationenrechts (OR; SR 220). Falls der Entsorgungsbetrieb einen Personenschaden oder einen Schaden an seinem Eigentum erlitten hat, der auf die ionisierende Strahlung im NORM-Abfall des Abfallverursachers zurückzuführen ist, kann er gestützt auf Artikel 39 StSG gegen den Abfallverursacher vorgehen.

- c. Ist die Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes auf die Nachlässigkeit des Entsorgungsbetriebs zurückzuführen, hat dieser die Kosten der erforderlichen Massnahmen zu tragen.
- d. Kann bei der Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes keine Nachlässigkeit des Entsorgungsbetriebs nachgewiesen werden, trägt grundsätzlich der Bund die Kosten für die erforderlichen Massnahmen (Bundesvollzug).
- e. Ist die Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes darauf zurückzuführen, dass das BAG oder das ENSI die Bewilligung nicht oder nur mit (anderen) Auflagen hätte erteilen dürfen, trägt der Bund die Kosten für die erforderlichen Massnahmen (nach Artikel 3 des Verantwortlichkeitsgesetzes [VG; SR 170.32]).

2. Haftung, wenn der Verursacher unbekannt ist

Wenn der Verursacher von NORM-Abfällen nicht bekannt ist, trägt der Bund die Kosten einer fachgerechten Entsorgung im Sinne der Strahlenschutzgesetzgebung (Bundesvollzug). Sind in den NORM-Abfällen zusätzlich nicht-radioaktive Schadstoffe enthalten, gilt zudem die Umweltschutzgesetzgebung und entsprechend eine anteilmässige Kostenverteilung.

3. Fragen zur Nachsorge und zur Beweislast

- a. Für die Nachsorge, d. h. für die Überwachung der an die Umwelt abgegebenen NORM-Abfälle, kommt für strahlenschutzrechtliche Belange nicht das Umweltschutzrecht zur Anwendung (vgl. Art. 3 Abs. 2 USG), sondern in Analogie das Strahlenschutzrecht. Für die Übernahme der Kosten gelten die vorstehenden Ausführungen.

- b. Die Beweislast im Verwaltungsverfahren (vgl. Ziff. 1 Bst. a), wer als Verursacher die Kosten für die fachgerechte Entsorgung der NORM-Abfälle zu tragen hat, trägt der Bund.
- c. Im Haftpflichtprozess (Zivilprozess) trägt der Entsorgungsbetrieb als Geschädigte die Beweislast, wenn sie vom Verursacher Schadenersatz fordert (vgl. Ziff. 1 Bst. b).

auch eine Person als Verursacherin in Betracht, die NORM-Abfälle ohne Zustimmung deponiert hat, sei es in völliger Unkenntnis, sei es aus Fahrlässigkeit oder Absicht. Bei unsorgfältiger Entsorgung des NORM-Abfalls kann auch der Entsorgungsbetrieb zum Verursacher einer Überschreitung des Immissionsgrenzwertes werden.

Eine besondere Konstellation liegt vor, wenn eine Person den Abfall, der heute als NORM entsorgt werden muss, vor langer Zeit verursacht hat. In diesem Kontext sind als Beispiel in Analogie die Radium-Altlasten zu nennen.

4. «Verursacher» in verschiedenen Konstellationen

Als Verursacher einer Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes kommt zunächst der Inhaber einer Zustimmung zur Entsorgung von NORM-Abfällen nach Artikel 169 StSV in Frage. Andererseits kommt

Anhang 8

NORM-Material und Material, welches nicht als NORM klassiert werden kann

Als NORM-Materialien gelten:

- Zirkonhaltige Strahlmittel (U-nat)
- Verbrennungsschlacke, Aschen, Filteraschen (U-nat, Th-nat, K-40)
- Schamott-Steine
- Mineralien (U-nat, Th-nat)
- Ablagerungen aus salinaren Fluiden (Scaling)
- Eisenhydroxidfilter aus der Trinkwasseraufbereitung
- Panzerungsplatten und Tresore (zirkonhaltige Mineralien)
- Abluftfiltermatten mit Radon-Folgeprodukten
- Rückstände aus der Düngerproduktion (U-nat, Th-nat, K-40)
- keramische Erzeugnisse (Fliesen, Geschirr)
- Löschkammerplatten in Überspannungsableitern (BBC)

Nicht als NORM-Materialien gelten:

- Thorierte Elektroden und Kathoden (Schweisstechnik, Plasmasprays, Leuchtmittel)
- Thoriumglühstrümpfe
- Thorierte Glaslinsen
- Thorium-Wolfram-Legierungen
- Radioaktive Chemikalien (Uran- und Thorium- und Kaliumsalze)
- Abgereichertes Uran (Abschirmungen, Gewichte)

Anhang 9

Auflistung von NORM-Abfällen aus bestehenden und geplanten Expositionssituationen

NORM-haltige Schlämme und Sedimente aus ehemaligen Düngemittelproduktionsanlagen

Herkunft	Deponien in der Nähe ehemaliger Produktionsanlagen
Material	Phosphatschlämme
Nuklid	U-nat
Spezifische Aktivität	Bis 5 000 Bq/kg
Menge	Mehrere tausend Tonnen pro Betrieb
Bemerkungen	Die Schlämme beinhalten zusätzlich hohe Schwermetallkonzentrationen



Bildnachweis: BAG

keramische Erzeugnisse (Fliesen, Geschirr)

Herkunft	Badezimmer-, Kachelofen- und Küchenfliesen, lasierte Vasen und Geschirr
Material	Uranhaltige Glasur
Nuklid	U-nat
Spezifische Aktivität	Bis 45 000 Bq/kg
Menge	Mehrere hundert Kilogramm pro Jahr
Bemerkungen	Fliesen der Keramikfabrik Laufen, bereits mehrere Sanierungsaktionen durchgeführt. Einzelfälle treten nach wie vor auf.



Bildnachweis: BAG

Ablagerungen aus salinaren Fluiden (Scaling)

Herkunft	Erdölraffinerie, geothermische Anlagen
Material	Ablagerungen, «Scaling»
Nuklid	U-nat, Th-nat, Ra-226, Ra-228, Pb-210
Spezifische Aktivität	Mehrere hundert kBq/kg
Menge	Mehrere hundert Kilogramm pro Jahr
Bemerkungen	Schrottteile aus betroffenen Anlagen, zum Teil mit Schrott importiert



Bildnachweis: BAG

Zirkonhaltige Panzerungsplatten und Tresore

Herkunft	Gepanzerte Wände von Tresorräumen, Tresore
Nuklid	U-nat
Spezifische Aktivität	Bis 3 000 Bq/kg
Menge	Mehrere Tonnen pro Jahr
Bemerkungen	Verbundwerkstoff aus Metall, Kunstharz und zirkonhaltigen Gesteinsbrocken. Neuproduktion ist typenbewilligt.



Bildnachweis: BAG

Schamottsteine und angereicherte Verbrennungsschlacke aus Hochtemperaturöfen

Herkunft	Hochtemperatur-Schmelzöfen
Nuklid	U-nat
Spezifische Aktivität	Bis 3 000 Bq/kg
Menge	Mehrere Tonnen pro Jahr
Bemerkungen	Hochtemperaturschmelzöfen müssen periodisch revidiert werden, dabei fallen Schlacken und Schamottgestein an, welches aufgrund einer hohen Schwermetall-Belastung nur an eine UT-Deponie im Ausland entsorgt werden kann.



Bildnachweis: BAG

Zirkon- und korundhaltige Strahlmittel (U-nat)

Herkunft	Diverse Strahlmittelhersteller
Nuklid	U-nat, Th-nat
Spezifische Aktivität	Bis 3 000 Bq/kg
Menge	Mehrere Tonnen pro Jahr
Bemerkungen	Zirkon- und korundhaltige Strahlmittel. Das BAG und die Suva evaluieren zurzeit betroffenen Lieferanten und Strahlmittel

Zirblast® Ceramic Beads

- Specifically suited to many impact surface treatments.
- High recyclability, efficient whether used in wheel-blast or air-blast (dry or wet) systems.

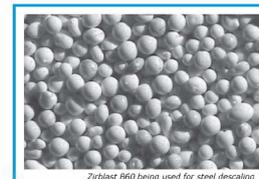
TYPICAL CHEMICAL ANALYSIS

ZrO ₂	60 to 70 %
SiO ₂	28 to 33 %
Al ₂ O ₃	< 10 %

Chemical analysis carried out by X-Ray fluorescence on melting sample

CRYSTAL STRUCTURE

Zirconia	68 %
Vitreous phase	32 %



Zirblast B60 being used for steel descaling

Bildnachweis: Produktdatenblatt Zirblast(R)
 Ceramic Beads (www.zirpo.ch)

NORM-haltige Schlacken

Herkunft	Altbauten (Verbrennungsschlacken, welche zu Dämmzwecken eingesetzt worden sind)
Nuklid	U-nat inkl. Töchter
Spezifische Aktivität	Bis 5 000 Bq/kg
Menge	Mehrere Tonnen pro Jahr
Bemerkungen	Bei NORM-haltigen Schlacken muss zwischen Neu- und Altschlacken unterschieden werden. Letztere können auch organisches Material und Schadstoffe (PAK) enthalten, aufgrund dessen eine vorhergehende thermische Behandlung erforderlich ist. Neuschlacken (Schlacken aktueller KVA) werden dagegen auf Deponien Typ D abgelagert.



Bildnachweis: BAG

Abluftfilter mit Radon-Folgeprodukten

Herkunft	Gewerbe-, Industrie- und Forschungsliegenschaften Filter
Nuklid	Radon-Folgeprodukte Pb-210, Po-210
Spezifische Aktivität	Bis 30 kBq/kg
Menge	Mehrere Tonnen pro Jahr (Zahlen PSI als Bsp.)
Bemerkungen	Bei den betroffenen Filtern handelt es sich um Abluft- und Fortluftfilter. Diese Filter werden für eine Betriebszeit von mehreren Jahren eingesetzt. In dieser Zeit sammeln sich über die angesaugte Umgebungsluft NORM an, insbesondere die Radon-Folgeprodukte. Luftfilter werden lediglich auf erhöhte Radioaktivität überprüft, wenn in einem Betrieb mit künstlichen Radionukliden umgegangen wird.



Bildnachweis:
bestairfilter.de/industrietechnik

Eisenhydroxidfilter aus der Trinkwasseraufbereitung

Herkunft	Filtration in der Vorbehandlung von Trinkwasser, z.B. Arsenentfernung
Nuklid	Ra-226, Ra-228, Pb-210, Po-210, U-nat
Spezifische Aktivität	Bis 10 kBq/kg (durch Einsatzzeiten der Filter planbar)
Menge	Mehrere Tonnen pro Jahr?
Bemerkungen	Zurzeit bekannt sind Testbetriebe für die Arsenentfernung. Umfang künftiger Anwendungen unklar.

