Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Strahlenschutzgrundsätze zur schadlosen Wiederverwertung und -verwendung von schwach radioaktivem Nichteisenmetall aus Kernkraftwerken

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 114. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 10. Dezember 1992
Veröffentlicht in: – Bundesanzeiger Nr. 79 vom 28. April 1993
– Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 31

Inhaltsverzeichnis

1 Geltungsbereich 3

2 Allgemeine Voraussetzungen 3

3 Schadlose Wiederverwendung und -verwertung von schwach radioaktivem nichteisenmetallhaltigem Schrott im nicht-kerntechnischen Bereich 4

3.1 Bedingungslose Freigabe 4

3.2 Freigabe des Nichteisenmetallschrotts zum allgemeinen Einschmelzen 4

3.3 Kontrollierte Verwertung 4

4 Begründung 4

5 Literatur 9

1 Geltungsbereich

Die folgenden Strahlenschutzgrundsätze beziehen sich auf kontaminierte oder aktivierte Komponenten bzw. Teile davon (Schrott) aus Nichteisenmetallen, wie sie beim Ausbau aus Kernkraftwerken anfallen.

Die folgende Empfehlung zur Freigabe schwach kontaminierter oder -aktivierter Nichteisenmetalle lehnt sich an die im Oktober 1987 ausgesprochene SSK-Empfehlung "Strahlenschutzgrundsätze zur schadlosen Wiederverwertung und -verwendung von schwach radioaktivem Stahl und Eisen aus Kernkraftwerken" an. Im wesentlichen bezieht sich die Empfehlung auf Aluminium, Aluminiumlegierungen, Kupfer, Kupferlegierungen und Blei, es können aber auch spezielle Legierungen nach den gleichen Strahlenschutzgrundsätzen freigegeben werden.

2 Allgemeine Voraussetzungen

Grundsätzlich sollte vor einer Freigabe schwach kontaminierter oder schwachaktivierter ausgebauter Anlagenteile aus Nichteisenmetallen zur Wiederverwendung und -verwertung geprüft werden, ob eine Wiederverwendung oder Wiederverwertung des Materials im kerntechnischen Bereich möglich ist und diese Stoffe so wirksam von der Bevölkerung isoliert werden. Dies könnte z.B. dadurch geschehen, daß der schwachaktive Schrott im Rahmen einer Umgangsgenehmigung nach § 3 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [SSV 90] eingeschmolzen und aus dem so entstehenden Rohstoff andere Produkte hergestellt werden, die als schwach radioaktive Teile in kerntechnischen Anlagen oder für die Endlagerung radioaktiver Abfälle verwendet werden können. Erst wenn die Untersuchungen über die weitere Behandlung des schwachaktiven Schrotts zu dem Ergebnis führen, daß dies im Einzelfall unter zumutbaren Bedingungen nicht möglich ist, sollte von einer der in den Abschnitten 3.1 bis 3.3 genannten Möglichkeiten der Wiederverwendung und Wiederverwertung Gebrauch gemacht werden.

Eine schadlose Wiederverwertung oder Wiederverwendung von Nichteisenmetallen aus Kernkraftwerken liegt dann vor, wenn keine merkliche Strahlenexposition der allgemeinen Bevölkerung stattfindet.

Zur Erreichung der für eine Freigabe radioaktiver Anlagenteile erforderlichen geringen spezifischen Gesamtaktivität sind entweder die Maßnahmen

– Dekontaminieren,

– Einschmelzen,

– Abklingenlassen

oder deren Kombination möglich. Bei der Festlegung des jeweiligen Vorgehens ist die dabei für die beschäftigten Personen entstehende Kollektivdosis zu berücksichtigen.

Wegen der vielen unterschiedlichen Parameter und Umstände, die bei der Wiederverwendung und -verwertung von schwach radioaktiven Reststoffen von Bedeutung sein können, sind für Freigaben zur Wiederverwendung oder -verwertung Genehmigungen der zuständigen Behörden erforderlich.

3 Schadlose Wiederverwendung und -verwertung von schwach radioaktivem nichteisenmetallhaltigem Schrott im nicht-kerntechnischen Bereich

3.1 Bedingungslose Freigabe

Eine bedingungslose Freigabe zur allgemeinen uneingeschränkten Verwendung oder Verwertung ist möglich, wenn die spezifische Gesamtaktivität nicht größer als 0,1 Bq/g (a_0) ist und die Oberflächenkontamination die Werte der Anlage IX Spalte 4 StrlSchV nicht überschreitet. Die Werte sind für jedes Einzelstück einzuhalten.

3.2 Freigabe des Nichteisenmetallschrotts zum allgemeinen Einschmelzen

Eine Freigabe von Schrott zum allgemeinen Einschmelzen, d.h. zum Einschmelzen mit inaktivem Schrott, ist möglich, wenn die spezifische Gesamtaktivität jedes Einzelstückes nicht größer als 1 Bq/g (a_1) ist. Gleichzeitig muß auch die Forderung der Anlage IX Spalte 4 StrlSchV hinsichtlich der Oberflächenkontamination erfüllt sein. Für das Einschmelzen des freigegebenen Nichteisenmetallschrotts wird für die verarbeitende Gießerei keine atomrechtliche Umgangsgenehmigung benötigt.

3.3 Kontrollierte Verwertung

Ist der Wert der spezifischen Gesamtaktivität von 1 Bq/g (a_1) bzw. sind die Werte der Anlage IX Spalte 4 StrlSchV überschritten, so ist eine kontrollierte Verwertung der schwach radioaktiven Reststoffe durch Einschmelzen dieser Stoffe zusammen mit inaktivem Material möglich, wenn ein Produkt entsteht, dessen mittlere spezifische Aktivität auf keinen Fall größer als 1 Bq/g (a_1) ist. Das Einschmelzen der Reststoffe kann nur im Rahmen einer atomrechtlichen Umgangsgenehmigung erfolgen.

Eine bedingungslose Freigabe des Produktmaterials ist möglich, wenn der Wert a_0 unterschritten ist. Im Einzelfall kann die Genehmigungsbehörde einer Verwendung von eingeschmolzenem Material, dessen spezifische Gesamtaktivität größer als a_0, jedoch kleiner als a_1 ist, für solche Zwecke zustimmen, die praktisch nicht zu erhöhter Strahlenexposition führen.

4 Begründung

Instandhaltung, Umrüstung und Stillegung von Kernkraftwerken führen zu einem Anfall großer Mengen von schwach radioaktiven Nichteisenmetallen wie Kupferwindungen aus Elektromotoren, Lüftungsblech aus Aluminium oder Abschirmung aus Blei. So wird in der Publikation [GÖR 90] abgeschätzt, daß in Deutschland wiederverwertbare Mengen von jährlich ca. 30 t Aluminium, bis zu 200 t Kupfer und Kupferlegierungen und ca. 150 t Blei anfallen. Auch ganze Anlagenteile wie Elektromotoren, Lüftungsschächte oder Abschirmungen können nach entsprechender Dekontamination evtl. noch einer Wiederverwertung zugeführt werden. § 9a des Atomgesetzes (AtG) [BG 85] sieht vor, "daß anfallende radioaktive Reststoffe sowie ausgebaute oder abgebaute radioaktive Anlagenteile

1. den in § 1 Nr. 2 bis 4 bezeichneten Zwecken entsprechend schadlos verwertet werden oder

2. soweit dies nach dem Stand von Wissenschaft und Technik nicht möglich, wirtschaftlich nicht vertretbar oder mit den in § 1 Nr. 2 bis 4 bezeichneten Zwecken unvereinbar ist, als radioaktive Abfälle geordnet beseitigt werden".

Diese Vorschrift und die Notwendigkeit des sparsamen Umganges mit Rohstoffen macht es erforderlich, daß Kriterien für die Freigabe von Reststoffen und hier insbesondere von Nichteisenmetallen zur schadlosen Weiter- und Wiederverwendung aufgestellt werden. Hierzu sollen die vorgelegten Strahlenschutzgrundsätze dienen.

Dem allgemeinen Grundsatz des § 28(1) StrlSchV folgend ist in den Strahlenschutzgrundsätzen in Abschnitt 2 die allgemeine Voraussetzung postuliert worden, daß vor jeder Freigabe von schwach radioaktivem Schrott und von kontaminierten oder aktivierten Anlagenteilen aus Nichteisenmetallen zur Wiederverwertung und -verwendung überlegt werden solle, ob eine Wiederverwertung und -verwendung im kerntechnischen Bereich möglich ist, so daß die allgemeine Bevölkerung mit diesem Material kaum noch in Berührung kommt. Diese allgemeinen Voraussetzungen gelten insbesondere für Material mit einer spezifischen Gesamtaktivität größer als 0,1 Bq/g und sollten dadurch erfüllt werden, daß die kerntechnische Industrie durch entsprechende Verhandlungen und Vereinbarungen mit Metallherstellern Möglichkeiten und Wege schafft, schwach kontaminierten Schrott im Rahmen von Genehmigungen gemäß § 3 StrlSchV einzuschmelzen und daraus Produkte herzustellen, die im kerntechnischen Bereich so verwendet werden können, daß dabei auch für beruflich strahlenexponierte Personen keine merklichen zusätzlichen Strahlenexpositionen entstehen. Dieser Weg ist in einigen Fällen bereits beschritten worden und hat sich als gangbar erwiesen.

Die gestaffelten Freigabemöglichkeiten gemäß 3.1 (bedingungslos) und 3.2 (zum allgemeinen Einschmelzen) sind geschaffen worden, um einerseits einen unteren Richtwert für die spezifische Gesamtaktivität von 0,1 Bq/g festzusetzen, unterhalb dessen eine Freigabe ohne jede weitere Auflage möglich ist, sowie andererseits einen um eine Größenordnung höheren Richtwert festzulegen, unterhalb dessen eine bedingte Freigabe möglich ist. Diese "Freigabe zum allgemeinen Einschmelzen" sollte nur erfolgen, wenn der Antragsteller auf Vereinbarungen mit einem Schrotthändler oder einer Gießerei verweisen kann, aus denen hervorgeht, daß das Einschmelzen des schwachaktiven Nichteisenmetallschrotts zusammen mit inaktivem Schrott vorgesehen ist. Eine Überwachung dieser Vorgänge ist dann nicht mehr erforderlich.

Der Richtwert von 1 Bq/g für die spezifische Gesamtaktivität, unterhalb dessen Nichteisenmetallschrott zum allgemeinen Einschmelzen freigegeben werden kann, ist als die Summe der spezifischen Aktivitäten aller im Schrott enthaltenen Radionuklide anzusehen. Es ist davon auszugehen, daß das vorhandene Radionuklidspektrum und die relativen Anteile der einzelnen Radionuklide durch entsprechende Messungen ermittelt worden sind. Bei den Messungen zur Freigabe des Nichteisenmetallschrotts, dessen spezifische Gesamtaktivität unter 1 Bq/g liegt, ist dann die radionuklidspezifische Empfindlichkeit der benutzten Strahlungsdetektoren zu berücksichtigen. Als zweite Voraussetzung für die Freigabe von Nichteisenmetallschrott zum allgemeinen Einschmelzen ist zu kontrollieren, ob die Grenzwerte der Oberflächenkontamination nach Anlage IX Spalte 4 StrlSchV eingehalten sind. Dies bedeutet, daß die Oberflächenkontamination (festhaftende und abwischbare Kontamination) für α-Strahler den Wert von 0,05 Bq/cm^2 und für sonstige Radionuklide den Wert von 0,5 Bq/cm^2, jeweils gemittelt über eine Fläche von 100 cm^2, nicht überschreiten darf. Sind die freizugebenden Schrotteile nur ober-

flächlich kontaminiert, so wird die Einhaltung des Kriteriums für die Oberflächenkontamination bei Materialstärken von mehr als 0,5 mm auch immer die Einhaltung des Richtwertes von 1 Bq/g für die spezifische Gesamtaktivität gewährleisten. Die Freigabekriterien in Form von Richtwerten für die spezifische Gesamtaktivität und die Oberflächenkontamination (1 Bq/g, 0,5 Bq/cm^2 für alle Radionuklide mit Ausnahme der α-Strahler mit einer Freigrenze gem. Strahlenschutzverordnung von $5 \cdot 10^3$ Bq) lassen sich radiologisch folgendermaßen rechtfertigen:

1. In der Studie [GÖR 90] wurden die durch Rezyklierung von Aluminium- und Kupfer-/Kupferlegierungsschrott mit einer Gesamtaktivität von 1 Bq/g verursachten Dosen durch deterministische Rechnungen abgeschätzt. Es hat sich gezeigt, daß die Gammastrahlung bei LWR-typischen Nuklidspektren mit vernachlässigbarer α-Kontamination der dosisbestimmende Pfad ist. Bei der Wahl konservativer Szenarienparameter erhält man für Co-60 Inhalationsdosen von 0,7 µSv/a bei Aluminium und 0,07 µSv/a bei Kupfer. Die höchste Dosis für Nicht-α-Strahler bei den gewählten Parametern wurde für Sr-90 ermittelt und beträgt 4,0 µSv/a bei Aluminium bzw. 0,4 µSv/a bei Kupfer. Die ermittelten Ingestionsdosen waren für alle gewählten Nuklide kleiner als die Inhalationsdosen. Im Gegensatz dazu wurden bei der Gammastrahlung von Co-60 bei konservativer Parameterwahl Dosen größer 100 µSv/a festgestellt. Daraus läßt sich ersehen, daß für Schrott, der mit einem für LWR-typischen Nuklidspektrum mit vernachlässigbarer α-Aktivität kontaminiert ist, die externe Bestrahlung durch Gammastrahlung der dosisbestimmende Pfad ist.

   Deterministische Szenarien, die die während der Rezyklierung von Aluminium- und Kupfer-/Kupferlegierungsschrott entstandene radiologische Belastung abschätzen sollen, wurden in einigen Arbeiten vorgestellt und die aus den Szenarien folgenden Dosen berechnet ([IAE 92] und [CEC 91]). In der folgenden Tabelle ist eine Auswahl von Szenarien und der daraus ermittelten Dosen aufgelistet.

   Tab. 1: Individualdosen als Folge der Rezyklierung von Aluminium- und Kupferschrott mit jeweils 1 Bq/g für die genannten Radionuklide

Szenarien	Individualdosis µSv/a		Kritisches Radionuklid
	Aluminium	Kupfer	
äußere Bestrahlung	2 **	0,6 **	Co-60
durch Schrotthaufen	4,8 *	k.A.	
Staubinhalation in	7,7 *	k.A.	Pu-239/Am-241
der Gießerei	1,5 **	30 **	Pu-239/Am-241
Exposition zu Fertigprodukten			
– Schiff	11 **	k.A.	Co-60
– Auto	30 *	k.A.	Co-60

* [IAE 92] ** [CEC 91] k.A. keine Angaben

   Die deterministischen Szenarien zur Berechnung der Strahlenexposition von Einzelpersonen aus der Bevölkerung stellen zwar repräsentative Wege der Schrottbearbeitung, -verarbeitung, Produktherstellung und -verwendung dar, aber es lassen sich immer noch andere Wege und Szenarien finden, die zwar wenig wahrscheinlich sind, aber zu höheren Strahlenexpositionen führen.

2. In der Realität wird sich die gesamte resultierende Strahlenexposition durch eine Verteilung der Individualdosen über eine größere Anzahl von Personen aus der allgemeinen Bevölkerung darstellen.

   Im Auftrag des BMU sind von der Fa. Brenk Systemplanung zwei Modelle zur statistischen Simulation der Individualdosisverteilung der Bevölkerung infolge Rezyklierens von Aluminium und Kupfer/Kupferlegierungen aus der Kerntechnik entwickelt worden [GÖR 90]. Selbst bei der Freigabe von schwach radioaktivem Material zum allgemeinen Einschmelzen kann der Weg einer Schrottmenge über Aufarbeitung und Metallerzeugung zur Produktherstellung nicht im einzelnen vorhergesagt werden, weil der Zufall das Geschehen in großem Maße lenkt. Die entwickelten probabilistischen Modelle zur Ermittlung der Verteilung von Individualdosen, die auf die Wiederverwertung und -verwendung von schwach radioaktivem Aluminium- und Kupfer-/Kupferlegierungsschrott zurückzuführen ist, beinhalten eine stochastische Simulation des gesamten Prozesses der Schrottfreigabe, der Aktivitätsverteilung im Schrott, des Transports, der Chargierung, des Einschmelzens sowie der Produktherstellung und -nutzung. Dies bedeutet, daß der gesamte Prozeß der Wiederverwertung und -verwendung auf einem Rechner viele Male mit verschiedenen, zufällig ausgewählten Parametern wiederholt wird. Das Ergebnis eines Laufes stellt eine Verteilung von Individualdosen dar, und durch die vielmalige Wiederholung ergibt sich eine statistisch gemittelte Verteilung dieser Individualdosen. Hieraus werden als wichtigste Kenngrößen die mittleren Personenzahlen für den Dosisbereich 3 bis 10 µSv/a und für den Dosisbereich über 10 µSv/a ermittelt. Strahlenexpositionen von weniger als 3 µSv/a werden entsprechend der Empfehlung der SSK [BA 85] als nicht relevant angesehen. Ferner lassen sich die Perzentilen (prozentuale Anzahl) für die Computerläufe errechnen, bei denen die jeweils ermittelten höchsten Individualdosen bestimmte Dosiswerte überschreiten. So hat sich ergeben, daß bei einmaliger Freigabe von 100 t Aluminiumschrott bzw. 200 t Kupfer-/Kupferlegierungsschrott mit einer Kontamination von nicht mehr als 0,37 Bq/cm^2 und einer massenspezifischen Gesamtaktivität von nicht mehr als 1 Bq/g im ersten Jahr danach 116 bzw. 40 Personen eine Dosis erhalten, die zwischen 3 und 10 µSv/a liegt, während bei 9 Personen bzw. 1 Person eine Dosis von 10 µSv/a überschritten wird. Die höchste Einzeldosis, die bei 200 Computerläufen ermittelt wurde, liegt bei dem Aluminiummodell bei 80 µSv/a und bei dem Kupfer/ Kupferlegierungsmodell bei 60 µSv/a, während nur in 50% aller Fälle die höchste Dosis den Wert von 8 bzw. 6 µSv/a überschreitet.

   Diese Modellergebnisse wurden vor der Novellierung der Strahlenschutzverordnung im Bericht [GÖR 90] ermittelt. In der novellierten Strahlenschutzverordnung sind neue Oberflächengrenzwerte, 0,5 Bq/cm^2 für β/γ-Strahler mit der Freigrenze $5 \cdot 10^3$ Bq und 0,05 Bq/cm^2 für α-Strahler festgelegt. Die Auswirkung auf die Modellergebnisse ist in erster Ordnung linear, dies ermöglicht eine Extrapolation von 0,37 Bq/cm^2 auf 0,5 Bq/cm^2. In der folgenden Tabelle sind die extrapolierten Ergebnisse für Aluminium und Kupfer-/Kupferlegierungsschrott aufgeführt.

Tab. 2: Extrapolierte Ergebnisse für Aluminium und Kupfer-/Kupferlegierungsschrott

Simulation für	Zahl der Exponierten		Höchstdosis
	3 - 10 µSv/a	> 10 µSv/a	µSv/a
Aluminium	190	20	108
Kupfer/Kupferlegierung	90	3	81

Bei der Festlegung der Richtwerte für die Freigabe von kontaminiertem Schrott hinsichtlich der Oberflächenkontamination und der spezifischen Gesamtaktivität von 0,5 Bq/cm^2 für β-γ-Strahler und von 1 Bq/g wird sich eine mittlere spezifische Gesamtaktivität des freigegebenen Materials ergeben, die erheblich unter 1 Bq/g liegt. Ein Grund hierfür wurde bereits erwähnt, nämlich die Tatsache, daß bei reiner Oberflächenkontamination bei Blechdicken von mehr als 0,5 mm immer der Wert für die Oberflächenkontamination maßgebend ist und wegen der statistischen Verteilung der Oberflächenkontamination der Richtwert von 0,5 Bq/cm^2 nur in Einzelfällen erreicht und meistens unterschritten sein wird. Dieser Umstand ist bei der probabilistischen Modellrechnung berücksichtigt worden.

Der Richtwert von 0,1 Bq/g für die spezifische Gesamtaktivität, unterhalb dessen eine bedingungslose Freigabe von Nichteisenmetallschrott (3.1) möglich ist, ist durch Reduktion des Richtwertes von 1 Bq/g auf 1/10 abgeleitet worden, weil in diesem Fall nicht mit einer Verdünnung gerechnet werden kann.

Bei kontaminierten Materialien, die bedingungslos, also mit einer spezifischen Gesamtaktivität von nicht mehr als 0,1 Bq/g, freigegeben werden sollen, wird der Grenzwert für die Oberflächenkontamination erst ab Dicken von 5 mm an aufwärts wirksam. Eine Freimessung bei Materialien unter 5 mm Wanddicke ist für 0,1 Bq/g mit vernünftigem Aufwand nicht mehr möglich.

5. Literatur

[BA 85] Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der Kollektivdosis
Bundesanzeiger Nr. 126a vom 12.7.1985 und Empfehlungen der Strahlenschutzkommission zu speziellen Fragen des Strahlenschutzes in den Jahren 1974-1984, Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 1, Gustav Fischer Verlag, 1985

[BG 85] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren
(Atomgesetz) in der Neufassung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I, S. 1565), zuletzt geändert am 21.2.1986 (BGBl. I, S. 265)

[CEC 91] Garbay, H.; Chapuis, A.M.
Radiological Impact of Very Slightly Radioactive Copper and Aluminium Recovered from Dismantled Nuclear Facilities - Final Report
Commission of the European Communities - Nuclear Science and Technology (Hrsg.) 1991

[GÖR 90] Görtz, R.; Graf, R.; Knaup, A.G.
Untersuchung zur schadlosen Verwertung von Nichteisenmetallen.
Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz. Ergebnisberichte. Untersuchungen, Studien, Gutachten. Hrsg. vom Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 1990.

[IAE 92] International Atomic Energy Agency (Hrsg.)
Exemption Principles Applied to the Recycling and Reuse of Materials from Nuclear Facilities.
Draft Radwass Report. Safety Series - Safety Practices. 1992

[SSV 90] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. Juni 1989 (BGBl. I, S. 1321); zuletzt geändert durch Art. 1 der Strahlenschutzregisterverordnung vom 3. April 1990 (BGBl. I, S. 607)