



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

**Strahlenschutzgrundsätze zur schadlosen
Wiederverwertung und -verwendung von
schwachradioaktivem Stahl und Eisen aus
Kernkraftwerken**

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 78. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 1. Oktober 1987

Veröffentlicht in: – Bundesanzeiger Nr. 5 vom 9. Januar 1988

– Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 10

Inhaltsverzeichnis

1	Geltungsbereich.....	3
2	Allgemeine Voraussetzungen	3
3	Schadlose Wiederverwendung und -verwertung von schwachradioaktiven Reststoffen im nicht- kerntechnischen Bereich	4
3.1	Bedingungslose Freigabe.....	4
3.2	Freigabe des Schrotts 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 Stahl oder Eisen, wie sie beim Ausbau aus Kernkraftwerken anfallen.

2 Allgemeine Voraussetzungen

Grundsätzlich sollte vor einer Freigabe schwachkontaminierter oder -aktivierter ausgebaute Anlagenteile aus Stahl oder Eisen zur Wiederverwendung und -verwertung überlegt werden, ob nicht eine Wiederverwendung oder Wiederverwertung des Materials im kerntechnischen Bereich möglich ist und so die allgemeine Bevölkerung mit diesen Stoffen kaum noch in Berührung kommt. Dies könnte z. B. dadurch geschehen, daß der schwachaktive Schrott im Rahmen einer Umgangsgenehmigung nach § 3 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [BG 76] eingeschmolzen und aus dem so entstehenden Rohstoff Gußteile wie Behälter, Abschirmungen oder andere Teile hergestellt werden, die als schwachradioaktive Teile in kerntechnischen Anlagen oder zur Endlagerung radioaktiver Abfälle wiederverwendet werden können. Erst wenn sich nach Überlegungen des Produzenten des schwachaktiven Schrotts herausgestellt hat, daß dies im Einzelfall unter zumutbaren Bedingungen nicht möglich ist, kann 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 Stahl und Eisen aus Kernkraftwerken liegt dann vor, wenn keine merkliche Strahlenexposition der allgemeinen Bevölkerung stattfindet.

Zur Erreichung der für eine Freigabe radioaktiver Anlagenteile erforderlichen geringen spezifischen Gesamtaktivitäten 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 schwachradioaktiven Reststoffen von Einfluß sein können, sind für Freigaben zur Wiederverwendung oder -verwertung Genehmigungen der zuständigen Behörden erforderlich.

3 Schadlose Wiederverwendung und -verwertung von schwachradioaktiven Reststoffen 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 Schrotts 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 Schrotts 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 schwachradioaktiven 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 (Verarbeitung des Materials zu Baustahl, Schienen, Grundmaterial von Walzen usw.).

4 Begründung

Instandhaltung, Umrüstung und Stilllegung von Kernkraftwerken führen zu einem Anfall großer Mengen von schwachradioaktivem Stahl- und Eisenschrott. So wird von einer Arbeitsgruppe der Europäischen Gemeinschaften abgeschätzt, daß bei der Stilllegung einer 1000- MW-Kernkraftwerksanlage (Druck- oder Siedewasserreaktor) ca. 10.000 t Schrott anfallen, von dem sich ungefähr die Hälfte für eine Rückführung in den Rohstoffkreislauf eignen könnte. Auch ganze Anlagenteile wie Pumpen und Elektromotoren 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 Stahl- und Eisenschrott sowie ausgebauten Anlagenteilen 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 gemacht worden, daß vor jeder Freigabe von schwachradioaktivem Schrott und von kontaminierten oder aktivierten Anlagenteilen aus Stahl oder Eisen 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 Stahlherstellern Möglichkeiten und Wege schafft, schwach kontaminierten Schrott im Rahmen von Genehmigungen gem. § 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 zu schaffen, 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 Schrotts 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 Schrott 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 Schrotts, 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 Schrott 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 abwisch-

bare Kontamination) für α -Strahler den Wert von $0,037 \text{ Bq/cm}^2$ und für sonstige Radionuklide den Wert von $0,37 \text{ Bq/cm}^2$, jeweils gemittelt über eine Fläche von 100 cm^2 , nicht überschreiten darf. Sind die freizugebenden Schrotteile nur oberflächlich kontaminiert, so wird die Einhaltung des Kriteriums für die Oberflächenkontamination bei Materialstärken von mehr als $0,5 \text{ mm}$ 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 , $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ für alle Radionuklide mit Ausnahme der α -Strahler mit einer Freigrenze gem. StrlSchV von $3,7 \cdot 10^3 \text{ Bq}$) lassen sich radiologisch folgendermaßen rechtfertigen:

1. In der Studie der Arbeitsgruppe der Europäischen Gemeinschaften, die die Aufstellung von Strahlenschutzkriterien für das Rezyklieren von Stahl und Komponenten aus der Stilllegung von kerntechnischen Einrichtungen zum Ziel hatte, wurde unter Betrachtung verschiedener Szenarien ermittelt, mit welcher Strahlenexposition von Einzelpersonen der allgemeinen Bevölkerung gerechnet werden muß, wenn die o. g. Freigabekriterien von 1 Bq/g für die spezifische Gesamtaktivität und $0,37 \text{ Bq/cm}^2$ für die Oberflächenkontamination angewendet werden. Dabei wurden für die in folgender Tabelle zusammengestellten Szenarien die maximalen Dosen errechnet. Unter der Kurzbezeichnung "Dosis" ist im folgenden stets die effektive Äquivalentdosis (effektive Dosis) einer Einzelperson zu verstehen.

Bei der Berechnung der Strahlenexposition von Einzelpersonen aus der Bevölkerung durch Produkte, die aus der Rückführung von Schrott aus Kernkraftwerken in den allgemeinen Kreislauf des Eisens als Rohstoff entstanden sind, wurde immer angenommen, daß in der Gießerei eine Verdünnung von 1:10 mit inaktivem Schrott auftritt.

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß bei keinem der gewählten repräsentativen Szenarien eine höhere Jahresdosis als $10 \mu\text{Sv}$ auftritt und daß in den meisten Fällen der kritische Expositionspfad die äußere Bestrahlung durch das Radionuklid Co 60 ist; von diesem Nuklid wurde angenommen, daß es mit einer spezifischen Aktivität von 1 Bq/g im anfallenden Schrott vorhanden ist. In Wirklichkeit ist aber damit zu rechnen, daß Co 60 nur zu 75% zur Gesamtaktivität beiträgt. Eine Dosis von $10 \mu\text{Sv/a}$ kann im Hinblick auf das nach ICRP¹ damit verbundene Risiko von 10^{-7} a^{-1} als vernachlässigbar klein und damit im Sinne von § 9a (1) Nr. 1 AtG als "schadlos" angesehen werden.

Die von der EG-Arbeitsgruppe betrachteten 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 ausdenken, die zwar wenig wahrscheinlich sind, aber zu höheren Strahlenexpositionen führen.

¹ ICRP: International Commission on Radiological Protection (Internationale Strahlenschutzkommission)

Tabelle 1: Maximale Individualdosen als Folge der Rezyklierung von 10.000 t Stahl mit jeweils 1 Bq/g für die genannten Radionuklide

Szenarien	Max. Individualdosis Sv/a	kritisches Radionuklid
Exposition von Arbeitern		
- äußere Bestrahlung durch Schrotthaufen	$8 \cdot 10^{-6}$	Co 60
Staubinhalation in der		
- Gießerei	$4 \cdot 10^{-6}$	Pu 239 Am 241
- Verarbeitungsstätte	$4 \cdot 10^{-9}$	
- Zementfabrik	$4 \cdot 10^{-7}$	
Exposition von Einzelpersonen aus der allgemeinen Bevölkerung		
- Stahlarmierungen in Gebäuden	$4 \cdot 10^{-6}$	Co 60
- Zuschlag von Schlacke zu Beton von Häusern	$5 \cdot 10^{-6}$	Co 60
- Möbel	$4 \cdot 10^{-6}$	Co 60
- Auto	$8 \cdot 10^{-6}$	Co 60

2. In Wirklichkeit 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 ist von der Fa. Brenk Systemplanung ein Modell zur statistischen Simulation der Individualdosisverteilung der Bevölkerung infolge Rezyklirens von Eisenmetallen aus der Kerntechnik entwickelt worden. Selbst bei der Freigabe von schwachradioaktivem Material zum allgemeinen Einschmelzen kann der Weg einer Schrottmenge über Aufarbeitung und Stahlerzeugung zur Produktherstellung nicht im einzelnen vorhergesagt werden, weil der Zufall das Geschehen in großem Maße lenkt. Das entwickelte probabilistische Modell zur Ermittlung der Verteilung von Individualdosen, die auf die Wiederverwertung und -verwendung von schwachradioaktivem Eisenschrott zurückzuführen ist, beinhaltet eine stochastische Simulation des gesamten Prozesses der Schrottfreigabe, der Aktivitätsverteilung im Schrott, des Transports, der Chargierung, des Einschmelzens, 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 Indivi-

dualdosen. Die wichtigsten so ermittelten Kenngrößen sind die mittleren Anzahlen von Personen, die Strahlendosen zwischen 3 und 10 $\mu\text{Sv/a}$ und die mehr als 10 $\mu\text{Sv/a}$ erhalten. Strahlenexpositionen von weniger als 3 $\mu\text{Sv/a}$ 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 1000 t Schrott 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 210 Personen eine Dosis erhalten, die zwischen 3 und 10 $\mu\text{Sv/a}$ liegt, während bei 10 Personen eine Dosis von 10 $\mu\text{Sv/a}$ überschritten wird. Die höchste Einzeldosis, die bei 200 Computerläufen ermittelt wurde, liegt bei 120 $\mu\text{Sv/a}$, nur in 50% aller Fälle überschreitet die höchste Dosis den Wert von 14 $\mu\text{Sv/a}$.

Bei Festlegung der Richtwerte für die Freigabe von kontaminiertem Schrott hinsichtlich der Oberflächenkontamination und der spezifischen Gesamtaktivität von 0,37 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 0,37 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 Eisenschrott (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

- [BG 76] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 13. Oktober 1976 (BGBl. I, S. 2905; BGBl. I, 1977, S. 184), zuletzt geändert durch Verordnung vom 22. Mai 1981 (BGBl. I, S. 445).
- [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)
- [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, Stuttgart/New York, 1985