



Freigabe radioaktiver Stoffe und Herausgabe nicht radioaktiver Stoffe aus dem Abbau von Kernkraftwerken

INFORMATIONSPAPIER – Langfassung mit ausführlichen Erläuterungen

Inhaltsverzeichnis

1	Beratungsauftrag	2
2	Grundlagen.....	2
3	Historie.....	5
4	Wozu braucht man die Freigabe in der Stilllegung?	7
5	Wie läuft die Freigabe in der Praxis ab und wer kontrolliert sie?	10
6	Welche Freigabepfade gibt es?	13
6.1	Allgemeines	13
6.2	Uneingeschränkte Freigabe.....	14
6.3	Spezifische Freigabe	14
6.3.1	Freigabe zur Beseitigung	14
6.3.2	Freigabe von Metallschrott zum Recycling	15
6.3.3	Freigabe von Gebäuden bzw. Gebäudestrukturen.....	16
6.3.4	Freigabe von Bodenflächen.....	17
6.4	Einzelfallnachweis	18
7	Was ist die Herausgabe von Stoffen?.....	18
8	Fazit.....	20

1 Beratungsauftrag

Im Hinblick auf die beim Abbau von Kernkraftwerken anfallenden Stoffströme hatte die ESK in ihrer 61. Sitzung am 18./19.05.2017 angeregt, u. a. als Informationsquelle für die Öffentlichkeit ein Dokument zu erarbeiten, in dem die Sachverhalte zur Freigabe, zur Herausgabe und zum Umgang mit den freigegebenen Stoffen aus dem Abbau von Kernkraftwerken zusammengestellt und erläutert werden. Der Ausschuss STILLEGUNG (ST) hatte daraufhin in seiner 49. Sitzung am 21./22.06.2017 die Ad-hoc-Arbeitsgruppe FREIGABE eingerichtet, die ein entsprechendes Informationspapier entworfen und es mit dem Ausschuss ST in seiner 56. Sitzung am 20./21.06.2018 abgestimmt hat. Die ESK hatte in ihrer 67. Sitzung am 05.07.2018 abschließend über den Entwurf beraten.

In ihrer 94. Sitzung am 09.12.2021 hat die ESK angeregt, die Darstellungen im Informationspapier von 2018 u. a. hinsichtlich der uneingeschränkten und der spezifischen Freigabe zu aktualisieren und an den neuen Sprachgebrauch in der Strahlenschutzverordnung anzupassen. Nach Beratung hat die Ad-hoc-Arbeitsgruppe FREIGABE den überarbeiteten Textentwurf dem Ausschuss ST in seiner 83. Sitzung am 01.04.2022 und in seiner 84. Sitzung am 25.08.2022 vorgelegt. Die ESK hat das überarbeitete Informationspapier in ihrer 100. Sitzung am 01.09.2022 verabschiedet.

Dieses Informationspapier (Langfassung) ist als Ergänzung zum Informationspapier (Kurzfassung) anzusehen und enthält ausführlichere Informationen.

2 Grundlagen

Der Betrieb und der Abbau eines Kernkraftwerks unterliegen den Regelungen des Atom- und Strahlenschutzgesetzes. Den Regelungen des Strahlenschutzrechts unterliegt der Umgang mit sonstigen radioaktiven Stoffen, wenn festgelegte Aktivitätswerte, sog. **Freigrenzen**, überschritten sind. Nach Aufgabe eines unter die Regelungen von Atom- und oder Strahlenschutzgesetz fallenden Betriebs einer Anlage oder Einrichtung stellt sich die Frage, unter welcher Voraussetzung eine sog. Entlassung von Stoffen, beweglichen Gegenständen, Anlagenteilen, Gebäuden, Geländen etc., die aktiviert oder mit radioaktiven Stoffen kontaminiert sind oder sein können, aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung möglich ist. Die Entlassung wird als **Freigabe** bezeichnet. Dazu wird ein Verfahren benötigt, das die Bedingungen einer solchen Freigabe festlegt. Das aus der Freigabe resultierende Material bedarf nach der Entlassung aus radiologischer Sicht keiner weiteren Überwachung. Das Konzept der Freigabe basiert auf dem etablierten Rechtsprinzip, dass Bagatellen nicht in einer Norm geregelt werden (“de minimis non curat lex“ – das Gesetz kümmert sich nicht um Geringfügigkeiten).

Für ionisierende Strahlung ist nach heutigem Wissensstand keine Wirkungsschwelle im Hinblick auf gesundheitliche Risiken bekannt. Da die Existenz einer solchen Schwelle bislang weder bewiesen noch widerlegt worden ist, wird für Strahlenschutz Zwecke davon ausgegangen, dass jede noch so geringe Dosis mit einer – mit der Dosis abnehmenden – Wahrscheinlichkeit einen Gesundheitsschaden auslösen kann. Dabei ist jedoch zu beachten, dass jeder Mensch einer natürlichen Strahlung ausgesetzt ist, die in einem weiten Bereich, z. B. abhängig vom Wohnort, variiert. Nachfolgend wird abkürzend für die effektive Dosis der Begriff Dosis verwendet.

Die mittlere natürliche Exposition in Deutschland beträgt ca. 2.100 μSv pro Jahr. Da die natürliche Dosis vom Wohnort sowie von Ernährungs- und Lebensgewohnheiten abhängt, ist sie individuell sehr verschieden und beträgt in Deutschland etwa 1.000 bis 10.000 μSv im Jahr. Eine Dosis von 10 μSv im Jahr (sog. De-minimis-Dosis), bis zu der eine Freigabe erlaubt ist, ist sowohl gegenüber der mittleren natürlichen Dosis als auch gegenüber deren Bandbreite extrem niedrig.

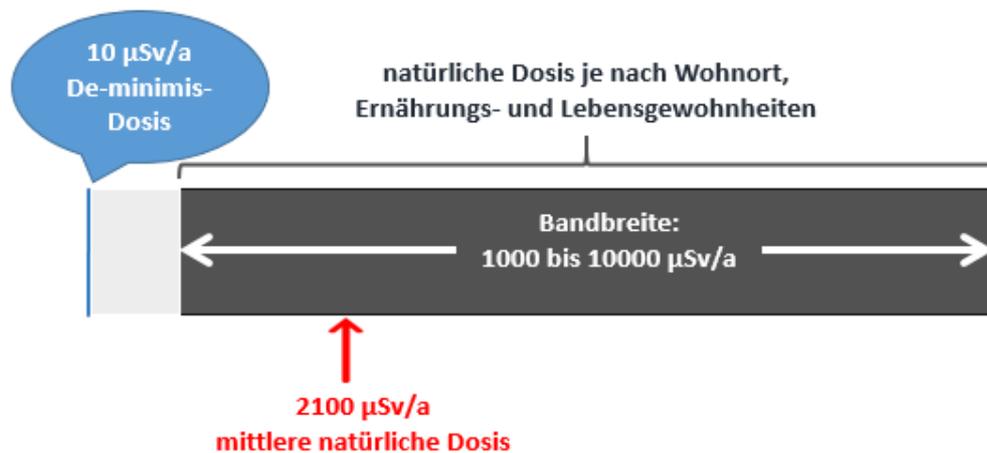


Abbildung 1: Schwankungsbreite der jährlichen natürlichen Dosis in Deutschland
(Daten aus: Bundesamt für Strahlenschutz,
https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/naturliche-strahlung/naturliche-strahlung_node.html)

Die Bandbreite der Exposition veranschaulicht Abbildung 2 durch einen Vergleich der mittleren jährlichen Dosis durch das natürlich vorkommende radioaktive Edelgas Radon und seiner Folgeprodukte in Wohnungen: Ein Wohnortwechsel aus der Region Hannover in die Landkreise Passau oder Fulda kann zu einer zusätzlichen Strahlendosis von etwa 900 μSv im Jahr führen.



Abbildung 2: Abschätzung des durchschnittlichen Beitrags zur mittleren jährlichen natürlichen Dosis durch Radon in Wohnungen (auf Basis der Werte der Radon-Konzentrationen aus Menzler S., Schaffrath R. A., Wichmann H. E., Kreienbrock L.: Abschätzung des attributablen Lungenkrebsrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen. Landsberg/Lech: Ecomed Verlag 2006)

Dem sog. „De-minimis-Konzept“ der Freigabe (alternativ: „10-µSv-Konzept“, siehe unten) liegt eine Definition dafür zugrunde, welches Gesundheitsrisiko und welcher daraus abgeleitete Grad einer Kontamination nach der Freigabe als Geringfügigkeit angesehen werden können. Dieser Zusammenhang wurde von der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) 1988 in den Safety Series No. 89 in seiner noch heute international praktizierten Form formuliert. Das akzeptable Gesundheitsrisiko wurde aus einer Überlegung hergeleitet, gegen welche Risiken Personen sich durch eigene Vorsorgemaßnahmen schützen würden. Die damaligen Überlegungen führten zum Vorschlag einer Begrenzung auf eine jährliche Dosis von 10 bis 100 µSv (**10-µSv-Konzept**).

Eine Dosis von 10 µSv im Jahr ist nach aktuellem Kenntnisstand mit einem theoretischen zusätzlichen jährlichen Risiko in der Größenordnung von 1:1 Million verbunden, das damit äußerst gering ist. Das dem Risiko zugrunde gelegte Schadensmaß umfasst zusätzliche Todesfälle durch Krebs, gewichtete schwerwiegende Krebserkrankungen und vererbare Schäden sowie den Verlust an Lebenszeit. Darüber hinaus wies die IAEO in ihrer Begründung darauf hin, dass eine solche potenzielle Dosis gering gegen die reale Dosis aus natürlichen Quellen ist.

Die Überwachung, ob eine Dosis von 10 µSv im Jahr eingehalten wird, kann nicht durch direkte Messungen der Dosis erfolgen. Dazu ist diese zum einen viel zu gering und nicht unterscheidbar von Dosen aus anderen Strahlenquellen und zum anderen sollen auch die erst in fernerer Zukunft möglicherweise auftretenden Dosen auf 10 µSv im Jahr begrenzt werden. Es wurden daher Berechnungsmodelle entwickelt, anhand derer die Freigabewerte so abgeleitet wurden, dass bei deren Unterschreitung eine Dosis von 10 µSv im Jahr stets unterschritten wird.

Die bei der Herleitung der Freigabewerte berücksichtigten Szenarien betrachten sowohl Personen, die beruflich mit freigegebenem Material umgehen, als auch Personen der allgemeinen Bevölkerung. Für alle Personen gilt die gleiche Dosisbegrenzung, also die Begrenzung auf 10 μSv im Jahr. Die Personen der Bevölkerung umfassen auch Kleinkinder und deren mögliche Dosis über die Aufnahme von Muttermilch. Als Dosisgröße liegt die effektive Dosis zugrunde. Diese berücksichtigt die Wirkungen verschiedener Strahlungsarten (α -, β - und γ -Strahlung etc.) und die Empfindlichkeit verschiedener Körperorgane.

Nach dem heutigen Stand des Wissens über die Wirkungen ionisierender Strahlung ist die der Freigabe zugrunde liegende Dosisbegrenzung auf 10 μSv im Jahr nach Ansicht der Entsorgungskommission (ESK) somit vollkommen angemessen, da mögliche zusätzliche Gesundheitsrisiken gegenüber den allgegenwärtigen Risiken durch natürliche Strahlenquellen und deren Schwankungsbreite vernachlässigbar sind.

3 Historie

Die 1. Strahlenschutzverordnung vom 24.06.1960 regelte bereits den genehmigungsfreien Umgang. Es wurde den Genehmigungsbehörden erlaubt zuzulassen, bestimmte Abfälle nicht als radioaktive Abfälle zu entsorgen. Dabei wurde zwischen Radionukliden mit einer Halbwertszeit von bis zu 100 Tagen und Radionukliden mit einer Halbwertszeit von mehr als 100 Tagen unterschieden. Auf dieser Basis und unter der Maßgabe, das Volumen der radioaktiven Abfälle möglichst klein zu halten, wurden beispielsweise 1975 Regelungen zur Freigabe in die Genehmigung zur Stilllegung und Herbeiführung des Sicheren Einschlusses des Kernkraftwerks Niederaichbach (KKN) aufgenommen.

1976 wurden in das 1960 geschaffene Atomgesetz Forderungen hinsichtlich einer schadlosen Verwertung bzw. einer geordneten Beseitigung radioaktiver Abfälle in einem Endlager aufgenommen. Es wurde jedoch festgelegt, dass diese Forderungen nicht für Abfälle gelten, deren Aktivität so gering ist, dass keine besondere Beseitigung zum Schutz von Leben, Gesundheit und Sachgütern vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen notwendig ist.

Mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung zum 01.04.1977 erfolgte erstmals eine nuklidspezifische Begrenzung der Aktivität für den genehmigungsfreien Umgang. In der Folge kam eine Diskussion in Fachkreisen auf, inwieweit diese Regelung auch bei Abfällen aus der Kerntechnik angewandt werden durfte. Das damals zuständige Bundesinnenministerium teilte daraufhin 1979 in einem Rundschreiben mit, dass bei einer Anwendung der Regelung bei Abfällen aus der Kerntechnik Art, Menge und Häufigkeit der Abfälle zu berücksichtigen sind. Diese Regelung wurde, verbunden mit einer zusätzlichen Begrenzung der Oberflächenkontamination von Abfällen, beispielsweise 1980 bis 1982 bei der Stilllegung des Nuklearfrachters „Otto Hahn“ und dessen Umbau in ein konventionelles Frachtschiff sowie 1985 bei der Genehmigung zur Stilllegung und für den Sicheren Einschluss des Kernkraftwerks Lingen (KWL) angewendet.

Die damaligen „Freigabewerte“ bezogen sich auf die nuklidspezifischen Werte der sog. Freigrenzen. Diese Freigrenzen waren für den beruflichen Umgang mit Radionukliden hergeleitet worden. Damit der möglichen Inhalation am Arbeitsplatz beim Umgang mit den Radionukliden Rechnung getragen werden konnte, wurden

verschiedene Werte der Freigrenzen, abhängig von der Halbwertszeit der Radionuklide und deren Dosiskoeffizient bei Inhalation, festgelegt.

Komplexe Herleitungen von Freigabewerten, bei denen Expositionsszenarien zugrunde gelegt wurden wie sie für die Freigabe typisch sind, erfolgten ab den 1980er Jahren, vor allem aber in den 1990er Jahren. Zunächst stand die Freigabe von Metallen im Vordergrund (Empfehlungen der SSK von 1987 und 1992), dann die Freigabe von Gebäuden (SSK-Empfehlung von 1995) und die Freigabe zur Beseitigung (Studie von Poschner & Schaller 1995). Hinzu kamen ab 1998 Publikationen der EU zur Freigabe von Metallschrott, Gebäuden und Bodenaushub. In einer sog. Gesamtempfehlung hat die SSK 1998 Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe, für die Beseitigung, für das Recycling von Metallschrott sowie für Gebäude empfohlen.

Die einschlägigen Empfehlungen der SSK wurden in der Genehmigung zur Stilllegung der Gesamtanlage des Kernkraftwerks Greifswald, dem heute noch größten Stilllegungsprojekt in Deutschland (aus dem Jahr 1995), umgesetzt.

Die Praxis der Freigaberegulungen war bei verschiedenen zuständigen Behörden aber auch Ende der 1990er Jahre noch sehr unterschiedlich. Insofern war es ein wichtiger Schritt, als mit der neuen Strahlenschutzverordnung im Jahr 2001 erstmals detaillierte Regelungen und Freigabewerte in diese Verordnung aufgenommen wurden, aus denen sich auch, bei Vorlage der notwendigen Nachweise über die Freigabefähigkeit des Materials, ein Rechtsanspruch auf Freigabe ableitete.

Mit dem ersten Beschluss zum Ausstieg aus der Kernenergie von 2000 war für die Zukunft ein großes Massenaufkommen an freigegebenem Abfall bei gleichzeitigem Abbau mehrerer Kernkraftwerke zu erwarten. Vor diesem Hintergrund wurden durch die SSK die Freigabewerte zur Beseitigung überprüft. Dabei wurden auch die zwischenzeitlichen Änderungen im Abfallrecht, insbesondere Änderungen der Deponieverordnung, berücksichtigt. Im Jahr 2007 hat die SSK dann neue Werte für die Freigabe zur Beseitigung empfohlen, die in die Strahlenschutzverordnung übernommen wurden. Diese umfassten auch eine Begrenzung der jährlich über eine Deponie oder Müllverbrennungsanlage entsorgbaren Masse freigegebener Abfälle.

Mit der EU-Richtlinie 2013/59/Euratom vom 05.12.2013 wurden von der EU Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe von Stoffen verbindlich vorgegeben. Die Freigabewerte der EU-Richtlinie unterschieden sich zum Teil von den bisherigen deutschen Werten für die uneingeschränkte Freigabe von festen Stoffen und Flüssigkeiten. Dies ist den teils unterschiedlichen Annahmen, Parametern und Rundungen bei der Herleitung geschuldet, den beiden Wertesätzen liegt aber das gleiche Dosiskriterium ($10 \mu\text{Sv}$ im Jahr) zugrunde. Die Werte der EU-Richtlinie für die uneingeschränkte Freigabe wurden 2018 in die neue Strahlenschutzverordnung übernommen. Die früheren weiteren Freigabewerte, z. B. für die Beseitigung, Metallschrott und Gebäude, sind ebenfalls in dieser Verordnung festgelegt, werden aber nun – entsprechend der Vorgabe der EU-Richtlinie – als „spezifische“ Freigabewerte bezeichnet. Die Konsistenz der Werte für die spezifische Freigabe mit den neuen Werten für die uneingeschränkte Freigabe, die gemäß der EU-Richtlinie nun gleichzeitig die Werte der Freigrenzen sind, war zuvor in Forschungsvorhaben überprüft worden. Die Regelungen der Freigabe wurden und werden regelmäßig im Hinblick auf den Stand von Wissenschaft und Technik geprüft und fortentwickelt. Die Anwendbarkeit des der Freigabe zugrunde liegenden De-minimis-Prinzips wurde bei all diesen Überprüfungen bestätigt.

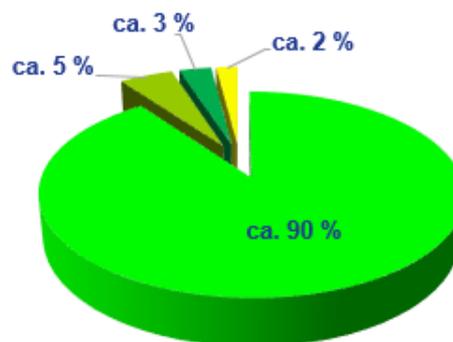
4 Wozu braucht man die Freigabe in der Stilllegung?

Warum verbringt man nicht die gesamte Masse eines Kernkraftwerks, oder zumindest alle Teile des Kontrollbereichs (inklusive der Gebäudemassen), in ein Endlager?

In Deutschland sind **alle** radioaktiven Abfälle in tiefen geologischen Formationen endzulagern, um sie dauerhaft vom Lebensraum des Menschen fernzuhalten. Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle an der Erdoberfläche, wie sie in anderen Ländern z. B. in Frankreich errichtet wurden, sind in Deutschland nicht vorgesehen.

Der überwiegende Teil der beim Abbau eines Kernkraftwerks anfallenden Materialien (z. B. ein Großteil der massiven Betonstrukturen) sind weder kontaminiert noch aktiviert. Ein weiterer Anteil der Materialien wie z. B. Rohrleitungen aus dem Kontrollbereich ist nur oberflächlich kontaminiert und kann mit einfachen Mitteln dekontaminiert werden. Für diese Materialien besteht daher keine Notwendigkeit, sie wie radioaktiven Abfall zu behandeln.

ca. 200.000 Mg / KW



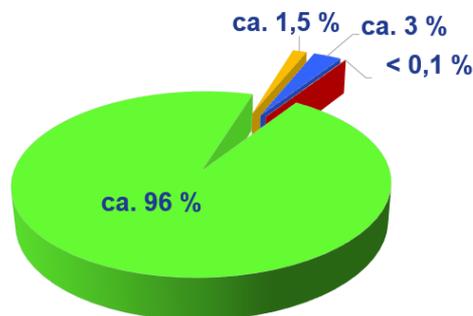
- ca. 180.000 Mg spezifische Freigabe von Gebäuden (ca. 90 %)
- ca. 10.000 Mg uneingeschränkte Freigabe (ca. 5 %)
- ca. 6.000 Mg spezifische Freigabe auf Deponien und Verbrennungsanlagen (ca. 3 %)
- ca. 4.000 Mg radioaktive Abfälle (ca. 2 %)

Abbildung 3: Ungefähre Gesamtmasse aus dem Kontrollbereich eines deutschen Kernkraftwerks (aus der ESK-Präsentation „Vergleich der Massenströme bei der Stilllegung von Kernkraftwerken in Deutschland und Frankreich“ vom 15.06.2022)

Eine Verbringung nicht kontaminierter Massen, es handelt sich in Deutschland im Wesentlichen um mehrere Millionen Tonnen Bauschutt, in ein Endlager würde die zusätzliche Errichtung solcher Anlagen erfordern, was in Anbetracht des vernachlässigbaren Gefährdungspotenzials aus Sicht der ESK sowohl volkswirtschaftlich als auch insbesondere ökologisch eindeutig abzulehnen ist.

Übrigens werden die beim Abbau der Anlagen anfallenden großen Massen, z. B. die massiven Betonstrukturen, auch in Ländern mit Oberflächenendlagern für schwach und mittel radioaktive Abfälle (wie Frankreich) **nicht** in ein Endlager verbracht, sondern der sogenannten „inaktiven Zone“ des Kernkraftwerks zugeordnet und konventionell entsorgt.

ca. 403.000 Mg Gesamtmasse



- ca. 385.000 Mg konventionelle Abfälle (ca. 96 %)
- ca. 6.000 Mg kurzlebige schwach und mittel radioaktive Abfälle, CSA (ca. 1,5 %)
- ca. 12.000 Mg sehr schwach radioaktive Abfälle, CIRES (ca. 3 %)
- ca. 200 Mg mittel radioaktive Abfälle, CIGEO (kleiner als 0,1 %)

Abbildung 4: Prognostizierte Verteilung der Stoffströme bei Stilllegungsvorhaben für das Kernkraftwerk Fessenheim in Frankreich (aus der ESK-Präsentation „Vergleich der Massenströme bei der Stilllegung von Kernkraftwerken in Deutschland und Frankreich“ vom 15.06.2022)

In deutschen Kernkraftwerken sind alle Komponenten und Baustrukturen, die als radioaktiver Abfall zu entsorgen sind, einer Endlagerung unter Tage zuzuführen. Hiermit sollte nicht unnötig lange gewartet werden, da mit der Endlagerung und bereits mit einer endlagergerechten Konditionierung dieser Abfälle das Sicherheitsniveau erhöht wird (z. B. werden durch die Konditionierung Faul- und Gärprozesse unterbunden und es wird verhindert, dass das beschäftigte Personal mit offenen radioaktiven Stoffen in Berührung kommt).

Betrachtet man nun den Umgang mit ausgebauten Komponenten, Bauschutt und Betriebsabfällen näher, so ist festzustellen, dass Stoffe, die aktiviert sind oder die ein relevantes Kontaminationsniveau aufweisen, in einem aufwendigen Verfahren durch die sog. **radiologische Charakterisierung** identifiziert, von den voraussichtlich freigabefähigen Stoffen separiert und dem Pfad der radioaktiven Abfälle zugeordnet werden. Stoffe mit erhöhter Radioaktivität (beispielsweise oberhalb von wenigen Bq/g Co-60 oder Cs-137) werden endlagergerecht konditioniert und nach einer Zwischenlagerung der Endlagerung im Endlager Konrad zugeführt.

Sind Stoffe frei von nennenswerter Aktivierung und nur oberflächlich kontaminiert und ist mit vertretbarem Aufwand ein Abtrennen der Kontamination vom Basismaterial technisch möglich, so wird versucht, dieses kontaminationsfreie Basismaterial einer Freigabe zuzuführen. Möglich ist dies z. B. durch mechanische Verfahren (Abwischen, Mediumstrahlen (umgangssprachlich „Sandstrahlen“) usw.), durch chemische Dekontaminationsverfahren oder durch Einschmelzen von Metallen in Betrieben mit einer strahlenschutzrechtlichen Umgangsgenehmigung. Bei dem letztgenannten Verfahren findet eine nuklidspezifische Partitionierung statt, d. h. die Radionuklide gehen aufgrund verschiedener physikalischer und chemischer Vorgänge in die unterschiedlichen Fraktionen (Schmelze/Produktmetall, Schlacke, Stäube bzw. Abluft) über, beispielsweise Cs-137 und Alphastrahler in die Schlacke oder die Filterstäube. Somit wird das Metall im Schmelzprozess dekontaminiert und kann – abhängig von der verbleibenden Kontamination – freigegeben

oder z. B. zu Behältern für radioaktive Abfälle verarbeitet werden. Die entstehenden Prozessabfälle (Schlacken, Filterstäube, Filter) werden in der Regel als radioaktiver Abfall entsorgt.

Dieser Prozess der **Separation** wird aus mehreren Gründen begangen. Zum einen werden die radioaktiven Stoffe vom nicht kontaminierten Basismaterial abgetrennt und dadurch die Zahl der Gebinde mit radioaktiven Abfällen minimiert. Zum anderen werden durch eine Separation freigabefähiger von nicht freigabefähigen Stoffen Wertstoffe wieder dem Stoffkreislauf zugeführt. Dies trägt zu einer nachhaltigen Ressourcennutzung bei.

Es ist dagegen verboten, kontaminierte Abfälle, die die Freigabewerte überschreiten, mit gering kontaminierten oder kontaminationsfreien Stoffen zu vermischen oder zu verdünnen, um zielgerichtet eine Freigabe zu erwirken (**Vermischungsverbot** des § 34 Strahlenschutzverordnung).

Nach der Entsorgung des gesamten Inventars eines Kernkraftwerks verbleiben die **dekontaminierten Gebäude**. In der Öffentlichkeit werden vermehrt alternative Möglichkeiten, wie z. B. das Stehenlassen von Gebäuden, also der Verzicht auf einen Abriss der Kontrollbereichsgebäude von Kernkraftwerken, diskutiert. In Deutschland wird jedoch das Stehenlassen der Gebäudestrukturen nicht als Entsorgungspfad angesehen. Entweder haben die Gebäude noch einen Nutzwert zur Weiterverwendung, dann können sie bei Unterschreitung hierfür festgelegter Freigabewerte konventionell weitergenutzt werden, oder sie werden nach der Freimessung abgerissen und der dabei anfallende Bauschutt wird konventionell verwertet. Ein Stehenlassen der Gebäudestrukturen würde aus Sicht der ESK keine Sicherheitsvorteile bringen. Im Gegenteil, es steigt der Aufwand zur Instandhaltung von Gebäuden mit zunehmendem Gebäudealter erheblich an. Es müsste ein sehr hoher Aufwand getrieben werden, um dann nutzlose Gebäude über lange Zeiträume in bautechnisch sicherem Zustand zu erhalten. Andernfalls stiegen die Risiken bei Begehungen und dem (viel späteren) Abriss stark an, da die Standsicherheit bestimmter Betonstrukturen mit zunehmendem Gebäudealter stark abnimmt. Außerdem könnte ein Zutritt von Grundwasser nicht über viele Jahrzehnte des einfachen Stehenlassens ausgeschlossen werden. Darüber hinaus können bei einem stillgelegten Kernkraftwerk konventionelle Schadstoffe, wie z. B. Öle und PCB vorliegen, die einer geordneten konventionellen Beseitigung zugeführt werden müssen und nicht einfach an Ort und Stelle verbleiben können. Es ergeben sich keine relevanten Vorteile aus dem Stehenlassen von Gebäuden.

Auch ein weiterer, in der Öffentlichkeit diskutierter Vorschlag, die Deponierung oder die langfristige Lagerung freigegebener Stoffe am Standort, bietet aus Sicht der ESK keine sicherheitstechnischen Vorteile.

Die Schaffung zusätzlicher Altlasten kann nicht im Sinne einer modernen Industriegesellschaft sein. Außerdem sollten Lasten aus der Nutzung der Kernenergie, die heutzutage ohne Gefährdung von Betriebspersonal oder der Bevölkerung beseitigt werden können, nicht auf zukünftige Generationen verlagert werden.

Ist das Gebäude nach Abschluss aller Abbauarbeiten so weit dekontaminiert, dass die heranzuziehenden Freigabewerte für Gebäude unterschritten sind, so ist eine Weiterverwendung des beim Abriss entstehenden Bauschutts aus radiologischer Sicht unbedenklich.

Aus diesen Gründen hat man sich in Deutschland bewusst dazu entschieden, die Freigabe als wesentliche Maßnahme beim Abbau von Kernkraftwerken zur Anwendung zu bringen.

5 Wie läuft die Freigabe in der Praxis ab und wer kontrolliert sie?

Die Freigabe ist ein Verwaltungsakt zur Entlassung aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung von potenziell radioaktiven Stoffen.

Entsprechend den Strahlenschutzgrundnormen der EU hat eine Freigabe schadlos zu erfolgen. Dies ist in den EU-Grundnormen in Form des De-minimis-Konzepts konkretisiert. Das De-minimis-Konzept besagt, dass die radiologischen Risiken von den nach §§ 31-42 StrlSchV freigegebenen Stoffen für eine Person so gering sind, dass kein weiterer Regelungsbedarf mehr für das freigegebene Material besteht (s. Kapitel 2).

Nachfolgend wird ein genereller Ablauf der Freigabe dargestellt.

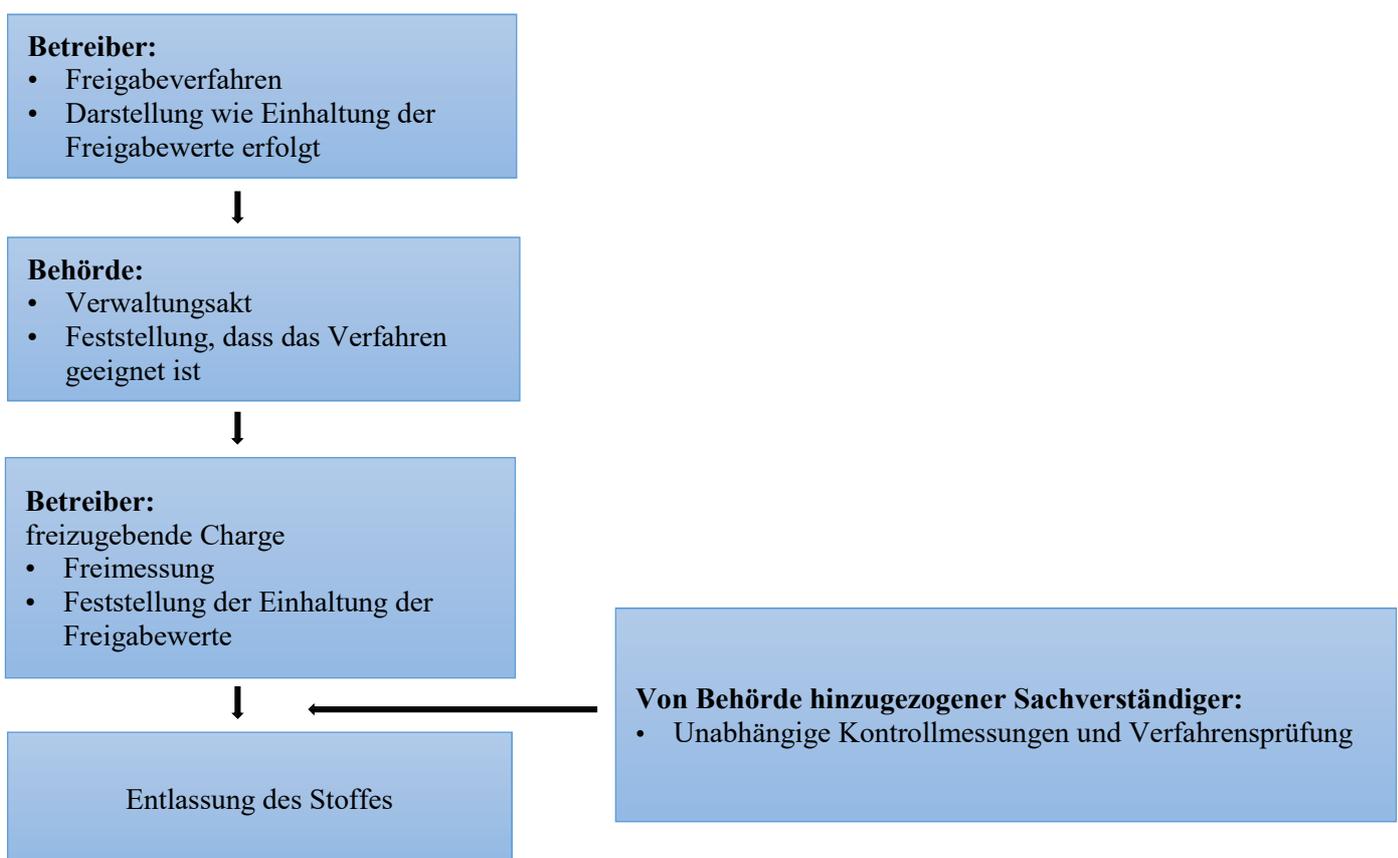


Abbildung 5: Vereinfachte Darstellung des Ablaufs der Freigabe

Grundsätzlich werden alle Materialien aus dem Kontrollbereich im Rahmen der Entscheidungsmessungen messtechnisch erfasst. Die Voraussetzungen für die Entlassung (Freigabe nach §§ 31-42 StrlSchV) dürfen nicht zielgerichtet durch Vermischen oder Verdünnen herbeigeführt, veranlasst oder ermöglicht werden.

Die einzelnen Freigabeverfahren z. B. für Systeme und Komponenten, Bauschutt, Gebäude oder das Anlagengelände unterscheiden sich stark. Die konkreten Aktivitätsmessverfahren werden in der DIN 25457 beschrieben.

Nachfolgend soll der grundlegende Ablauf der Freigabe zum besseren Verständnis technisch näher beschrieben werden. Er erfolgt in fünf Schritten, siehe Abbildung 6.

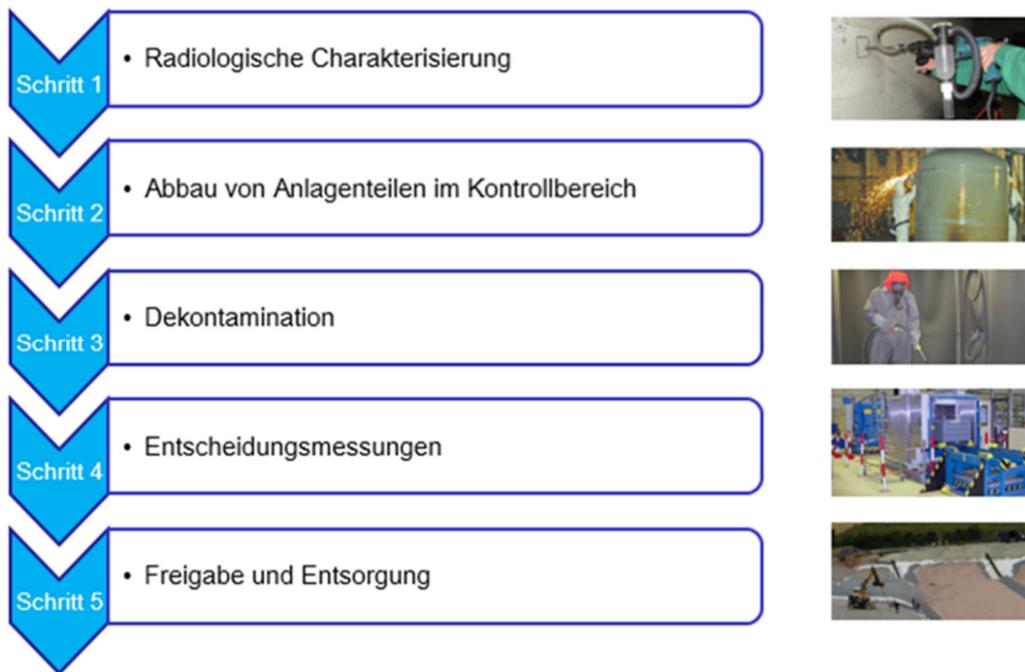


Abbildung 6: Grundlegender Ablauf der Freigabe

Durch Voruntersuchungen in Form von Probenahmen erfolgt die radiologische Charakterisierung (Schritt 1). Hierfür werden ausgehend von der Betriebshistorie an repräsentativen Stellen für die Anlage bzw. den Anlagenabschnitt oder das System Proben genommen, anhand derer das Radionuklidgemisch, der sogenannte Nuklidvektor, sowie die räumliche Verteilung der Aktivität ermittelt werden. Hierbei ist es in der Regel erforderlich, sog. „Vollanalysen“¹ durchzuführen, um für alle relevanten Radionuklide (inkl. α -, β - und γ -Strahlern) die Anteile am Nuklidvektor bestimmen zu können. Dies erfolgt, indem alle in Vollanalysen ermittelten Nuklide mit den im Freigabeprozess direkt messbaren Nukliden korreliert werden. Danach erfolgen eine erste Einteilung des Materials zu den Entsorgungspfaden (uneingeschränkte Freigabe, verschiedene Formen der spezifischen Freigabe oder Entsorgung als radioaktiver Abfall) sowie die Einteilung in möglichst homogene Chargen bzgl. Materialart, Entsorgungspfad und Herkunft. Im Zuge des Abbaus (Schritt 2) werden begleitend orientierende Strahlenschutzmessungen durchgeführt und Festlegungen getroffen, ob z. B. Material direkt in die Freigabe gehen kann. Eventuell muss vorher eine Behandlung des Materials in Form einer Nachzerlegung sowie Dekontamination (Schritt 3) durchgeführt werden. Durch

¹ Vollständige Analyse der vorhandenen Radionuklide

Strahlenschutzmessungen nach der Dekontamination wird der Dekontaminationserfolg überprüft (Sicherstellung von ausreichend niedriger Restkontamination, Ausschluss lokaler Aktivitätsansammlungen) und das endgültige Freigabeziel (uneingeschränkte Freigabe bzw. spezifische Freigabe) festgelegt.

In Schritt 4 erfolgen die Entscheidungsmessungen durch den Betreiber, auf deren Basis die Freigabefähigkeit des Materials festgestellt wird. Hierfür müssen im Vorfeld die Parameter für das ausgewählte Entscheidungsmessverfahren festgelegt und vom behördlich hinzugezogenen Sachverständigen geprüft werden. Dies beinhaltet die Prüfung, ob durch den angewendeten Nuklidvektor alle Nuklide abdeckend berücksichtigt werden. Die Entscheidungsmessung darf nur gemäß den Festlegungen des behördlich zugestimmten Betriebsreglements und des behördlichen Freigabebescheids mit geeigneten Messverfahren erfolgen.

Alle Entscheidungsmessungen müssen ausführlich dokumentiert werden. Die Dokumentation umfasst alle Daten und Informationen zum Nachweis der Freigabefähigkeit.

Der hinzugezogene Sachverständige führt an freizugebenden Materialien Kontrollmessungen mit eigener Messtechnik durch. Auch die Freigabedokumentation unterliegt der Kontrolle durch den Sachverständigen. Alle Kontrollen des Sachverständigen werden ebenfalls schriftlich dokumentiert.

In Schritt 5 wird – nach erfolgter Freigabe durch die zuständige Behörde – das Material entsprechend den gewählten Freigabepfaden entsorgt, d. h. verwertet oder beseitigt.

Der gesamte Freigabeprozess erfolgt unter der Kontrolle der zuständigen Behörde bzw. dem von ihr beauftragten unabhängigen Sachverständigen. Für die Entlassung von Materialien aus dem atomrechtlichen Regelungsbereich müssen von der zuständigen Behörde geprüfte und zugestimmte Verfahrensabläufe vorliegen. Die Verfahrensabläufe regeln alle Schritte vom Abbau von Materialien bis zum Abtransport eines freigegebenen Materials vom Gelände des Genehmigungsinhabers ins allgemeine Staatsgebiet und sind in betrieblichen Anweisungen festgeschrieben, die einer behördlichen Kontrolle unterliegen. Ergänzend hierzu werden in einigen Bundesländern sog. Freigabeablaufpläne verwendet, die alle durchgeführten Prüfungen des Betreibers und die Kontrollen der hinzugezogenen Sachverständigen beinhalten und vom Durchführenden unterschrieben werden. Durch diese Freigabeablaufpläne wird zum einen die vollständige Abarbeitung aller Arbeits- und Prüfschritte sichergestellt und zum anderen wird die Erstellung der Freigabedokumentation vereinfacht. Die Kontrollen beginnen schon bei der radiologischen Charakterisierung zur Festlegung eines vorläufigen Entsorgungsziels sowie der Zuordnung eines Nuklidvektors und finden ebenso beim Abbau, Zerlegen und Dekontaminieren von Materialien im Kontrollbereich statt. Bei der Inbetriebsetzung und dem Betrieb der technischen Einrichtungen – insbesondere der Strahlenschutzmesstechnik wie z. B. der entsprechenden Messtechnik für die Entscheidungsmessungen – ist der Sachverständige ebenfalls involviert. Der Sachverständige nimmt regelmäßig an Wiederkehrenden Prüfungen der eingesetzten Messtechnik teil. Der Kontrollumfang wird für alle Schritte durch die zuständige Behörde festgelegt. Dieses grundsätzliche Vorgehen trifft auf alle Bundesländer zu, es kann sich jedoch in einzelnen Schritten unterscheiden.

Sollten sich im Laufe des Verfahrens Gründe ergeben, die eine Änderung des Freigabeablaufs zur Folge haben, dann müssen alle Änderungen der grundlegenden im Freigabebescheid schriftlich festgelegten betrieblichen Regelungen im Rahmen des aufsichtlichen Verfahrens mit Zustimmung der Behörde durchgeführt werden, bevor weitere Materialien freigegeben werden können.

Die in der Praxis der Freigabe mit qualifizierter Messtechnik ermittelten spezifischen Aktivitäten schöpfen erfahrungsgemäß im Mittel die Freigabewerte nicht voll aus, was zu einer geringeren effektiven Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung unterhalb von 10 μSv im Kalenderjahr führt. Hinzu kommt, dass im Rahmen der Qualifizierung der eingesetzten Messtechnik mit dem Sachverständigen in der Regel konservative Annahmen bzgl. der Kalibrierung der Messgeräte und der zugrunde gelegten Nuklidvektoren getroffen werden.

Gemäß der Strahlenschutzverordnung gibt es umfangreiche Anforderungen an die Dokumentation des gesamten Freigabeprozesses. Diese **Dokumentation muss mindestens 30 Jahre aufbewahrt werden** und ermöglicht dadurch eine lückenlose Nachvollziehbarkeit über diesen Zeitraum.

6 Welche Freigabepfade gibt es?

6.1 Allgemeines

Ausgehend von dem in Kapitel 5 beschriebenen Freigabeprozess, können die Materialien abhängig von ihrer Beschaffenheit, Herkunft und ihrem früheren Verwendungszweck der uneingeschränkten Freigabe oder der spezifischen Freigabe (z. B. Beseitigung auf Deponien, Recycling von Metallschrott oder Freigabe von Gebäuden und Bodenflächen) zugeführt werden. Die Freigabe von Materialien kann erfolgen, wenn das durch die zuständige Behörde festgelegte Freigabeverfahren eingehalten wurde und die Ergebnisse der Aktivitätsmessungen nachweislich die Freigabewerte der Strahlenschutzverordnung unterschreiten. Freigegebenes Material unterliegt dem konventionellen Abfallrecht. In diesem Kapitel werden die verschiedenen Freigabepfade näher beschrieben.

Auf der in den Kapiteln 4 und 5 beschriebenen radiologischen Charakterisierung basieren die Entscheidungen, welche Messverfahren anzuwenden sind. Die bei der Messung einzustellenden Parameter, die sogenannte Kalibrierung der Messgeräte, erfolgt auf Basis der in der Voruntersuchung ermittelten Daten. Durch die Kalibrierung wird festgelegt, wie die Anzeige des Messgerätes in die tatsächlich vorliegenden Aktivitäten umzurechnen ist. Hierbei werden dann auch diejenigen Nuklide mitberücksichtigt, die Bestandteil des Nuklidvektors sind, jedoch aufgrund ihrer Zerfallseigenschaften nicht unmittelbar zum Messeffekt beitragen.

In Abhängigkeit von den freizumessenden Messgütern wird ein geeignetes Messverfahren bestimmt. Dies kann auch die Durchführung ergänzender Messungen zur Sicherstellung der Homogenität der Aktivitätsverteilung in den Messgütern umfassen. Gebinde der Größe von bis zu 1 m^3 werden bevorzugt in Freimessanlagen gemessen. Dabei wird die Gesamtaktivität der Gebinde bestimmt und nochmals die Homogenität der Aktivitätsverteilung des Gebindes sichergestellt. Einzelaktivitäten enthaltener Radionuklide werden bei diesem Verfahren über Korrelationsfaktoren oder über eine ergänzende Probenauswertung im Labor bestimmt („Kontrollproben“).

Direkte und indirekte Kontaminationsmessungen von Oberflächen werden häufig für Voruntersuchungen oder in Kombination mit anderen Messverfahren eingesetzt, da das Ansprechvermögen bei eingedrungener Kontamination stark abnimmt.

6.2 Uneingeschränkte Freigabe

Alle Materialien, die den Freigabeprozess der uneingeschränkten Freigabe durchlaufen, können ohne weitere Einschränkungen in allen Bereichen des täglichen Lebens gehandhabt werden. Die uneingeschränkte Freigabe kann auf feste Stoffe sowie Öle, ölhaltige Flüssigkeiten und organische Lösungs- und Kühlmittel angewandt werden. Bei all diesen Stoffen ist die Einhaltung der massenspezifischen Freigabewerte nachzuweisen. Die Mittelungsmasse für die Ermittlung der massenspezifischen Aktivität, also der Aktivität in Bezug auf das Gewicht, darf 300 kg nicht wesentlich überschreiten.

Wenn die Materialien eine feste Oberfläche haben, an der eine Kontaminationsmessung möglich ist, ist die Einhaltung der Oberflächenkontaminationswerte ebenfalls anhand von Messungen zu erbringen. Hierbei darf die Mittelungsfläche bis zu 1.000 cm² betragen.

6.3 Spezifische Freigabe

Für andere, in Abschnitt 6.2 nicht genannte Stoffe kommt nur eine spezifische Freigabe gemäß § 32 Abs. 3 sowie § 36 StrlSchV infrage, bei der stoffartspezifische Besonderheiten berücksichtigt sind. Hierauf wird im Folgenden für die wesentlichen Stoffströme beispielhaft näher eingegangen.

6.3.1 Freigabe zur Beseitigung

Kommt die Option Freigabe zur Beseitigung zum Tragen, müssen die freigegebenen Materialien in einer entsprechend geeigneten Deponie abgelagert oder in einer Verbrennungsanlage beseitigt werden. Gemäß Strahlenschutzverordnung ist hierfür ein Einvernehmen zwischen den abfallrechtlich und atomrechtlich zuständigen Behörden erforderlich. Der für die Freigabe atomrechtlich zuständigen Behörde ist deshalb noch vor Erteilung der Freigabe mitzuteilen, wohin die Materialien zur Beseitigung verbracht werden sollen und es muss eine sog. Annahmeerklärung des Betreibers der Verwertungs- und Beseitigungsanlage vorliegen. Eine Verwertung oder Wiederverwendung außerhalb der Deponie oder der Verbrennungsanlage sowie der Wiedereintritt der Materialien in den Wirtschaftskreislauf muss ausgeschlossen sein.

Bei der Freigabe zur Beseitigung werden bestimmte Expositionspfade (insbesondere durch die Wieder- und Weiterverwendung von kontaminierten Gegenständen) ausgeschlossen. Daher kommen hier Freigabewerte zur Anwendung, die in der Regel oberhalb der Werte für die uneingeschränkte Freigabe liegen.

Auch bei der Freigabe zur Beseitigung ist – wie bei der uneingeschränkten Freigabe – die Einhaltung von massenspezifischen Freigabewerten unter der Einhaltung der Mittelungsmasse von ca. 300 kg nachzuweisen. Sollte nicht ausgeschlossen werden können, dass Personen kontaminiert werden, so ist auch hier die Einhaltung der Oberflächenkontaminationswerte durch Messungen nachzuweisen.

Zur Beseitigung auf Deponien freigegebene Stoffe können, sofern eine Deponie die Annahmefähigkeit erklärt und einen sog. Entsorgungsnachweis ausgestellt hat, in den Deponiekörper abgelagert werden. Ebenso wie bei der Beseitigung in Verbrennungsanlagen stellen die freigegebenen Stoffe nur einen geringen Teil der insgesamt dort beseitigten Abfälle dar.

Den spezifischen Freigabewerten für die Deponierung und Verbrennung liegen Berechnungen zugrunde, die auf Annahmen zu typischen technischen Ausstattungen (z. B. der Deponieklasse und der Wasserwirtschaft der Deponie), zu typischen Abläufen bei Empfang und ggf. zur Ablagerung der Abfälle (Deponie) durch das Personal sowie zu repräsentativen Massendurchsätzen der Entsorgungsanlage beruhen. Sollten Anhaltspunkte dafür vorliegen, dass diese Parameter für die konkrete Entsorgungsanlage nicht eingehalten werden, so ist im Einzelfall zu belegen, dass kein Verstoß gegen das 10- μ Sv-Konzept vorliegt (vgl. Kapitel 6.4). Dies kann durch einen sog. Einzelfallnachweis erfolgen, bei dem unter Verwendung der konkreten Eigenschaften der Deponie oder der Verbrennungsanlage berechnet wird, ob bei Verwendung der gemäß Strahlenschutzverordnung heranzuziehenden Freigabewerte das 10- μ Sv-Konzept eingehalten wird. Gegebenenfalls kann es erforderlich sein, zusätzliche Restriktionen festzulegen wie z. B. die Reduzierung der Mengen an freigegebenen Stoffen, die dort entsorgt werden dürfen.

Die für den Strahlenschutz zuständige Behörde am Standort der Entsorgungsanlage muss die Möglichkeit haben zu überblicken, welche Mengen an freigegebenen Stoffen dort angeliefert werden. Hierfür legt die Strahlenschutzverordnung fest, dass bei Anlieferungen aus anderen Bundesländern, die eine Masse von 10 Mg überschreiten, ein Informationsaustausch hierüber zwischen den beteiligten Behörden erfolgt.

Im Gegensatz zur uneingeschränkten Freigabe erfolgen hier also noch Kontrollschritte der zuständigen Behörden nach Erteilung der Freigabe. Der Gesamtprozess ist erst abgeschlossen, wenn die freigegebenen Stoffe nachweislich in der Deponie abgelagert bzw. in der Verbrennungsanlage verbrannt wurden.

6.3.2 Freigabe von Metallschrott zum Recycling

Beim Austausch von Komponenten, bei Nachrüstungen und in großer Menge beim Abbau von Kernkraftwerken fällt Metallschrott an. Es wurden frühzeitig Verfahren entwickelt, solchen Schrott soweit wie möglich zu dekontaminieren und ihn in den Wertstoffkreislauf zurückzuführen.

An die Freigabe von Metallschrott zum Recycling stellt die Strahlenschutzverordnung bestimmte Anforderungen: Wie bei der Freigabe zur Beseitigung dürfen bei der für die Freigabe von Metallschrott zum Recycling zuständigen Behörde keine Bedenken gegen die abfallrechtliche Zulässigkeit des vorgesehenen Verwertungswegs und seiner Einhaltung bestehen. Der zuständigen Behörde sind daher eine Erklärung des Antragstellers über den Verbleib des künftigen Metallschrotts sowie eine Annahmeerklärung des Betreibers des Schmelzbetriebs vorzulegen. Die Freigabe setzt voraus, dass der Metallschrott eingeschmolzen wird. Dazu

sind nach Strahlenschutzverordnung nur solche Schmelzbetriebe geeignet und zulässig, bei denen ein Mischungsverhältnis von 1:10 von freigegebenem Metallschrott zu anderen Metallen gewährleistet werden kann oder die einen Durchsatz von mindestens 40.000 Tonnen im Kalenderjahr aufweisen.

Im Schrotthandel und in Schmelzbetrieben werden zum Eigenschutz Überwachungen durchgeführt, um zu vermeiden, dass Schrott mit erheblichem Aktivitätsgehalt oder unsachgemäß entsorgte radioaktive Strahlenquellen am Schrottplatz angenommen oder in einem Schmelzbetrieb eingeschmolzen werden. Diese Überwachung führt gelegentlich zu Funden von radioaktiven Stoffen, die nicht aus der Freigabe stammen. In der Regel handelte es sich hier um mit dem Schrott entsorgte radioaktive Strahlenquellen, wie sie in Medizin, Technik und Forschung verbreitet sind. Häufig sind die radioaktiven Stoffe nicht in Deutschland in den Schrott gelangt. In einem ordnungsgemäßen Freigabeverfahren kann solcher Schrott nicht freigegeben werden, so dass diese Ereignisse die Regelungen zur Freigabe nicht infrage stellen.

Ist die Kontamination zu hoch, um eine Freigabe nach §§ 31-42 StrlSchV zu ermöglichen, ist ggf. das Einschmelzen in einem Betrieb, der eine Genehmigung zum Einschmelzen von radioaktiven Stoffen besitzt, möglich. Dabei ist, abhängig von den enthaltenen Radionukliden, auch eine Dekontamination des Metalls möglich, nämlich wenn die Radionuklide beim Einschmelzen in die Schlacke oder Filterstäube übergehen. Schlacke oder Filterstäube müssen dann bei Kontamination oberhalb von Freigabewerten als radioaktiver Abfall entsorgt werden. Ist das Produkt, der Gießling, nicht freigebbar, weil Radionuklide, z. B. Kobalt-60, in zu großer Konzentration im Gießling verblieben sind, so kann dieses Metall noch in der Kerntechnik wiederverwertet werden. Eine mögliche Verwertung ist dann insbesondere die Herstellung von Behältern für die Endlagerung. Diese Möglichkeit stellt keine Freigabe dar, wird an dieser Stelle jedoch der Vollständigkeit halber angesprochen.

6.3.3 Freigabe von Gebäuden bzw. Gebäudestrukturen

Der Begriff Gebäude umfasst einzelne Gebäude, Räume, Raumteile sowie Bauteile. Hier soll die Freimessung grundsätzlich an der stehenden Struktur erfolgen, da sich die Aktivität normalerweise im Wesentlichen an der Oberfläche befindet und die Wahrscheinlichkeit, die Aktivität dort zu detektieren und zu separieren, größer ist als im Bauschutt. Außerdem werden so unzulässige Vermischungen mit unbelastetem Material verhindert. Bei den Messungen der Oberfläche darf die zugrunde zu legende Mittelungsfläche bis zu 1 m² betragen. Bei der Freigabe von Gebäuden zum Abriss kann die zuständige Behörde in begründeten Fällen auch größere Mittelungsflächen zulassen. Im Rahmen einer Voruntersuchung wird geprüft, ob (und wenn ja, wie tief) Kontamination in die Baustruktur eingedrungen ist oder eine Aktivierung vorliegt. Dies hat, ebenso wie weitere Parameter (z. B. die Nuklidzusammensetzung der Kontamination) Einfluss auf die Anwendbarkeit und die Kalibrierung der verschiedenen eingesetzten Messgeräte.

Bei der Freigabe von Gebäuden gibt es zwei unterschiedliche Szenarien: Bei der **Freigabe von Gebäuden zum Abriss** muss das Gebäude nach erfolgter Freigabe konventionell abgerissen werden. Der dabei anfallende Bauschutt bedarf keiner gesonderten Freigabe mehr. Der entstehende Bauschutt kann konventionell entsorgt bzw. verwertet werden. Bei der **Freigabe zur Wieder- und Weiterverwendung von Gebäuden** kann das Gebäude nach der Freigabe einer beliebigen Folgenutzung zugeführt werden. Die

einzuhaltenden Freigabewerte sind bei der Freigabe zur Wieder- und Weiterverwendung eines Gebäudes aufgrund der vielfältigen möglichen Nutzungsarten restriktiver als bei der Freigabe zum Abriss.

Unabhängig davon, welcher Freigabeweg für ein Gebäude angestrebt wird, ist das Vorgehen im Freigabeprozess gleich. Als erster Schritt bei der Freigabe von Gebäuden wird die radiologische Voruntersuchung zur Ermittlung des Nuklidvektors, des Tiefenprofils bzw. der Eindringtiefe, der Homogenität und des notwendigen Dekontaminationsumfangs durchgeführt. Sie kann aus einer Kombination von Dosisleistungsmessungen, Messungen mit Kontaminationsmonitoren, gammaspektrometrischen Messungen von Proben aus unterschiedlichen Tiefen der Gebäudestrukturen (z. B. Bohrkerne oder Stockerproben) sowie in-situ-gammaspektrometrischen Messungen bestehen. Aufgrund der Ergebnisse der Voruntersuchung wird der Dekontaminationsumfang, also wieviel Material von Wand, Boden oder Decke abgetragen werden muss, festgelegt. Die Dekontamination von Gebäudeflächen erfolgt durch Oberflächenabtrag. Hier kommen meist handelsübliche Verfahren wie z. B. das Abschleifen, Abnadeln, Abfräsen oder Herausstemmen zum Einsatz. Nach der Dekontamination wird der Dekontaminationserfolg überprüft, d. h. ob die angestrebten Freigabewerte für Gebäude zum Abriss oder für die Wieder- und Weiterverwendung sicher eingehalten werden. Dies kann mit den o. g. Methoden erfolgen. Nach erfolgreicher Dekontamination werden die Entscheidungsmessungen zur Feststellung der Einhaltung der Freigabewerte durchgeführt. Meist kommen bei den Entscheidungsmessungen die Oberflächendirektmessung mittels Kontaminationsmonitoren und in-situ-gammaspektrometrische Messungen zum Einsatz.

6.3.4 Freigabe von Bodenflächen

Bei der Stilllegung eines Kernkraftwerks unterliegen nicht nur die eigentlichen Gebäude dem Regelungsbereich des Atomgesetzes, auch das Anlagengelände muss vor einer konventionellen Weiternutzung aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung entlassen werden. Dies erfolgt durch eine Freigabe der Bodenflächen am Standort, da hier Kontaminationen aus dem Anlagenbetrieb vorliegen können. Durch Ausheben des betroffenen Erdreichs oder Abtragen der versiegelten, oberflächlich kontaminierten Straßen, Stellflächen oder Wege kann derartige Kontamination von Bodenflächen entfernt werden. Hierfür enthält die Strahlenschutzverordnung einschlägige massenspezifische Freigabewerte (Mittelungsmasse bis zu einer Tonne), die bei Ansatz einer mittleren Eindringtiefe in oberflächenspezifische Freigabewerte umgerechnet werden können.

Entscheidungsmessungen bei der Freigabe von Bodenflächen erfolgen meist mittels In-situ-Gammaspektrometrie. Zulässige Mittelungsflächen können hierbei bis zu 100 m² betragen.

Bei der Freigabe von Bodenflächen ist zu beachten, dass auch unterhalb der Erdoberfläche Strukturen oder Komponenten (z. B. Rohrleitungen) vorliegen. Für diese gelten, soweit sie kontaminiert sein sollten, die gleichen Anforderungen an die Freimessung wie für Komponenten aus Kontrollbereichsgebäuden. Es sind bei einer Freimessung des Anlagengeländes nur die Kontaminationen zu berücksichtigen, die durch die Anlagen oder Einrichtungen auf dem Betriebsgelände verursacht worden sind. Dies bedeutet, dass Kontaminationen, die durch den Kernwaffen- oder den Tschernobyl-Fallout verursacht wurden, bei der Freigabe unberücksichtigt bleiben können. In kontaminationsfreien Bereichen des Anlagengeländes, in denen betriebshistorisch

nicht mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen worden ist, kann unter bestimmten Randbedingungen auf eine Freigabe verzichtet werden (siehe auch Kapitel 7 „Was ist die Herausgabe von Stoffen?“).

Für die Freigabe von Bodenflächen sind die hierfür einschlägigen Freigabewerte heranzuziehen. Bei der Freigabe von Bodenaushub sind die Werte für eine uneingeschränkte Freigabe im Falle einer großflächigen Wiederverwendung des Bodenaushubs als Mutterboden/Oberboden nicht abdeckend, da dann Szenarien des Pflanzenanbaus oder der Trinkwassergewinnung zu berücksichtigen sind.

6.4 Einzelfallnachweis

Für freizugebende Stoffe, die durch die Standardannahmen der Strahlenschutzverordnung nicht miterfasst werden, kann der Nachweis der Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts im Einzelfall geführt werden. Dies betrifft zum Beispiel, wie bereits in Abschnitt 6.3.1 angesprochen, Entsorgungsanlagen, die nicht den standardmäßigen Grundanforderungen der Strahlenschutzverordnung (z. B. Mindestgrößen) entsprechen. Außerdem werden viele Flüssigkeiten, wie z. B. wässrige Lösungen, nicht von den in der Strahlenschutzverordnung angegebenen Freigabewerten abgedeckt. Sollen wässrige Lösungen freigegeben werden, so ist es erforderlich, unter Berücksichtigung der möglichen Expositionspfade den Nachweis der Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts im Einzelfall zu führen.

7 Was ist die Herausgabe von Stoffen?

Gemäß §§ 31-42 StrlSchV und gemäß dem Leitfaden zur Stilllegung, zum sicheren Einschluss und zum Abbau von Anlagen oder Anlagenteilen nach § 7 des Atomgesetzes (Stilllegungsleitfaden) müssen alle Stoffe vom Gelände eines Kernkraftwerks, die der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung unterliegen und für die eine Kontamination oder Aktivierung nicht ausgeschlossen werden kann, im Rahmen eines Freigabeverfahrens freigemessen und freigegeben werden, bevor sie konventionell weiterverwendet oder beseitigt werden dürfen. Für Stoffe und Gegenstände, bei denen aufgrund der Betriebshistorie und aufgrund der Nutzung eine Kontamination oder Aktivierung ausgeschlossen ist und die der atom- und strahlenschutztechnischen Überwachung unterliegen, kann ein Herausgabeverfahren angewendet werden. In der Praxis wird dies so ausgelegt, dass bereits ein begründeter Kontaminationsverdacht, z. B. aus der Betriebshistorie, dazu führt, dass diese Stoffe und Gegenstände ins Freigabeverfahren gelangen müssen, unabhängig davon, ob überhaupt Radioaktivität an ihnen feststellbar ist. Auch eine Bodenfläche kann herausgegeben werden, wenn ausgeschlossen ist, dass sie kontaminiert ist.

Zusätzlich zu Plausibilitätsbetrachtungen unter Berücksichtigung der Betriebshistorie ist die Kontaminationsfreiheit von Stoffen, die einer Herausgabe zugeführt werden sollen, auch über stichprobenhafte Beweissicherungsmessungen zu belegen. Die Erkennungsgrenzen der beweissichernden Messungen liegen hierbei gemäß den Anforderungen der ESK-Leitlinien zur Stilllegung kerntechnischer Anlagen etwa um einen Faktor 10 unterhalb der für den jeweiligen Stoff restriktivsten heranzuziehenden Freigabewerte.

Bei der Auswahl der beweissichernden Messungen werden sog. Kumulationspunkte erfasst, an denen ggf. vorhandene Aktivitäten am ehesten zu finden wären, wie z. B. Sediment in Gullys zur Entwässerung von Asphaltflächen.

Sind sowohl aus der Betriebshistorie als auch aus den Ergebnissen beweissichernder Messungen keine Hinweise auf Kontamination aus dem Anlagenbetrieb vorhanden, können die Materialien ohne eine Freigabe konventionell entsorgt oder weiter genutzt werden.

Sollten sich bei diesen Beweissicherungsmessungen Befunde auf radioaktive Stoffe ergeben, die aus dem Betrieb der Anlage stammen, so wird geprüft, ob die ursprüngliche Annahme der Kontaminationsfreiheit zu korrigieren ist. In der Regel führt dies dazu, dass die aus diesem Bereich stammenden Materialien komplett einem Freigabeverfahren zugeführt werden.

In der Praxis enthalten herauszugebende Stoffe häufig Radionuklide, die nicht aus dem Betrieb des Kernkraftwerks stammen. Beispiele hierfür sind zum einen natürlich vorkommende Radionuklide wie z. B. Kalium-40, das in ausnahmslos allen Stoffen enthalten ist, die das chemische Element Kalium enthalten (Erde, Steine, Bauschutt usw.). Diese Stoffe, die den Menschen überall auf unserem Planeten umgeben, unterliegen aufgrund ihrer natürlichen Radioaktivität nicht der behördlichen Kontrolle im Rahmen eines Herausgabe- oder Freigabeverfahrens. Zum anderen gab es in den vergangenen Jahrzehnten mit den atmosphärischen Kernwaffentests der 1950er und 1960er Jahre sowie dem Reaktorunfall von Tschernobyl Ereignisse, die zu einer großflächigen Verbreitung von Kontamination geführt haben. Diese Kontaminationen sind auch jetzt, Jahrzehnte später, noch immer in Deutschland nachweisbar, insbesondere im Erdreich. Hier findet sich insbesondere das Radionuklid Strontium-90 aus dem Kernwaffenfallout und das Radionuklid Cäsium-137, das in den meisten Regionen Deutschlands zum überwiegenden Teil aus dem Tschernobyl-Fallout herrührt. Diese Kontaminationen unterliegen jedoch ebenfalls nicht der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung durch die Aufsichtsbehörde des Kernkraftwerks, sofern sie nicht aus dem genehmigungspflichtigen Umgang in der Anlage herrühren.

Um die Herkunft eventuell nachgewiesener Radioaktivität zu klären, kann es daher erforderlich sein, die Höhe und die Zusammensetzung der Kontamination genauer zu untersuchen, um Rückschlüsse auf deren Herkunft zu ziehen. So ist beispielsweise das Vorliegen des Radionuklids Kobalt-60 ein eindeutiger Hinweis darauf, dass die Kontamination aus dem Betrieb des Kernkraftwerks herrührt und somit ein radioaktiver Stoff in Sinne des § 31 StrlSchV vorliegt. Liegen hingegen nur Befunde auf das Radionuklid Cäsium-137 vor, das wesentlicher Bestandteil des Kernwaffen- und des Tschernobyl-Fallouts ist, so muss im jeweiligen Einzelfall geklärt werden, ob dessen Ursprung unter Berücksichtigung der Betriebshistorie (z. B. Freisetzungen während des Anlagenbetriebs) und der Höhe der gemessenen Cäsium-137-Aktivität plausibel einer bestimmten Quelle zuzuordnen ist. Die „normalen“ Abgaben einer Anlage mit der Fortluft stehen aus sicherheitstechnischer Sicht einem Herausgabeverfahren nicht entgegen.

Ein Verfahren zur Festlegung eines Untergrundabzugs für den Beitrag des Kernwaffen- bzw. Tschernobyl-Fallouts kann in Abstimmung mit der zuständigen atomrechtlichen Aufsichtsbehörde festgelegt werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass hierfür keine pauschalen Vorgaben möglich sind, da die Höhe dieser Radioaktivität stark davon abhängt, in welcher Region Deutschlands man sich befindet und um welche Art von Materialien es sich handelt. So liegen beispielsweise die Werte für Tschernobyl-Cäsium in Süddeutsch-

land höher als in Norddeutschland. Ebenso finden sich beispielsweise im Boden höhere Werte als auf versiegelten Flächen, wie z. B. Asphaltflächen oder Gebäudestrukturen, da Kontamination in den Boden eingedrungen ist und von den versiegelten Flächen mittlerweile abgetragen wurde. Außerdem gibt es Kernkraftwerke mit sehr unterschiedlichen anlagenspezifischen Nuklidzusammensetzungen. So ist ein Verfahren zum Untergrundabzug, das für den Standort eines Leichtwasserreaktors entwickelt wurde, in der Regel nicht auf den Standort eines Hochtemperaturreaktors übertragbar, da hier andere Nuklide aus dem Anlagenbetrieb herrühren können.

Die Herausgabe liegt keinesfalls im freien Ermessen des Anlagenbetreibers, vielmehr sind die Kernpunkte des Herausgabeverfahrens notwendiger Bestandteil der Antragsunterlagen im Genehmigungsverfahren zur Stilllegung von Kernkraftwerken. Die konkrete Vorgehensweise im Detail wird dann in schriftlichen betrieblichen Anweisungen festgelegt, die der behördlichen Kontrolle unterliegen. Weiterhin kann die Aufsicht Kontrollmessungen durchführen und die zugehörige Dokumentation prüfen.

8 Fazit

Das Konzept der Freigabe basiert auf dem allgemeinen Rechtsprinzip, nach dem Bagatellen nicht in einer Norm geregelt werden (*“de minimis non curat lex“* – das Gesetz kümmert sich nicht um Geringfügigkeiten). Dem Konzept liegt daher eine Definition dafür zugrunde, welches Gesundheitsrisiko und welcher daraus abgeleitete Grad einer Kontamination noch als Geringfügigkeit angesehen werden können. Jährliche Expositionen im Bereich einer Dosis von 10 μSv werden als geringfügig angesehen.

Nach dem heutigen Stand des Wissens über die Wirkungen ionisierender Strahlung stellt das 10- μSv -Konzept nach Ansicht der ESK eine angemessene Grundlage für die Risikobegrenzung im Rahmen der Freigabe dar. Diese Festlegungen werden weltweit in vielen Ländern, die die Freigabe nutzen, in gleicher Weise angewendet. Durch die Festlegungen in der Strahlenschutzverordnung leitet sich ein Rechtsanspruch auf Freigabe ab, sofern alle für eine Freigabe notwendigen Nachweise erbracht wurden.

In der Stilllegungspraxis in Deutschland wird der überwiegende Anteil der anfallenden Abbaumaterialien aus dem Kontrollbereich freigegeben. Sämtliche radioaktiven Abfälle werden hingegen in tiefen geologischen Formationen endgelagert. Alternative Entsorgungskonzepte für die freigebbaren Abbaumaterialien (oberflächennahe Endlagerung, Stehenlassen von Kontrollbereichsgebäuden) bieten aus Sicht der ESK keine Vorteile. Eine Verbringung dieser Massen, es handelt sich im Wesentlichen um mehrere Millionen Tonnen Bauschutt aus dem Abriss der Kernkraftwerke, in ein Endlager würde die Errichtung oberflächennaher Endlager erfordern, was in Anbetracht des vernachlässigbaren Gefährdungspotenzials sowohl ökologisch als auch volkswirtschaftlich abzulehnen wäre.

Die in der Strahlenschutzverordnung enthaltenen Freigabepfade haben sich in der Praxis bewährt. Um die in Deutschland vorliegende Entsorgungspraxis möglichst genau abzubilden, existieren zusätzlich zur uneingeschränkten Freigabe fester Stoffe weitere spezifische Freigabewerte, wie z. B. für die Beseitigung auf Deponien oder die Freigabe von Bodenflächen. Dadurch werden eine rechtssichere und geordnete Entsorgung aller anfallenden Abbaumaterialien und eine Entlassung des Standorts aus dem Atom- und Strahlenschutzrecht ermöglicht.

In Deutschland unterliegen Freigabeverfahren einer umfassenden Kontrolle durch die Aufsichtsbehörden und hinzugezogene Sachverständige.

Für Stoffe, die nicht aus Kontrollbereichen stammen, kann auch eine Herausgabe erfolgen, sofern aus der Betriebshistorie keine Anhaltspunkte für mögliche Kontamination oder Aktivierung vorliegen und beweissichernde Messungen dies bestätigen.

Die ESK spricht sich für einen sicherheitsgerichteten Umgang mit allen Stoffen aus dem Abbau von Kernkraftwerken aus, der den Ressourceneinsatz am Gefährdungspotenzial ausrichtet. Um ungefährliche Stoffe dem Stoffkreislauf zuzuführen oder konventionell beseitigen zu können, hält sie die Freigabe und die Herausgabe für geeignete und notwendige Instrumente beim Abbau von Kernkraftwerken.