



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

INFORMATIONSPAPIER – Kurzfassung

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund	1
2	Wozu braucht man die Freigabe in der Stilllegung?	3
3	Wie läuft die Freigabe in der Praxis ab und wer kontrolliert sie?	6
4	Was ist die Herausgabe?	10
5	Fazit.....	11

1 Hintergrund

Sowohl beim Betrieb und Abbau von Kernkraftwerken als auch beim sonstigen Umgang mit radioaktiven Stoffen in Medizin, Forschung und Industrie fallen Abfälle an, für die zu entscheiden ist, ob sie als radioaktive Abfälle endgelagert werden müssen oder aufgrund ihrer geringfügigen Radioaktivität wie normale, konventionelle Abfälle verwertet oder beseitigt werden können. Auch für Gebäude oder Gelände von Kernkraftwerken ist zu entscheiden, unter welchen Bedingungen sie für andere, konventionelle Zwecke weiter genutzt oder abgerissen werden können. Diese Entscheidung wird als „Entlassung aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung“ oder kurz als „Freigabe“ bezeichnet. Das aus der Freigabe resultierende Material bedarf nach der Entlassung aus radiologischer Sicht keiner weiteren Überwachung. Somit basiert das Konzept der Freigabe 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. Für Strahlenschutz Zwecke wird daher davon ausgegangen, dass jede noch so geringe Strahlendosis einen Gesundheitsschaden auslösen kann; die Wahrscheinlichkeit dafür ist jedoch umso geringer, je niedriger die Strahlendosis ist. International hat man sich Ende der 1980er Jahre darauf verständigt, eine Strahlendosis von 10 bis 100 Mikrosievert (μSv) im Jahr als geringfügig anzusehen. Geringfügig bedeutet, dass Regulierungen zur weiteren Reduzierung der Strahlendosis nicht nötig sind. Die in Deutschland nach Strahlenschutzverordnung geltenden Freigabewerte sind so festgelegt worden, dass eine Strahlendosis (im Folgenden als „Dosis“ bezeichnet) von 10 μSv im Jahr nicht überschritten wird.

Eine Dosis von 10 μSv im Jahr ist 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. Die praktische Bedeutungslosigkeit dieser Dosis zeigt auch der Vergleich mit der Dosis aus natürlichen Strahlenquellen in Abbildung 1. Da die natürliche Dosis von Wohnort, Ernährungs- und Lebensgewohnheiten abhängt, ist sie individuell sehr verschieden und beträgt in Deutschland etwa 1.000 bis 10.000 μSv im Jahr. Die mittlere natürliche Dosis, der jeder Mensch in Deutschland ausgesetzt ist, beträgt ca. 2.100 μSv im Jahr. Eine Dosis von 10 μSv im Jahr, bis zu der eine Freigabe erlaubt ist, ist sowohl gegenüber der mittleren natürlichen Dosis als auch gegenüber deren Bandbreite extrem niedrig.

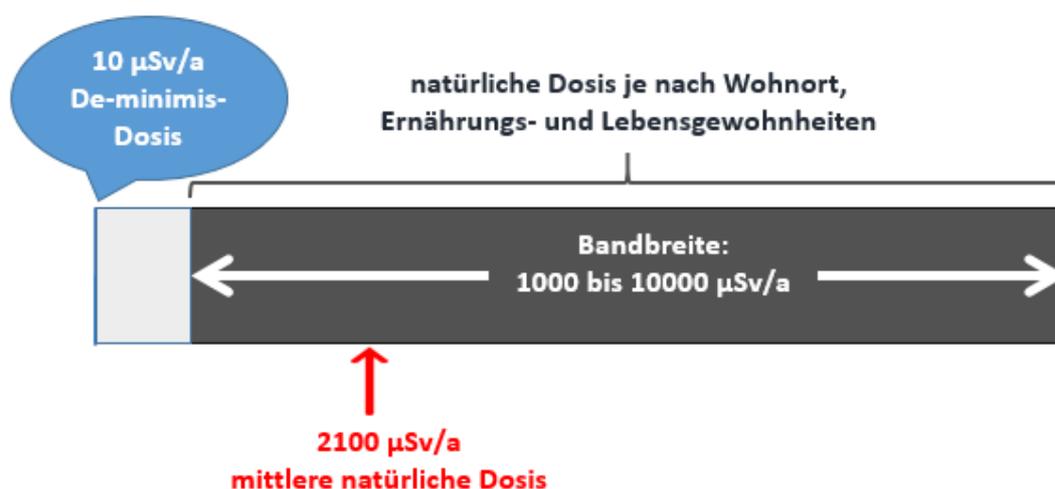


Abbildung 1: Schwankungsbreite der jährlichen natürlichen Dosis in Deutschland
(Daten aus: Bundesamt für Strahlenschutz,
https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/natuerliche-strahlung/natuerliche-strahlung_node.html)

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

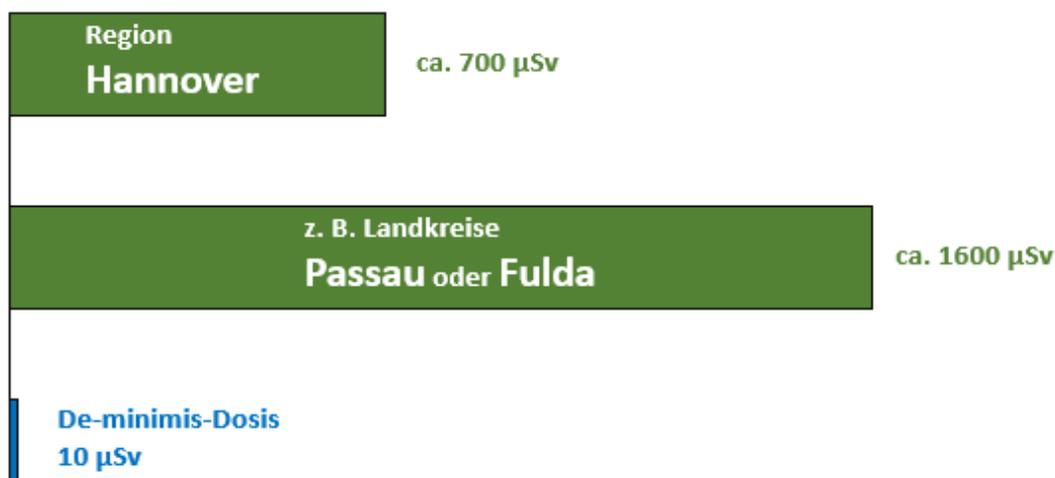


Abbildung 2: Abschätzung des durchschnittlichen Beitrags zur mittleren jährlichen natürlichen Dosis durch Radon in Wohnungen (auf Basis der Werte der Radon-Konzentrationen aus Menzler S., Schaffrath R. A., Wichmann H. E., Kreienbrock L.: Abschätzung des attributablen Lungenkrebsrisikos in Deutschland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

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 Einhaltung eine Dosis von 10 µSv im Jahr stets unterschritten wird.

Hierbei werden sowohl Personen, die beruflich mit freigegebenem Material umgehen, als auch Personen der allgemeinen Bevölkerung in den Berechnungen berücksichtigt. 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.

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 im Vergleich zu allgegenwärtigen Risiken durch natürliche Strahlenquellen und deren Schwankungsbreite vernachlässigbar sind.

2 Wozu braucht man die Freigabe in der Stilllegung?

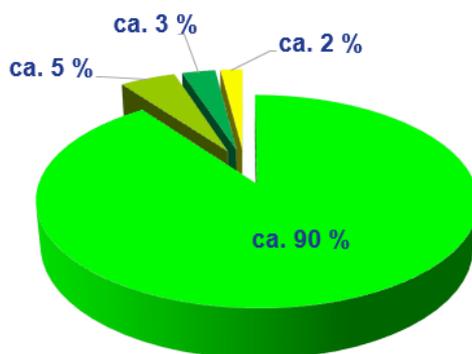
Warum verbringt man nicht die gesamte Masse eines Kernkraftwerks, oder zumindest alle Teile des Kontrollbereichs (inklusive der Gebäudemassen), in ein Endlager?

In Deutschland sind **alle** radioaktiven Abfälle in tiefe geologische Formationen einzulagern, um sie dauerhaft vom Lebensraum des Menschen fernzuhalten.

Der überwiegende Teil der beim Abbau eines Kernkraftwerks anfallenden Materialien (z. B. ein Großteil der massiven Betonstrukturen) ist weder kontaminiert noch aktiviert. Für diese Materialien besteht daher keine Notwendigkeit, sie wie radioaktiven Abfall zu behandeln.

Ein weiterer Anteil der anfallenden Materialien wie z. B. Rohrleitungen aus dem Kontrollbereich ist nur oberflächlich kontaminiert und kann mit einfachen Mitteln, z. B. Abwischen oder Mediumstrahlen (z. B. Wasser- oder Sandstrahlen), dekontaminiert¹ und der Freigabe zugeführt werden.

ca. 200.000 Mg / KKW



- 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 sog. „inaktiven Zone“ des Kernkraftwerks zugeordnet und konventionell entsorgt.

In der Öffentlichkeit werden vermehrt alternative Möglichkeiten, wie z. B. das Stehenlassen von Gebäuden nach Entkernen, also der Verzicht auf einen Abriss der Kontrollbereichsgebäude von Kernkraftwerken,

¹ Reinigen von Gegenständen zum Entfernen noch vorhandener Radioaktivität oder anderen Verunreinigungen

diskutiert. Diese Vorgehensweise 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 entweder 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 (siehe Abbildung 4), so ist eine Weiterverwendung des beim Abriss entstehenden Bauschutts aus radiologischer Sicht unbedenklich.



Abbildung 4: Dekontaminierte Gebäudestrukturen
(PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Würgassen)

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

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

Grundsätzlich sind alle Gegenstände oder Materialien, die in einem Bereich waren, in dem mit offenen radioaktiven Stoffen gearbeitet wurde (z. B. Kontrollbereich), oder selbst einen Kontrollbereich darstellen, als radioaktive Stoffe anzusehen. Sollen praktisch kontaminationsfreie Stoffe aus Kontrollbereichen konventionell weiterverwendet oder entsorgt werden, so müssen sie vorher freigegeben werden.

Im Rahmen des Ablaufs der Freigabe ist es gemäß dem Vermischungsverbot der Strahlenschutzverordnung verboten, kontaminierte Stoffe, die die Freigabewerte überschreiten, mit gering kontaminierten oder kontaminationsfreien Stoffen zu vermischen oder zu verdünnen, um zielgerichtet eine Freigabe zu erwirken.

Die Voraussetzungen, die für die Freigabe erfüllt sein müssen, sind in der Strahlenschutzverordnung geregelt. Hier findet man zwei grundlegende Freigabepfade: die uneingeschränkte sowie die spezifische Freigabe. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Freigabepfaden besteht darin, dass die Materialien, die die Werte der uneingeschränkten Freigabe einhalten, ohne Einschränkungen in allen Bereichen des täglichen Lebens benutzt werden können. Bei der Entsorgung von Materialien aus dem Bereich der spezifischen Freigabe müssen dagegen klar definierte Randbedingungen eingehalten werden, deren Einhaltung im Rahmen des Freigabeverfahrens nachgewiesen werden muss.

Für einzelne spezifische Freigabepfade kommen Freigabewerte zur Anwendung, die von denen der uneingeschränkten Freigabe abweichen. Der Grund hierfür ist, dass bestimmte Expositionspfade² bei dieser spezifischen Freigabe ausgeschlossen werden können. Ein Beispiel hierfür ist die Freigabe von Abfällen zur Beseitigung auf Deponien. Eine Weiterverwendung dieser Stoffe, z. B. als Gegenstand des täglichen Gebrauchs, kann deshalb ausgeschlossen werden. Den spezifischen Freigabewerten für die Deponierung liegen Berechnungen zugrunde, die für Deponien gelten, die festgelegte Mindestanforderungen erfüllen.

Unter die spezifische Freigabe fallen auch die Beseitigung von Materialien in Verbrennungsanlagen, das Recycling von Metallschrott, die Freigabe von Gebäuden sowie die Freigabe von Bodenflächen.

Die Einhaltung des 10- μ Sv-Konzepts kann auch im Einzelfall, beispielsweise unter Berücksichtigung der konkreten Eigenschaften und Bedingungen der Entsorgungsanlage, nachgewiesen werden.

Nachfolgend soll der grundlegende Ablauf der Freigabe zum besseren Verständnis kurz dargestellt und illustriert werden. Er erfolgt in fünf Schritten, siehe Abbildung 5.

² Art und Weise, wie die Strahlenexposition für einen Menschen zustande kommt

In **Schritt 2** werden Anlagenteile im Kontrollbereich abgebaut und ggf. zerlegt. Im Zuge des Abbaus werden begleitende Strahlenschutzmessungen an diesen Materialien durchgeführt, sog. Orientierungsmessungen, um zu überprüfen, ob diese direkt zu Schritt 4 „Entscheidungsmessungen“ gehen können.



Abbildung 8: Abbau und Zerlegung von Behältern
(EWN Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH, Kernkraftwerk Greifswald)

Falls Anlagenteile oder Gebäude aufgrund oberflächlich vorliegender Kontamination nicht direkt zu Schritt 4 gehen können, erfolgt zunächst in **Schritt 3** deren Dekontamination im Kontrollbereich. Hierfür muss eventuell vorher eine Zerlegung des Materials durchgeführt werden.



Abbildung 9: Mediumstrahlen von metallischen Komponenten
(PreussenElektra GmbH, Kernkraftwerk Würgassen)

In **Schritt 4** erfolgen die Entscheidungsmessungen, auf deren Basis die Freigabefähigkeit des Materials festgestellt wird.



Abbildung 10: In-situ-Gammaspektrometer bei der Entscheidungsmessung von Gebäuden (Brenk Systemplanung GmbH)



Abbildung 11: Entscheidungsmessung von Komponenten in der Freimessanlage mit allseitig angeordneten Detektoren (EWN Entsorgungswerk für Nuklearanlagen GmbH, Kernkraftwerk Greifswald)

In **Schritt 5** wird – nach erfolgter Freigabe durch die zuständige Behörde – das Material entsprechend den gewählten Freigabepfaden entsorgt, d. h. verwertet oder beseitigt. Dies kann z. B. die Ablagerung auf einer hierfür geeigneten Deponie sein.



Abbildung 12: Vorbereitung einer Deponiefläche für die spätere Ablagerung konventioneller und freigegebener Abfälle (Abfallwirtschaftsgesellschaft des Neckar-Odenwald-Kreises)

Der gesamte Freigabeprozess wird in einem Bescheid geregelt und erfolgt unter Aufsicht der nach Atom- und Strahlenschutzrecht zuständigen Behörde bzw. dem von ihr beauftragten unabhängigen Sachverständigen. Bevor ein Betreiber mit dem Freigabeprozess starten kann, müssen alle Verfahrensabläufe behördlich geprüft und zugestimmt vorliegen. Die Kontrollen durch den hinzugezogenen Sachverständigen werden auch vor Ort bei Abbau, Zerlegen und Dekontaminieren von Materialien sowie bei der radiologischen Charakterisierung durchgeführt. Bei der Inbetriebsetzung und dem Betrieb der technischen Einrichtungen – insbesondere der Strahlenschutzmesstechnik – ist die Aufsicht ebenfalls involviert. Weiterhin werden betreiberunabhängige Kontrollmessungen an den freizugebenden Materialien durchgeführt.

Alle Daten und Informationen zum Nachweis der Einhaltung der Freigabewerte müssen dokumentiert und über eine Dauer von mindestens 30 Jahren aufbewahrt werden.

4 Was ist die Herausgabe?

Alle Stoffe vom Gelände eines Kernkraftwerks, die aktiviert oder kontaminiert sind, müssen im Rahmen eines Freigabeverfahrens wie oben beschrieben freigemessen und freigegeben werden, bevor sie konventionell weiterverwendet oder beseitigt werden dürfen. Dies wird in der Praxis so ausgelegt, dass bereits ein begründeter Kontaminationsverdacht, z. B. aus der Betriebshistorie, dazu führt, dass diese Stoffe ins Freigabeverfahren gelangen müssen, unabhängig davon, ob überhaupt Radioaktivität an ihnen feststellbar ist. Es ist jedoch in der Regel möglich, für bestimmte Stoffe außerhalb des Kontrollbereichs eine Kontamination plausibel auszuschließen und diese der sog. Herausgabe zuzuführen.

Zusätzlich zu Plausibilitätsbetrachtungen unter Berücksichtigung der Betriebshistorie ist die Kontaminationsfreiheit von Stoffen, die einer Herausgabe zugeführt werden sollen, auch über stichprobenhafte Beweissicherungsmessungen zu belegen. Dabei müssen Aktivitätswerte weit unterhalb der Freigabewerte (ca. Faktor 10) erkannt werden können. Bei der Auswahl der beweissichernden Messungen werden sog. Kumulationspunkte mit erfasst, an denen ggf. vorhandene Aktivitäten am wahrscheinlichsten 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.

Diese Herausgabe liegt keinesfalls im freien Ermessen des Anlagenbetreibers, vielmehr muss die Vorgehensweise genehmigt und die konkrete Umsetzung in betrieblichen Anweisungen festgelegt werden. Weiterhin kann die Aufsicht Kontrollmessungen durchführen und die zugehörige Dokumentation prüfen.

Durch die Festschreibung eines Verfahrens zur Herausgabe im betrieblichen Regelwerk abzubauenen Kernkraftwerke wird ein zusätzliches behördlich geprüftes Kontrollverfahren für diejenigen kontaminationsfreien, nicht aktivierten Stoffe etabliert, für die vor einer konventionellen Weiterverwendung oder Beseitigung gemäß Strahlenschutzverordnung gar keine Freigabe notwendig ist. Dies wird vonseiten der ESK als sicherheitsgerichtete Maßnahme befürwortet.

5 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 zusätzliche Gesundheitsrisiko und welcher daraus abgeleitete Grad einer Kontamination noch als Geringfügigkeit angesehen werden können. Jährliche Strahlendosen im Bereich von 10 μ Sv werden als geringfügig angesehen.

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.

Die in der Strahlenschutzverordnung enthaltenen Freigabepfade haben sich in der Praxis bewährt. Sie ermöglichen eine sichere, geordnete Entsorgung von Abbaumaterialien und eine Entlassung des Standorts aus der atom- und strahlenschutzrechtlichen Überwachung.

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, aber nur wenn 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.