

Mineral Residues from the Decommissioning of Nuclear Facilities

Franz Borrmann

Based on IAEA standards and EU directives, clearance has been established as a pathway to remove material with very low levels of radiation from the regulatory control that is otherwise applied to radioactive material. This removal is based on a very low risk level, expressed by a dose of 10 $\mu\text{Sv/a}$ which is several orders of magnitude lower than the average background doses from natural radiation and medical applications to a member of the public. Harmonized scenarios ensure the application of the basic safety standards and the directive on protection from ionizing radiation although the boundary conditions as well as the regulatory frameworks differ between the member states.

During decommissioning of nuclear facilities, mineral remainders are generated from the demolition of large building structures. Due to the specific German situation caused by the phase out decision following the Fukushima disaster, a very high amount of these wastes is to be expected during the next decades. The major pathways of these wastes from the nuclear realm to conventional waste or recycling pathways are described. Germany has established various clearance pathways and has gained a vast experience in their application during the decommissioning of a large number of facilities during the last decades. Mainly unremarked by a larger public, half of the nuclear fleet has already been decommissioned.

Due to the specific German situation with only a geological disposal facility also for low level and very low level waste, disposal as radioactive waste is very expensive compared to other countries such as France, where similar wastes are disposed of at the surface. This underlines the importance of the usage of the clearance pathways to avoid a disposal option that is in no way commensurate to the level of risk involved.

Nevertheless, public perception has evolved a major hindrance in using at least some of these pathways, especially disposal on conventional landfills. An open and clear discussion is necessary about the risks involved and the comparison to natural occurring materials may help to understand the nature and extend of these risks.

Mineralische Reststoffe aus dem Rückbau von kerntechnischen Einrichtungen – Freigabe zur Deponierung –

Franz Borrmann

1.	Abbau kerntechnischer Anlagen.....	576
2.	Kontamination und Aktivierung	577
3.	Freigabe und Entlassung aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes.....	577
4.	Öffentliche Wahrnehmung	581
5.	Ausblick und Schlussfolgerungen.....	581
6.	Quellen	582

Deutschland hat eine lange Tradition in der friedlichen Nutzung der Kernenergie. Insgesamt wurden 36 Kernreaktoren zur Stromproduktion betrieben. Diese haben in der Blütezeit der Nutzung bis zu 32 Prozent der erzeugten elektrischen Energie produziert. Noch heute stehen jedes Jahr einige der deutschen Reaktoren auf der weltweiten Top 10 der Stromproduktion und Verfügbarkeit, obwohl der letzte Reaktor bereits 1987 ans Netz ging und diese Anlagen mit weit neueren Anlagen konkurrieren müssen.

Durch den nach Fukushima erneut beschlossenen Ausstieg aus der Kernenergie werden die verbliebenen Reaktoren bis Ende 2020 schrittweise stillgelegt und anschließend zurückgebaut. Aus der Stilllegung resultieren auch erhebliche Mengen an mineralischen Reststoffen, die auf verschiedenen – streng regulierten – Pfaden in die konventionelle Kreislaufwirtschaft gelangen.

Doch nicht nur Reaktoren werden stillgelegt, sondern nach und nach die gesamte kerntechnische Industrie- und Forschungslandschaft. Von der breiten Bevölkerung weitgehend unbemerkt sind in den letzten Jahrzehnten bereits rund 20 Reaktoren, darunter 6 Prototypreaktoren und die größte Kernenergieanlage der Welt in Greifswald stillgelegt und weitgehend abgebaut worden. Daneben wurden fast 50 Forschungsreaktoren verschiedener Größe und Bauart, sowie ein ganzer Park an Anlagen des Brennstoffkreislaufs (u.a. Brennelementfabriken für Uran- und MOX-Brennelemente, eine Brennstoffproduktionsanlage für Kugelhaufenreaktoren und eine Pilot-Wiederaufarbeitungsanlage) abgebaut [3]. Deutschland ist dadurch eines der Länder mit dem größten Know-How in der Stilllegung weltweit geworden.

1. Abbau kerntechnischer Anlagen

In Deutschland ist eine gesonderte Genehmigung nach § 7 (3) AtG [2] für die Stilllegung, den Abbau oder den sicheren Einschluss von Anlagen zur Spaltung von Kernbrennstoffen notwendig. Dies hat im Nachgang des plötzlichen Stilllegungsbeschlusses nach dem verheerenden Tsunami in Fukushima und der nachfolgenden partiellen Kernschmelze in den Reaktoren der Anlage Fukushima Daiichi dazu geführt, dass die betroffenen acht Anlagen zunächst weitgehend unverändert im Stillstandsbetrieb gehalten werden mussten, bis die notwendigen Genehmigungen vorlagen. Dies ist nun für fast alle betroffenen Anlagen der Fall. Gleichzeitig haben die Betreiber für die noch verbleibenden Anlagen Anträge auf Erteilung von Stilllegungsgenehmigungen erteilt.

Bei den bisherigen Anlagen wurde der Abbau zumeist von außen nach innen, d.h. von den nichtkontaminierten über die kontaminierten zu den aktivierten Bereichen durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass die Abbaumethodik für den schwierigsten Teil (den Abbau der hoch aktivierten Kerneinbauten) erst zu einem späteren Zeitpunkt benötigt wird und die Zeit für den Zerfall der Aktivierungsprodukte (insbesondere des strahlenschutzrelevanten Co-60) genutzt werden kann. Der Nachteil dieser Vorgehensweise ist allerdings, dass die dazu notwendigen Einrichtungen (im Wesentlichen Lüftungs- und Wasseraufbereitungsanlagen) sehr lange vorgehalten werden müssen. Aufgrund der langen Erfahrungen hat sich mittlerweile jedoch ein Pool hochspezialisierter Zulieferunternehmen etabliert, die diese Arbeiten für die Betreiber durchführen können. Dies ermöglicht den Betreibern nun, diese Schritte vorzuziehen und so den Restbetrieb der Einrichtungen zu verkürzen. Dies ist von Bedeutung, da der Restbetrieb etwa 40 Prozent der gesamten Stilllegungskosten ausmacht.

Aufgrund der Verzögerung im Abbau der nach Fukushima abgeschalteten Anlagen und der beschleunigten Antragstellung vorab für die verbleibenden Anlagen werden ab Mitte der 2020er Jahre bis in die Mitte der 2030er Jahre große Mengen an mineralischen Reststoffen aus dem Abbau der gesamten kerntechnischen Industrie entstehen.

Die technisch sehr interessante Aufgabenstellung des Abbaus kerntechnischer Anlagen kann verkürzt als die Trennung einer kleinen Menge radioaktiven Materials von einer komplexen Matrix verstanden werden. Dabei unterscheiden sich die Anlagen des Brennstoffkreislaufs (Anlagen zur Herstellung und Aufbereitung von Kernbrennstoff, sowie Abfallbehandlungsanlagen) aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der relevanten Nuklide.

In Deutschland werden fast ausschließlich Leichtwasserreaktoren betrieben. Ausnahmen sind hier nur einige Forschungsreaktoren sowie die gasgekühlten Kugelhaufenreaktoren, von denen zwei als Prototypreaktoren betrieben wurden. Bei den Leichtwasserreaktoren werden zwei wesentliche Typen, Siedewasserreaktoren und Druckwasserreaktoren unterschieden. Während beim Siedewasserreaktor die Turbine im Primärkreis betrieben wird, ist beim Druckwasserreaktor ein Sekundärkreislauf dazwischengeschaltet.

Bei der Beurteilung der Massen muss die Bauart des Reaktors berücksichtigt werden. Durch die Beaufschlagung der Turbine mit Primärkreislaufwasser wird das Maschinenhaus beim Siedewasserreaktor radioaktiv kontaminiert und muss in den nuklearen Rückbau mit einbezogen werden.

2. Kontamination und Aktivierung

Bei der Verteilung der Nuklide im Abbaugewerk wird zunächst unterschieden zwischen aktiviertem und kontaminiertem Material. Die Aktivierung bezeichnet dabei Material, das in der Nähe des aktiven Kerns einem hohen Neutronenfluss ausgesetzt war. Durch Kernreaktionen mit diesen Neutronen wird das Material in der Masse radioaktiv, hier sind vor allem die Metallteile der Kerneinbauten und des Reaktordruckbehälters betroffen, die aufgrund des zu Co-60 aktivierten Co-59 aus den Stählen sehr hohe Strahlendosen aufweisen können. Während der Entwicklung der Reaktorbaureihen wurde deshalb auf geringere Kobaltgehalte der Stähle geachtet, dadurch sind die Dosen in den Kernbauteilen bei moderneren Baureihen wie den KWU-Konvoi-Anlagen um etwa einen Faktor 10 niedriger als bei älteren Baureihen. Von der Aktivierung ebenfalls betroffen sind die inneren Betonschichten des sogenannten biologischen Schields, einer 1,5 bis 2 m dicken Struktur, die den Reaktorkern zur Abschirmung der Neutronen umgibt. Zur Verbesserung der Abschirmwirkung wird das biologische Schild üblicherweise als Schwerbeton ausgeführt. Hierbei wird die Dichte durch Zusätze von Goethit oder Bariumverbindungen auf Werte zwischen 3,5 bis 5 g/cm² angehoben. In den Betonstrukturen spielen vor allem die Aktivierungsprodukte des Lithiums, Cäsiums und Europiums eine Rolle, die als Spurenstoffe in der Betonmatrix vorhanden sind.

Von den aktivierten Bauteilen zu unterscheiden sind die kontaminierten Strukturen. Die oberflächliche Kontamination entsteht durch die Beaufschlagung der Bauteile und Strukturen mit radioaktivem Material, in der Regel in Form von Wässern aus dem Primärkreislauf und Aerosolen (Querkontamination z.B. beim Öffnen des Primärkreislaufs). Das radioaktive Inventar des Primärkreislaufs resultiert im Wesentlichen aus dem unvermeidlichen Abrieb und Korrosionsprodukten der aktivierten metallischen Strukturen des Reaktorkerns. Aus diesen Bestandteilen formiert sich ein Niederschlag (als CRUD bezeichnet nach dem ersten Erkennen dieses Niederschlags im amerikanischen Chalk River Reaktor als Chalk River Unidentified Deposit).

Während aktivierte Bauteile und Strukturen mit wenigen Ausnahmen dem radioaktiven Abfall zugeschlagen werden und aufgrund der teilweise hohen Dosisleistungen in stark abgeschirmte Behälter verpackt werden müssen, kann die oberflächliche Kontamination durch verschiedene Dekontaminationsverfahren entfernt oder zumindest stark verringert werden. Dadurch wird eine relativ kleine Fraktion mit höheren Aktivitäten von einer sehr gering radioaktiven Matrix abgetrennt.

3. Freigabe und Entlassung aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes

Der Gesetzgeber hat dem Grundsatz *de minimis non curat lex* (Das Gesetz kümmert sich nicht um Nichtigkeiten) folgend eine Regelung erlassen, die ein Abschneidekriterium erlaubt, unterhalb dessen die Radioaktivität keiner Regelung bedarf, weil sie verglichen mit der unvermeidlichen natürlichen Radioaktivität keine nennenswerte Dosis erzeugen kann.

Hierbei wird unterschieden zwischen der sogenannten Freigrenze, die absolute Aktivitätsmengen und spezifische Aktivitäten angibt, mit denen ohne Genehmigungserfordernis

umgegangen werden darf und der Freigabegrenze, unterhalb derer Material aus kerntechnischen Einrichtungen als nicht radioaktives Material gehandhabt werden darf. Diese Vorgehensweise ist international üblich und anerkannt, die Grundlagen sind in IAEA-Standards und Guides [1, 4] beschrieben und in den entsprechenden Europäischen Direktiven [10] festgelegt. Umgesetzt wird die Freigabe derzeit im § 29 StrlSchV in deutsches Recht.

Die durchschnittliche Dosisbelastung in der Bundesrepublik beträgt rund 4 mSv/a. Davon stammt jeweils rund die Hälfte der Dosis aus der natürlichen (terrestrischen und kosmischen) Strahlung und der medizinischen Strahlenbelastung (Bildgebende Verfahren, radiodiagnostische und radiotherapeutische Anwendungen). Die Freigabegrenze legt im Vergleich hierzu eine Dosis von 10 µSv/a fest, die ein beliebiges Mitglied der Bevölkerung durch die Freigabe radioaktiven Materials maximal erhalten darf. Dies entspricht ungefähr der zusätzlichen Dosis durch Höhenstrahlung, die durch einen Umzug von Hamburg nach München pro Jahr entsteht.

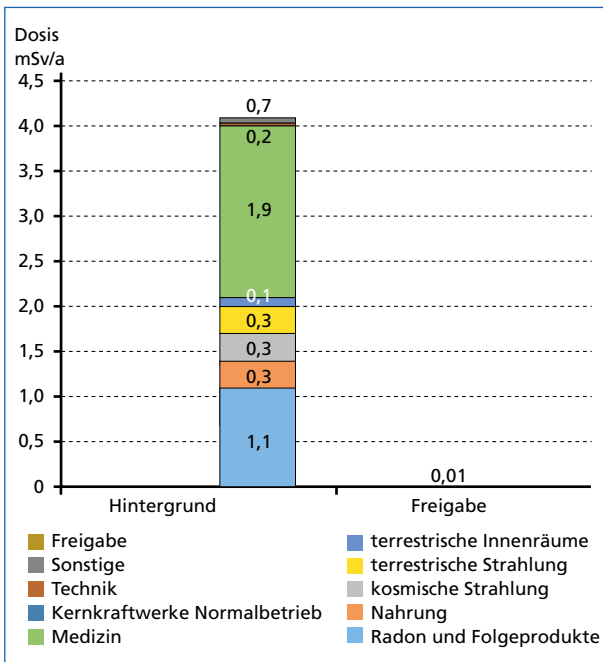


Bild 1:

Natürliche, medizinische und technisch bedingte Hintergrunddosen im Vergleich zur Dosis durch die Freigabe

Die Freigabe von Material stellt einen rechtsgestaltenden Verwaltungsakt dar, weil physikalisch (sehr gering) radioaktives Material zu nicht radioaktivem Material im Sinne des Gesetzes erklärt wird (juristische Fiktion).

Eine grundlegende Schwierigkeit der Freigabe besteht darin, dass für die de minimis Regelung ein Dosisgrenzwert festgelegt ist, in der Praxis aber Aktivitäten gemessen werden.

Um von der gemessenen Aktivität auf die daraus resultierende Dosis zu kommen, werden verschiedene Expositionsszenarien betrachtet, die in einem IAEA-Dokument

beschrieben sind. Durch die einheitliche Vorgehensweise wird innerhalb des Europäischen Rechtsrahmens sichergestellt, dass auch bei unterschiedlichen nationalen Gegebenheiten dasselbe Schutzziel der Dosisbegrenzung sicher eingehalten wird. Dabei werden verschiedene Nachnutzungsszenarien und Recyclingpfade betrachtet und die jeweiligen Dosisbeiträge errechnet. Die Person mit der höchsten Dosis wird dann herangezogen, um die Grenzaktivität zu berechnen.

In Deutschland existieren mehrere Serien von Freigabewerten (Anhang III, Tabelle 1 der StrlSchV). Dabei wird grundsätzlich unterschieden in die uneingeschränkte Freigabe, bei deren Einhaltung keinerlei Restriktionen für die weitere Verwendung des Materials existieren und eine Reihe von pfadspezifischen Freigabewerten bei denen das Material ausschließlich und ohne weitere Behandlung der Verbrennung, Deponierung oder Metallrecyclingung zugeführt werden darf. Dabei sind weitere Bedingungen (z.B. an die abfallrechtliche Zuverlässigkeit des Betreibers und die Ausstattung und Größe der Entsorgungseinrichtung) gestellt. Die Kommunikation der Behörde am Standort des Betreibers mit der Behörde am Standort der Entsorgungseinrichtung stellt sicher, dass es am Standort der Entsorgungseinrichtung nicht zu einer Dosisüberschreitung kommen kann.

Am Beispiel der Deponierung sind die wesentlichen Pfade dargestellt, mit denen eine Ausbreitung aus der Deponie heraus (während des Deponiebetriebes und der Nachsorgephase) erfolgen kann. Die Einwirkung auf den Menschen wird dann durch die Folgepfade (z.B. Wasser-Mensch, Wasser-Pflanze-Mensch oder Wasser-Pflanze-Nutztier-Mensch, Aerosol-Pflanze-Mensch) beschrieben.

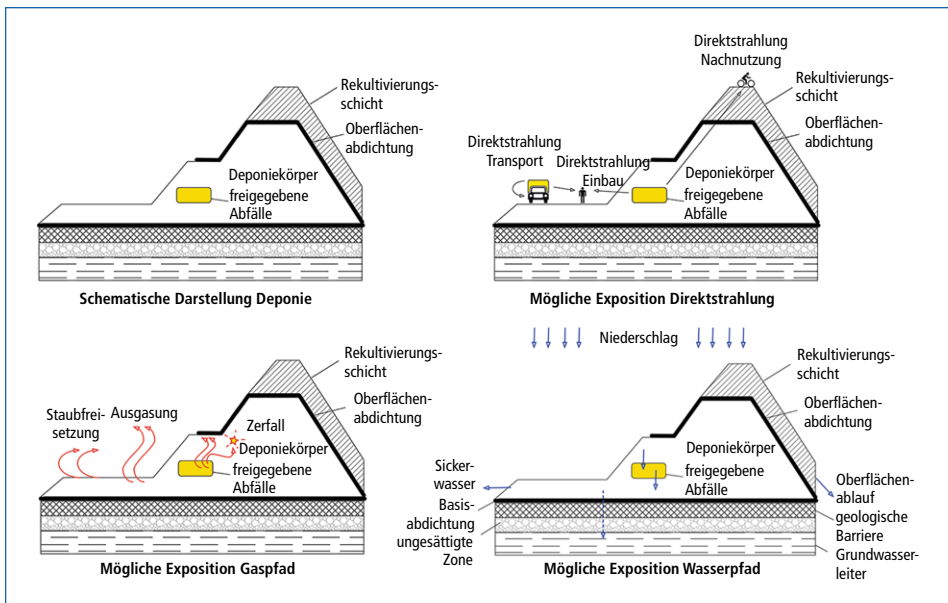


Bild 2: Schematische Expositionsszenarien bei der Deponierung unter Berücksichtigung der Direktstrahlung, des Wasser- und des Gaspfad

Um Material der Freigabe zuzuführen, muss der Betreiber der Anlage die Freigabe beantragen. Dazu stellt er die notwendigen Schritte zusammen und beschreibt insbesondere den messtechnischen Nachweis (i.d.R. basierend auf den einschlägigen DIN- oder ISO-Normen [5-9, 11, 12]) der Einhaltung der Freigabewerte. Die Behörde und ihr Sachverständiger prüfen die eingereichten Unterlagen und die Vorschläge zur Dokumentation. In einem Freigabeablaufplan werden Haltepunkte und Prüfschritte festgelegt, an denen im späteren Ablauf eine Prüfung der Dokumente, Auswertungen oder Messungen durch Behörde und Sachverständige erfolgt. Sofern die Behörde keine Einwände hat, erlaubt sie dem Betreiber entsprechend der beschriebenen Vorgehensweise zu verfahren. Wenn das Material die entsprechenden Messungen durchlaufen hat und die Ergebnisse der Messungen geprüft sind, erteilt die Behörde die Freigabe und erlaubt die weitere Verwendung in der konventionellen Abfall- und Recyclingwirtschaft entsprechend der beantragten Freigabepfade.

Hohe, z.T. an die Person des Strahlenschutzbeauftragten, z.T. an den Betreiber gerichtete Ordnungswidrigkeiten stellen einen sehr umsichtigen Vollzug der Regelungen des § 29 StrlSchV [12] sicher.

Insgesamt rechnet man bei einem Siedewasserreaktor mit rund 700.000 Tonnen Masse, bei einem Druckwasserreaktor mit rund 550.000 Tonnen Masse. Der weit überwiegende Teil hiervon befindet sich in der Gebäudemasse und wird nach der Entlassung aus dem Geltungsbereich des Atomgesetzes und konventionellem Abriss recycelt. Hierzu wird die Gebäudeoberfläche in der Regel abgetragen und je nach Kontaminationswahrscheinlichkeit stichprobenartig oder vollflächig gemessen. Bei der Verwendung von Stichproben stellen statistische Verfahren sicher, dass kein Hot-Spot in relevanter Größenordnung übersehen werden kann.

Deutschland sieht für die Endlagerung radioaktiver Abfälle jeglicher Art nur das in tiefen geologischen Schichten gelegene Endlager Konrad vor. Dies macht die Endlagerung von radioaktivem Abfall extrem teuer, insbesondere für sehr gering aktive Abfälle nahe der Freigabegrenze. Für diese Art von Abfällen sehen andere Länder eine Deponierung vor. Als Beispiel werden in der folgenden Abbildung die Abfallklassifikation und die Optionen zur Endlagerung in Deutschland und Frankreich verglichen.

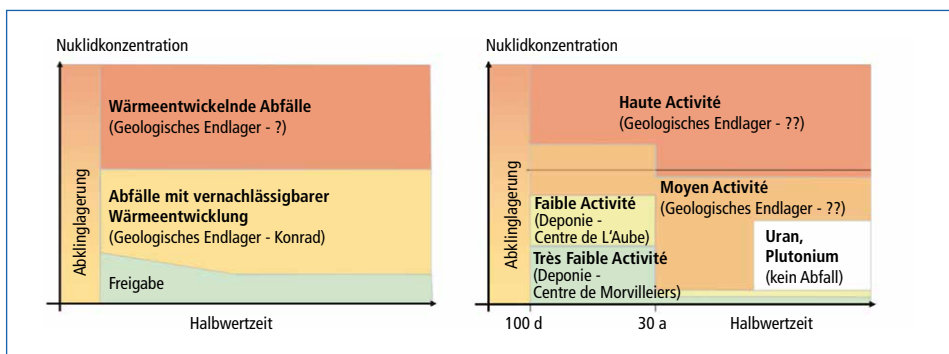


Bild 3: Abfallklassifikation und Endlagerung in Deutschland (links), Abfallklassifikation und Endlagerung in Frankreich (rechts)

Abfälle, die in Deutschland der Freigabe zur Deponierung zugeführt werden, werden in Frankreich als sehr gering aktive Abfälle einer Deponierung im Centre de Morvilliers zugeführt. Die Bedingungen dort entsprechen einer Deponie der Klasse II in Deutschland. Gering aktive Abfälle werden der Deponierung im Centre de l'Aube zugeführt, dies entspricht einer Deponie für gefährliche Abfälle (Deponieklasse III) in Deutschland. Vergleichbare Abfälle in Deutschland werden in Konrad eingelagert, zu den mehr als zehnfachen Kosten.

Diesem Unterschied zugrunde liegt eine unterschiedliche Abfallklassifikation. In Deutschland wird lediglich zwischen vernachlässigbar wärmeentwickelnden (und damit für das wärmeempfindliche Gestein des Endlagers Konrad geeigneten) Abfällen und solchen mit höherer Wärmeentwicklung unterschieden. Die Halbwertszeit bleibt dabei unberücksichtigt und spielt infolgedessen auch bei der Sortierung der Abfälle keine Rolle. In Frankreich hingegen ist der Anteil der langlebigen Nuklide mit einer Halbwertszeit > 30 Jahren in diesen beiden Abfallkategorien stark begrenzt. Nach 300 Jahren (10 Halbwertszeiten) ist das Nuklidinventar mindestens um den Faktor 1.000 gesunken. Dies ermöglicht eine Begrenzung der institutionellen Kontrolle der beiden Deponien auf etwa 300 Jahre, wenn die Werte ungefähr um den Faktor 1.000 über den deutschen Freigabegrenzen liegen.

4. Öffentliche Wahrnehmung

Trotz der dargestellten umfassenden und starken Regelung mit mehreren redundanten Prüfschritten wird die Anwendung in Teilen der Bevölkerung kritisch gesehen. Hierbei ist auch eine Art *Protesttourismus* zu beobachten, bei der interessierte Gruppen jeweils an verschiedenen Standorten gegen die Ablagerung freigegebener Abfälle mobil machen. Unsachgemäße Äußerungen aus der Politik und Medien (*Atomklo*) tun das ihre dazu.

Hier muss es gelingen, die Diskussion wieder auf eine sachliche Ebene zu führen und deutlich zu machen, dass auf Deponien zu weiten Teilen Materialien lagern, die aufgrund ihres natürlichen Nuklidgehalts deutlich höhere Dosen erzeugen als die freigegebenen Materialien. Ähnliches gilt für den natürlichen Hintergrund vieler Gebiete außerhalb von Deponien in der Bundesrepublik.

In Baden-Württemberg wurden erweiterte Regelungen [11] getroffen, mit denen eine Begleitung von Transporten und eine Verplombung der Transporteinheiten für zusätzliches Vertrauen sorgen sollten. Dies unterminiert jedoch aus Sicht des Autors das Vertrauen in die bestehende und bewährte Regelung des § 29 StrlSchv.

5. Ausblick und Schlussfolgerungen

Der bestehende Ausstiegsbeschluss und der erklärte Wille der Betreiber, die friedliche Nutzung der Kernenergie in Deutschland geordnet und sicher zu beenden, bedingt naturgemäß einen Anfall von großen Mengen mineralischer Abfälle. Diese müssen geordnet entsorgt oder einer Wiederverwertung zugeführt werden, wo dies aus radiologischer Sicht sinnvoll ist. Für freigegebene Abfälle kann dies in jedem Fall bejaht werden.

Die Endlagerung von sehr gering radioaktivem Material unter sehr hohen und dem Risiko diesen Materials unangemessenen Sicherheitsanforderungen in einem geologischen Endlager ist weder volkswirtschaftlich sinnvoll, noch bringt es einen Sicherheitsgewinn für die Bevölkerung.

Hier ist eine breite Diskussion notwendig, die die Risiken klar benennt, die Stakeholder einbezieht, aber auch die existierende Gesetzeslage und ihre Grundlagen klarstellt.

6. Quellen

- [1] Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. In: Safety Series. International Atomic Energy Agency (IAEA): Vienna, 2004
- [2] AtG, Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren. In: BGBl. I, S. 1565, 15.07.1985. 2016
- [3] Bredberg, I. et al., Statusbericht zur Kernenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland 2015. Bundesamt für Strahlenschutz: Salzgitter, 2016
- [4] Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance. International Atomic Energy Agency (IAEA): Vienna, 2005
- [5] DIN 25457-1, Aktivitätsmessverfahren für die Freigabe von radioaktiven Stoffen und kerntechnischen Anlagenteilen – Teil 1: Grundlagen. Deutsches Institut für Normung: Berlin, 2013, S. 110
- [6] DIN ISO 7503-1, Bestimmung der Oberflächenkontamination - Teil 1: Beta-Strahler (Max Beta-Energie größer als 0,15 MeV) und Alpha-Strahler. Deutsches Institut für Normung: Berlin, 2017
- [7] DIN ISO 7503-2, Bestimmung der Radioaktivität - Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination – Teil 2: Tritiumkontaminationen. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2017
- [8] DIN ISO 7503-3, Bestimmung der Radioaktivität - Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination – Teil 3: Gerätekalibrierung. Umsetzung ISO 7503-3:2017. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2017
- [9] DIN ISO 11929, Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung. Grundlagen und Anwendungen. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2013
- [10] EU BSS, zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom, Council of the European Union, Editor. Brussels, 2013
- [11] Landkreistag Baden-Württemberg and Städtetag Baden-Württemberg, Handlungsanleitung zur Entsorgung von freigemessenen Abfällen auf Deponien in Baden-Württemberg Landkreistag Baden-Württemberg and Städtetag Baden-Württemberg, Editors. Stuttgart, 2015
- [12] StrlSchV, Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV). 2016

Ansprechpartner



Franz Borrmann

iUS Institut für Umwelttechnologien und Strahlenschutz GmbH

Geschäftsführer

Obernauer Straße 94

63743 Aschaffenburg (D)

Telefon: 0049-(0)6021-7934110

E-Mail: borrmann@ius-online.eu

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky,
Bernd Friedrich, Thomas Pretz, Peter Quicker, Dieter Georg Senk, Hermann Wotruba (Hrsg.):

Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 5
– Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen –

ISBN 978-3-944310-41-1 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2018

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm,
Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.

Erfassung und Layout: Claudia Naumann-Deppe, Janin Burbott-Seidel, Sandra Peters,
Ginette Teske, Roland Richter, Cordula Müller, Gabi Spiegel

Druck: Universal Medien GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.