



BASE – FORSCHUNGSBERICHTE ZUR
SICHERHEIT DER NUKLEAREN ENTSORGUNG

Bereitstellung von Verfahren zur Berechnung von Freistellungsgrenz- werten entsprechend den neuesten Transportvorschriften sowie von Daten zum Transportaufkommen in Deutschland

AP 2:

Weiterverfolgung des Transportaufkommens zum
Endlager Konrad für Expositionsanalysen

AP 3:

Fachliche Stellungnahmen und Zuarbeiten

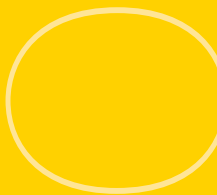
AUFTRAGNEHMER:IN

Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Köln

F.-N. Sentuc

E. Hartwig-Thurat

U. Büttner



Bereitstellung von Verfahren zur Berechnung von Freistellungs- grenzwerten entsprechend den neuesten Transportvorschriften sowie von Daten zum Transportaufkommen in Deutschland

AP 2:
Weiterverfolgung des Transportaufkommens zum
Endlager Konrad für Expositionsanalysen

AP 3:
Fachliche Stellungnahmen und Zuarbeiten

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autor:innen. Das BASE übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

*Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung der Auftragnehmer:in wieder
und muss nicht mit der des BASE übereinstimmen.*

BASE-RESFOR-024/22

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
urn:nbn:de:0221-2022050232833

Berlin, Mai 2022

Impressum

**Bundesamt
für die Sicherheit
der nuklearen Entsorgung
(BASE)**

BASE – FORSCHUNGSBERICHTE ZUR
SICHERHEIT DER NUKLEAREN ENTSORGUNG

Auftragnehmer:in
Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit
(GRS) gGmbH, Köln

F.-N. Sentuc
E. Hartwig-Thurat
U. Büttner

030 184321-0
www.base.bund.de

Stand: Mai 2022

Bereitstellung von Verfahren
zur Berechnung von
Freistellungsgrenzwerten
entsprechend den neuesten
Transportvorschriften sowie
von Daten zum
Transportaufkommen in
Deutschland

Abschlussbericht zum Vorhaben
3614R03371: Teil 2

AP 2: Weiterverfolgung des
Transportaufkommens zum
Endlager Konrad für
Expositionsanalysen

AP 3: Fachliche Stellungnahmen
und Zuarbeiten

F.-N. Sentuc
E. Hartwig-Thurat
U. Büttner

September 2017
Auftrags-Nr.: 854517

Anmerkung:

Dieser Bericht ist von der GRS im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit im Rahmen des Vorhabens 3614R03371 erstellt worden. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt werden bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

Deskriptoren

Transportvorschriften, LSA-Stoffe, Transportaufkommen radioaktiver Stoffe, Endlager Konrad

Kurzfassung

Das Vorhaben 3614R03371 „Bereitstellung von Verfahren zur Berechnung von Freistellungsgrenzwerten entsprechend den neuesten Transportvorschriften sowie von Daten zum Transportaufkommen in Deutschland“ ist in drei Arbeitspakete (AP) gegliedert. Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse zum AP 2 „Weiterverfolgung des Transportaufkommens zum Endlager Konrad für Expositionsanalysen“, und zum AP 3 „Fachliche Stellungnahmen und Zuarbeiten“. Im Rahmen des AP 2 dieses Vorhabens sollte auf Basis der beim BfS verfügbaren Informationen das Transportaufkommen radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die zur Einlagerung in das Endlager Konrad vorgesehen sind, weiterverfolgt und präzisiert werden. Diese Daten werden als Basis für Expositionsanalysen benötigt, um Aussagen zur Strahlenexposition von Transportpersonal und Bevölkerung treffen zu können. Im AP 3 erfolgten zumeist technisch-wissenschaftliche Fachbeiträge und Ausarbeitungen zu aktuellen Frage- und Problemstellungen kurzfristig und zeitnah entsprechend der Anfragen von BMUB und BfS bzw. BfE. Ergänzend zu einem früheren Vorhaben 3609R03320 hat die GRS vereinfachte Sensitivitätsstudien durchgeführt, die auf empirisch bestimmten Gleichungen aufgrund von durchgeführten Experimenten basieren. Weitere Arbeiten erfolgten im Rahmen eines Unterauftrags zum Einfluss von oberflächenkontaminierten Stoffen.

Abstract

While the project 3614R03371 „Provision of Procedures for Calculating Exemption Limits According to the Latest Transportation Regulations and Data of German Transportation Volume“ is subdivided into three work packages (AP), the present report deals with the results from AP 2 “Survey of the transport volume to the Konrad final repository for exposure analyses“ and AP 3 “Technical reports and support“. Within the scope of AP 2 the transport volume of radioactive waste with negligible heat generation designated for the Konrad final repository has been evaluated based on information available at BfS. These data are necessary as input for exposure analyses to assess the resultant doses incurred by the transport personnel and the general public. Within the scope of AP 3 technical surveys and reports on recent problems have been performed on demand of BMUB and BfS/BfE. In addition to project 3609R03320 GRS performed simplified sensitivity studies based on empiric equations according to conducted experiments. Further work on objects with high surface contamination was carried out by a subcontractor.

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Weiterverfolgung des Transportaufkommens zum Endlager Konrad für Expositionsanalysen | 3 |
| 2.1 | Verfügbare Informationen und Daten | 4 |
| 2.1.1 | Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro) | 4 |
| 2.1.2 | Bundesamt für Strahlenschutz | 8 |
| 2.1.3 | Endlager Konrad | 11 |
| 2.1.4 | Transportstudie Konrad..... | 15 |
| 2.2 | Bewertung | 17 |
| 2.3 | Zusammenfassung und Ausblick | 21 |
| 3 | Fachliche Stellungnahmen und Zuarbeiten | 25 |
| 3.1 | Unterstützung des BfS zur Ausarbeitung eines gemeinsamen Regeländerungsvorschlags (D, F) für die Transportvorschriften (Streichung des Auslaugtests für LSA-III Materialien)..... | 25 |
| 3.1.1 | Sensitivitätsstudien | 25 |
| 3.1.2 | Einbringung des Regeländerungsvorschlags..... | 39 |
| 3.2 | UA 3331 zum Einfluss von oberflächenkontaminierten Stoffen | 40 |
| 4 | Literatur | 43 |
| | Abbildungsverzeichnis | 47 |
| | Tabellenverzeichnis | 49 |

1 Einleitung

Die Beförderung radioaktiver Stoffe erfolgt weltweit auf der Grundlage der sogenannten Transportvorschriften, die von der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) herausgegeben und fortlaufend weiterentwickelt werden /IAEA 12/. Durch die Einhaltung der dort festgelegten Vorschriften wird der Schutz des Personals sowie der Bevölkerung vor ionisierender Strahlung bei der Beförderung radioaktiver Stoffe gemäß der Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) sichergestellt.

Fragen zur Höhe der Exposition der Bevölkerung aufgrund der geplanten Transporte von radioaktiven Abfallgebinden zum sich in Errichtung befindlichen Endlager Schacht Konrad sind immer wieder Gegenstand von Diskussionen in der Öffentlichkeit. Die zuletzt 2009 durchgeführte Transportstudie Konrad /SEN 10/ basiert auf Daten, die zum damaligen Zeitpunkt als repräsentativ für die ersten zehn Jahre des Einlagerungsbetriebs galten. Eine Zielsetzung im Rahmen dieses Vorhabens war daher die Bereitstellung von aktualisierten Daten zu radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die zur Einlagerung in das Endlager Konrad vorgesehen sind. Das Transportaufkommen zum Endlager Konrad sollte auf Basis der beim BfS verfügbaren Informationen weiterverfolgt und so präzisiert werden, dass diese Daten für aktuelle Aussagen bezüglich der Strahlenexpositionen des Transportpersonals und der Bevölkerung verwendbar sind.

Gemäß der Ausgabe 2012 der internationalen Transportvorschriften ist es möglich, unter bestimmten Voraussetzungen Versandstücke mit radioaktiven Stoffen als sogenannte „freigestellte Versandstücke“ (excepted packages) zu deklarieren. Dies führt zu Vereinfachungen bei der Beförderung von radioaktiven Stoffen in geringen Mengen, unter Beibehaltung eines hohen Sicherheitsniveaus. Diese Möglichkeit wird bei sehr geringen Aktivitätsmengen häufig angewendet und betrifft z. B. auch Versandstücke, die sogenannte „Instrumente oder Fabrikate“ beinhalten, deren Aktivität bestimmte Aktivitätsgrenzwerte nicht übersteigt. Für solche Instrumente und Fabrikate wurde darüber hinaus in den aktuellen Transportvorschriften der IAEO ein neues Konzept eingeführt, das unter bestimmten Bedingungen deren vollständige Freistellung (als freigestellte Sendung: exempt consignment) von den Transportvorschriften durch Genehmigung/Zulassung (multilateral approval) der zuständigen Behörden der durch den Transport betroffenen Staaten erlaubt.

In Deutschland war bis zum 30. Juni 2016 das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) die zuständige Behörde für die Erteilung einer solchen Zulassung. Inzwischen ist diese Zuständigkeit auf das neu gegründete Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) übergegangen. Zur Unterstützung der Behörde bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben wurde im Rahmen dieses Vorhabens ein Verfahren für das BfS entwickelt, mit dessen Hilfe diese Genehmigungsverfahren zur Zulassung alternativer Aktivitätsgrenzwerte durchgeführt werden können. Das Verfahren wurde zur Eignung für die behördliche Praxis anhand der Erkenntnisse bei der Begleitung der ersten Zulassungsverfahren ausgearbeitet und am Ende des Vorhabens dem BfS zur weiteren Verwendung übergeben.

Dieses Vorhaben sollte des Weiteren dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und dem BfS bzw. BfE ermöglichen, Ad-hoc-Fragestellungen zu aktuellen nationalen und internationalen Themen der Transportsicherheit durch die GRS und ggf. durch externen Sachverstand zeitnah bearbeiten zu lassen.

Das Vorhaben 3614R03371 gliedert sich dementsprechend in drei Arbeitspakete (AP):

1. Bereitstellung eines Verfahrens zur Berechnung von Freistellungsgrenzwerten für Zulassungsverfahren,
2. Weiterverfolgung des Transportaufkommens zum Endlager Konrad für Expositionsanalysen,
3. Fachliche Stellungnahmen und Zuarbeiten.

In den nachfolgenden Kapiteln werden die durchgeführten Arbeiten und Ergebnisse zu den Arbeitspaketen 2 und 3 erläutert.

2 Weiterverfolgung des Transportaufkommens zum Endlager Konrad für Expositionsanalysen

Die Transportstudie Konrad 2009 (TSK 2009) /SEN 10/ hat sich mit Fragen der Exposition der Bevölkerung durch die Beförderung radioaktiver Stoffe zum Endlager Konrad befasst. Sie wurde auf Basis der zum damaligen Zeitpunkt verfügbaren Angaben durchgeführt. Insbesondere konnten freiwillige Informationen der Ablieferungspflichtigen über die einzulagernden Abfälle für das erste Betriebsjahrzehnt des Endlagers Konrad verwendet werden. Seit der TSK 2009 hat sich der Inbetriebnahmetermine für das Endlager Konrad verschoben, so dass vor dem Jahr 2022 keine Einlagerung stattfinden wird.

Im Rahmen des Vorhabens 3614R03371, AP 2, war vorgesehen, im Rahmen der Möglichkeiten, aktualisierte Daten zu radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die zur Einlagerung in das Endlager Konrad vorgesehen sind, bereitzustellen. Insbesondere sollten die Angaben zur Anzahl der erwarteten Behälter und Transporteinheiten auf Basis der beim BfS verfügbaren Informationen als auch die radiologischen Eigenschaften verfolgt und ggf. aktualisiert werden. Diese Daten sollen als Basis für zukünftige Expositionsanalysen dienen, um aktuelle Aussagen bzgl. der Strahlenexposition des Transportpersonals und der Bevölkerung treffen zu können.

Zunächst wurden dazu verfügbare Informationen zusammengetragen und ausgewertet, mit dem Ziel der Weiterverfolgung und Präzisierung der Abfallcharakteristika konradgängiger Abfälle. Es wurde die Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von aktuellen Daten recherchiert und untersucht, ob diese Daten ausreichende Informationen für eine aktualisierte Transportstudie Konrad liefern können. Zusätzlich sollte der weitere Informationsbedarf, der über die Inhalte des Verzeichnisses radioaktiver Abfälle der Bundesregierung und den zugehörigen Abfragen für die Ablieferungspflichtigen hinausgeht identifiziert werden.

Im Folgenden werden die Abfalldarstellungen des BfS/BMUB auf Basis der Daten aus dem Nationalen Entsorgungsprogramm /BMUB 15a/, insbesondere dem Verzeichnis radioaktiver Abfälle, sowie relevante Änderungen/Ergänzungen der 2014 aktualisierten Endlagerungsbedingungen Konrad /BFS 14/ dargestellt. Anschließend wird eine Einschätzung der Verfügbarkeit und der Qualität der Daten in Hinblick auf die Aufgabenstellung gegeben.

Der GRS standen für die Aufgabenstellung im AP 2 keine unmittelbaren Angaben der Ablieferungspflichtigen im Rahmen des Nationalen Entsorgungsprogramms (Datenblätter der Abfrage des BfS zur Bestandserhebung radioaktiver Abfälle) zur Verfügung.

2.1 Verfügbare Informationen und Daten

Folgende Quellen wurden als Grundlage für die Auswertung und Bewertung der zur Verfügung stehenden Daten im Vorhaben verwendet:

- Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro)
 - Verzeichnis radioaktiver Abfälle
- Bundesanstalt für Strahlenschutz (BfS)
- Endlager Konrad
 - Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 2014
 - Fachworkshop 2015 zum Thema „Konrad“

Diese Informationsquellen wurden in Hinblick auf das Abfallaufkommen, nuklidspezifische Details, Transportrandbedingungen und Einlagerungsbedingungen im Schacht Konrad ausgewertet.

2.1.1 Nationales Entsorgungsprogramm (NaPro)

Vom BMUB werden im Rahmen der Berichtserstattungspflicht nach Richtlinie 2011/70/EURATOM mit dem Bericht zum nationalen Entsorgungsprogramm folgende fünf Berichte im Zusammenhang mit dem Aufkommen radioaktiver Abfälle in Deutschland verfasst:

1. Übergeordneter Bericht: „Nationales Programm“
2. Bericht für die Überprüfungskonferenz des gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle
3. Bericht zur Durchführung der Richtlinie 2011/70/Euratom
4. Verzeichnis radioaktiver Abfälle

5. Bericht über Kosten und Finanzierung der Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle

Neben einem Überblick zum Bestand der Abfälle wird eine Prognose über das erwartete radioaktive Abfallaufkommen bis zum Jahr 2080 gegeben. Die Angaben im „Verzeichnis radioaktiver Abfälle“ /BMUB 15b/ beziehen sich auf den Stichtag 31. Dezember 2014. Alle drei Jahre ist eine Aktualisierung geplant. Die vom Bundeskabinett am 12.8.2015 beschlossene Version des NAPRO /BMUB 15a/ enthält keinen Hinweis mehr auf eine mögliche Entsorgungsoption der rückzuziehenden Asse-Abfälle im Schacht Konrad wie im zunächst veröffentlichten Entwurf zum Bericht „Nationales Programm“.

Folgende Informationen, sind dem „Verzeichnis radioaktiver Abfälle“ /BMUB 15b/ zu entnehmen:

- Nach Lagerorten zusammengestellte Angaben zu den Abfällen
- Eine Übersichtskarte aller Standorte von Reaktoren, Transportbehälterlagern, Abfalllagern, Landessammelstellen und Konditionierungseinrichtungen
- Eine Abfallprognose bis zum Jahr 2080;
 - Die Angaben der Abfallverursacher sind auf Konradgebinde umgerechnet und als Abfallgebindevolumina angegeben. Abfälle aus der Asse II sind nicht berücksichtigt.
 - Es wird von einer Einlagerungszeit für das Endlager Konrad von ca. 40 Jahren ausgegangen.
- Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, unterschieden nach ihrer chemischen Form, d. h. in Anlehnung an Anlage X Teil A Nr. 2 StrlSchV
- Konditionierte Abfallprodukte, unterschieden nach Gebindeart und -volumen (Bruttovolumina); Angaben zu den typischen Volumina
- Standorte der Abfälle, Abfallgruppen (Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle, konditionierte Abfallprodukte und Endlagergebinde) sowie Anzahl und Volumen der Produkte bzw. Gebinde.
- Rohabfälle und vorbehandelte Abfälle sind nur als Masse angegeben.

Der Fokus bei der Datenverarbeitung für das Verzeichnis radioaktiver Abfälle lag auf den Lagerorten und nicht auf den Abfalleigentümern, woraus sich nach /BMUB 15b/ Abweichungen zu anderen Publikationen ergeben.

Aus dem Verzeichnis radioaktiver Abfälle /BMUB 15b/ können keine Einzelheiten zu den Abfällen und den Abfalleigenschaften abgelesen werden. Alle Informationen sind Zusammenfassungen der zugrunde liegenden Daten. Es fehlen Informationen darüber durch wen die Abfragen bei den Ablieferungspflichtigen durchgeführt wurden, wer die Datenblätter ausgewertet und die Zusammenfassung der Informationen vorgenommen hat. Auch sind keine Originaldatenblätter mit den Informationen der Abfallverursacher oder ein Musterdatenblatt mit Informationen zur Detailliertheit der Abfragen verfügbar.

Insbesondere fehlen Informationen zu den Nukliden (Nuklidzusammensetzungen) sowie zu Aktivitäten (Ortsdosisleistung, Zerfallskorrekturen), die für eine aktualisierte Transportstudie notwendig wären.

Auswertung des Verzeichnisses radioaktiver Abfälle

Die radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung sind unter „sonstige radioaktive Abfälle“ aufgeführt und werden entsprechend ihres Verarbeitungsstands kategorisiert. Zum Stichtag 31.12.2014 lagen rund 117.000 m³ konditionierte radioaktive Abfälle bei den Abfallverursachern/Ablieferungspflichtigen vor.

- Für ca. 3.000 m³ radioaktiver Abfälle (542 Gebinde /KUG 14/) ist die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen Konrad bestätigt. Das BfS hat die Freigabe zur Anmeldung für die Einlagerung im Endlager Konrad bestätigt. Diese Menge der geprüften und freigegebenen Gebinde entspricht etwa 1 % des für Konrad genehmigten Volumens.
- Das Volumen der vorliegenden Endlagergebände, das noch nicht durch BfS geprüft und freigegeben ist, beträgt nach /BMUB 15b/ ca. 100.000 m³ und entspricht damit einem Drittel der Einlagerungskapazität des Endlagers Konrad. D. h. im Umkehrschluss: für 2/3 der für Konrad zu erwartenden Abfälle liegen mit dem „Verzeichnis radioaktiver Abfälle“ des BMUB im Rahmen des NaPro noch keine genaueren Ergebnisse vor.

Tab. 2.1 Aufteilung des Bestandes sonstiger konditionierter radioaktiver Abfälle nach Abfallverursachergruppen /BMUB 15b/

| Verursachergruppen | Volumenanteil in % (31.12.2014) /BMUB 15b/ | Volumen^{*)} |
|--|---|-----------------------------|
| Kernkraftwerke im Leistungsbetrieb | 7 % | 8.190 m ³ |
| Kernkraftwerke i. d. Nachbetriebsphase, bzw. der Stilllegung | 31 % | 36.270 m ³ |
| Landessammelstellen | 3 % | 3.510 m ³ |
| Wiederaufarbeitung im Inland | 13 % | 15.210 m ³ |
| Forschungseinrichtungen | 37 % | 43.290 m ³ |
| Kerntechnische Industrie | 9 % | 10.530 m ³ |

^{*)} Berechnung aus den %-Angaben und Angabe des Gesamtvolumens in /BMUB 15b/

Nach dem Verarbeitungszustand ergeben sich folgende Abfallmengen „sonstiger radioaktiver Abfälle“ (inklusive im Ausland lagernder sonstiger radioaktiver Abfälle):

Tab. 2.2 Sonstige radioaktive Abfälle, Stand 31.12.2014 /BMUB 15b/

| Verarbeitungszustand | Menge |
|-------------------------------------|------------------------|
| Rohabfall und vorbehandelter Abfall | 21.662 Mg |
| Konditionierte Abfallprodukte | 16.908 m ³ |
| Endlagergebände | 100.288 m ³ |

Der Rohabfall und der vorbehandelte Abfall erlauben noch keine Rückschlüsse auf das Endlagervolumen und werden als Masse angegeben.

Verfügbarkeit der dem NaPro zugrunde liegenden Abfalldaten

Die dem NaPro zugrundeliegenden Informationen (Fragebogen und ausgefüllte Datenblätter für die Bestandsabfrage bei den Abfallverursachern) sind nicht frei zugänglich. Eine Möglichkeit zum Zugriff und zur Auswertung der Datenblätter (ggf. mit aktuellem Stichtag) wäre ggf. zukünftig - nach Genehmigung durch den Auftraggeber - über andere GRS-Projekte möglich, bei denen die Datenblätter mit einer zeitlichen Verzögerung von mehr als eine Jahr zur Auswertung vorliegen.

2.1.2 Bundesamt für Strahlenschutz

Das Bundesamt für Strahlenschutz hat seine Darstellung der Abfallzuordnungen auf der Internetseite an das Nationale Entsorgungsprogramm angepasst. Damit ergeben sich Änderungen gegenüber den Zuordnungen zur Zeit der Transportstudie Konrad 2009. In diesem Kapitel erfolgt eine Gegenüberstellung der aktuellen Abfallzuordnung von 2015 und der früher vom BfS verwendeten Zuordnung (anhand von abgespeicherten BfS-Internetseiten aus dem Jahr 2011).

Das BfS unterscheidet auf seiner Internetseite /BFS 15/ (Stand: 10.03.2015) grundsätzlich zwischen unkonditionierten und konditionierten Abfällen. Die Abfälle werden neben diesen zwei Hauptkategorien in weitere Unterkategorien unterteilt (siehe Tab. 2.3).

Tab. 2.3 Abfall-Kategorien /BFS 15/

| Unkonditionierte Abfälle | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| RA | Rohabfälle |
| VA | Vorbehandelte Abfälle |
| Konditionierte Abfälle | |
| P1 | Abfallprodukte in Innenbehältern |
| P2 | Produktkontrollierte Abfallprodukte |
| G1 | Abfallprodukte in Konradbehältern |
| G2 | Produktkontrollierte Abfallgebilde |

Der Abfallbestand konditionierter radioaktiver Abfälle (Abfallkategorien P1 bis G2) mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung wird auf sechs Verursachergruppen aufgeteilt (siehe Tab. 2.4).

Tab. 2.4 Abfallbestand konditionierter Abfälle nach /BFS 15/

| Verursacherguppen | Anteil am Gesamtvolumen in % (31.12.2013) /BFS 15/ | Volumen ^{*)} |
|-----------------------------|---|------------------------------|
| Kernkraftwerke | 7 % | 7.971,95 m ³ |
| Stillgelegte Kernkraftwerke | 31 % | 35.304,35 m ³ |
| Landessammelstellen | 3 % | 3.416,55 m ³ |
| Wiederaufarbeitung (WAK) | 13 % | 14.805,05 m ³ |
| Forschungseinrichtungen | 37 % | 42.137,45 m ³ |
| Kerntechnische Industrie | 9 % | 10.249,65 m ³ |
| Gesamt | | 113.885 Kubikmeter |

^{*)} Berechnung aus den %-Angaben und der Angabe des Gesamtvolumens in /BFS 15/

Detailliertere Zuordnungen und Abfallvolumina sind den Darstellungen der BfS Internetseite /BFS 15/ nicht zu entnehmen.

In älteren Veröffentlichungen des BfS (/BFS 11a/, /BFS 11b/ Stand 23.09.2011) ist die Verursacherguppe „Forschungseinrichtungen“ weiter wie folgt aufgegliedert:

- Europäisches Institut für Transurane - ITU
- Forschungs- und Messreaktor Braunschweig - FMRB
- Forschungsreaktor München - FRM und FRM II
- Helmholtz Zentrum Geesthacht (ehemals GKSS)
- Forschungszentrum Jülich GmbH - FZJ
- Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe der Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe GmbH - WAK (ehemals Forschungszentrum Karlsruhe - FZK)
- Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie (ehemals Hahn-Meitner-Institut)
- Institut für Radiochemie, TU München
- Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik (VKTA) e. V., Dresden-Rossendorf.

Im Jahr 2011 wurde der Anteil radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung aus dem Bereich Medizin mit weniger als 0,5 % Volumen an der Gesamtmenge der Abfälle geschätzt und vermutet, dass „der Anteil der in Konrad endzulagernden Abfälle [...] voraussichtlich im Promille-Bereich liegen“ wird /BFS 11a/.

Die Daten der Abfallerhebung für das Jahr 2010 (ausgenommen abgebrannte Brennelemente) waren zu drei Reststoffarten zusammengefasst, die der Nomenklatur der Strahlenschutzverordnung entsprachen /BFS 11b/. Insgesamt waren nach /BFS 11a/ am 31.12.2010 ca. 124.300 m³ radioaktive Reststoffe mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung vorhanden.

Tab. 2.5 Abfallvolumen für das Jahr 2010 /BFS 11b/

| Reststoffart | Volumen (Bestand Ende 2010) |
|--|--------------------------------|
| Unbehandelte Reststoffe (verwertbare Reststoffe und Rohabfälle) | 17.517 m ³ |
| Zwischenprodukte | 10.295 m ³ |
| Konditionierte Abfälle | 96.513 m ³ |

Die Aufteilung der konditionierten radioaktiven Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (also 96.513 m³, Stand 31.12.2010) auf Verursachergruppen sah wie folgt aus (Tab. 2.6):

Tab. 2.6 Abfallvolumen konditionierter Abfälle im Jahr 2010 /BFS 11a/

| Verursachergruppen | Anteil an den konditionierten Abfällen in % (31.12.2010) /BFS 11a/ | Volumen ^{*)} |
|-----------------------------|--|---------------------------|
| Kernkraftwerke in Betrieb | 17,3 % | 16.697,095 m ³ |
| Stillgelegte Kernkraftwerke | 14,8 % | 14.284,22 m ³ |
| Landessammelstellen | 3,5 % | 3.378,025 m ³ |
| Wiederaufarbeitung (WAK) | 14,7 % | 14.187,705 m ³ |
| Forschungseinrichtungen | 41,5 % | 40.053,725 m ³ |
| Kernteknische Industrie | 8,2 % | 7.914,23 m ³ |
| Gesamt | 100 % | 96.515 m ³ |

^{*)} Berechnung aus den %-Angaben und der Angabe des Gesamtvolumens in /BFS 11a/

2.1.3 Endlager Konrad

Für eine Aktualisierung der Transportstudie Konrad sind wesentliche Änderungen bei den 2009 zugrunde gelegten Randbedingungen (organisatorisch, annahmebedingt) zu beachten, soweit sie erfolgt sind, da diese Auswirkungen auf die Analysen zum Transportaufkommen oder aber auch den Nuklidzusammensetzungen der Abfallgebinde haben könnten und damit ggf. Einfluss auf Transportmengen und -zeiten haben.

Randbedingungen für den Einlagerungsbetrieb

Die TSK 2009 basiert auf folgenden Annahmen zum Einlagerungsbetrieb (BfS Planungen entsprechend des prognostizierten Endlagerungsbedarfs bis 2040) /SEN 10/:

- einschichtiger Einlagerungsbetrieb
- Einlagerungsmenge von etwa 2.300 Transporteinheiten pro Jahr;
d. h. je nach Anteil der angelieferten Behältertypen beträgt das Abfallbehältervolumen (Brutto) etwa 10.000 - 12.000 m³ pro Jahr
- 230 Betriebstage pro Jahr
- 50 Transporteinheiten pro Woche

Informationen aus Fachgesprächen zur Abruflogistik

Die Informationen stammen aus Protokollen zu den Fachgesprächen Abruflogistik und lagen bisher im Referat SE 6.2 / Abfallinventar und Produktkontrolle des BfS vor.

Die Fachgespräche zur Abruflogistik dienen der Planung der Anlieferung von Abfallgebinden an das Endlager Konrad. Dabei sind sicherheitstechnische und betriebliche Randbedingungen zu berücksichtigen. Mit der Voranmeldung der einzulagernden Abfallgebinde werden von den Ablieferungs-/Abführungspflichtigen bzw. den eingesetzten Koordinationsstellen die voraussichtliche Anzahl der Abfallgebinde je Abfallgebindetyp und deren Eigenschaften benannt, die im folgenden Kalenderjahr eingelagert werden soll. Anhand dieser Daten wird ein erster Überblick über die Anzahl der geplanten Abfallgebinde (inklusive des Anteils an Sondergebinden), der Behältertypen, der Ablieferungszeiträume sowie der vorgesehenen Transportlogistik (voraussichtliches Verhältnis LKW/Bahn) gegeben (Grobkonzept zur Abruflogistik, Stand: Juni 2015, 11. FG zur Ab-

ruflogistik). Das Grobkonzept zur Abruflogistik sieht vor, dass die Abfallvoranmeldung 21 Monate vor Beginn des Einlagerungsjahres erfolgt.

- Anlieferung per Bahn
 - Nach Erhebungen der EWN zum Regelgüterverkehr im Schienennetz erreichen alle Transporte über die Schiene den Übergabebahnhof Beddingen in einem engen Zeitfenster am Vormittag (Fachgespräch im Februar, 2012).
- Trocknungsanlage
 - Die Trocknungsanlage für LKW/Bahnwaggons kann ggf. einen Engpass darstellen. Es ist möglich 9 LKW pro Schicht in der Trocknungsanlage zu behandeln. Bei reiner Waggonanlieferung sind 7 Trocknungszyklen pro Schicht und 2 Trocknungszyklen pro Schicht bei gemischter Waggon und LKW-Anlieferung möglich. Beim Anlieferungsmix Straße/ Schiene könnte es zu einem Engpass kommen, wenn sich das Verhältnis hin zu einer erhöhten Anzahl an LKW Anlieferungen verschiebt.
- Dem Konzept zur Abruflogistik für das Endlager Konrad wurde im Mai 2011 folgendes Szenario zugrunde gelegt:
 - Die Anlieferung erfolgt zu ca. 80 % per Bahn und zu 20 % per Straße (erwarteter Jahresdurchschnitt)
 - Es werden maximal 17 Transporteinheiten pro Tag im Einschichtbetrieb eingelagert
 - Es werden keine kompletten (Ganz-)Züge erwartet, sondern einzelne Waggons im Regelgüterzugbetrieb.

Vom BfS wird der Bahntransport aufgrund geringerer radiologischer Belastungen präferiert.

GNS rechnet mit einem höheren Anteil an Transporten über die Straße, da eine Vielzahl von Standorten/Absendern keinen Bahnanschluss hat und der Transport über die Straße flexibler ist.

Nach Informationen auf dem 11. Fachgespräch zur Abruflogistik am 16.06.2015 in Essen zur Annahmekapazität des Endlagers Konrad kann die Auslegungsgröße von 17

Transporteinheiten pro Tag im Einschichtbetrieb für das Endlager derzeit nur erreicht werden, wenn die Anlieferung vorrangig per Bahn erfolgt.

Aktualisierte Endlagerungsbedingungen Konrad, Stand Dezember 2014

Im Dezember 2014 hat das Bundesamt für Strahlenschutz die Endlagerungsbedingungen Konrad aktualisiert. Anlass waren unter anderem die Forderungen des NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) aus dem wasserrechtlichen Aufsichtsverfahren. Die aktualisierten Endlagerungsbedingungen dienen der Klarstellung beziehungsweise Präzisierung bestehender Regelungen sowie der Fortschreibung aufgrund neuer Angaben der Ablieferungs- und Abführungspflichtigen zum Radionuklidspektrum und zu den Abfallbehältertypen. Inzwischen wurde eine neue Fassung der Endlagerbedingungen mit Stand von Februar 2017 veröffentlicht /KUG 17/, die jedoch aufgrund der Bewertung der Datenlage (vgl. Abschnitt 2.2) zum Stand Ende 2016 nicht mehr berücksichtigt wurde.

Es wurden Ergänzungen und Klarstellungen/Verdeutlichungen zu einzelnen Anforderungen vorgenommen und im Rahmen der Fortschreibung der Endlagerungsbedingungen berücksichtigt. Diese liegen jetzt als „Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 2014), Endlager Konrad“ vor /BFS 14/.

- Es sind Veränderungen in der dortigen Tabelle 9 (mittlere Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide und Radionuklidgruppen am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad) vorgenommen worden. Die Änderungen in der aktualisierten Fassung /BFS 15/ sind in der unteren Tabelle der Abb. 2.1 gelb markiert.
 - für H-3, Th-232 und U-238 sind die Aktivitätskonzentrationen um eine Nachkommastelle erhöht worden. Das gleiche gilt für die Gesamt-Alphastrahler und die Gesamt-Beta-/Gammastrahler.

| Radionuklid / Radionuklidgruppe | Mittlere Aktivitätskonzentration |
|------------------------------------|----------------------------------|
| H-3 | 1,9E+12 |
| C-14 | 1,3E+09 |
| I-129 | 2,3E+06 |
| Ra-226 | 1,3E+07 |
| Th-232 | 1,6E+06 |
| U-235 | 6,6E+05 |
| U-236 | 3,3E+06 |
| U-238 | 6,2E+06 |
| Pu-239 | 6,6E+09 |
| Pu-241 | 6,6E+11 |
| Gesamt - Alphastrahler | 4,9E+11 |
| Gesamt - Beta-/Gammastrahler | 1,6E+13 |

Tabelle 9: Mittlere Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide und Radionuklidgruppen am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad. Angaben in Bq/m³.

| Radionuklid / Radionuklidgruppe | Mittlere Aktivitätskonzentration |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| H-3 | 2,0E+12 |
| C-14 | 1,3E+09 |
| I-129 | 2,3E+06 |
| Ra-226 | 1,3E+07 |
| Th-232 | 1,7E+06 |
| U-235 | 6,6E+05 |
| U-236 | 3,3E+06 |
| U-238 | 6,3E+06 |
| Pu-239 | 6,6E+09 |
| Pu-241 | 6,6E+11 |
| Gesamt - Alphastrahler | 5,0E+11 |
| Gesamt - Beta-/Gammastrahler | 1,7E+13 |

Tabelle 9: Mittlere Aktivitätskonzentrationen relevanter Radionuklide und Radionuklidgruppen. Angaben in Bq/m³.

Abb. 2.1 Tabelle 9 der Endlagerungsbedingungen Konrad - obere Tabelle /BRE 11/, untere Tabelle /BFS 15/

- Bezüglich der in den Abfällen vorhandenen Radionukliden wurde die Tabelle 10 in /BFS 15/ („Zusätzliche Radionuklide, die in radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung enthalten sein können“) um folgende neun Nuklide erweitert: Si-32, Te-121, Tm-171, Lu-173, Lu-176, Hf-178, Pt-193, Bi-205, Cm-241.

2.1.4 Transportstudie Konrad

Für die Transportstudie Konrad 2009 /SEN 10/ wurde 2008 eine bundesweite Abfalldatenerhebung durchgeführt, sowie weitere ergänzende Untersuchungen (auch im Nachgang /SEN 12/, /BRC 03/).

Die Hauptablieferungspflichtigen wurden um Informationen zu

- Abfallherkunft
- Abfallart
- Fixierungs-/Konditionierungsform (tatsächliche oder vorgesehene)
- Verpackungsform (tatsächliche oder vorgesehene)
- (voraussichtliche) Anzahl der anzuliefernden Abfallbehälter
- Aktivitätsinventar und Nuklidzusammensetzung
- Massen der Abfallgebinde
- Ortsdosisleistung der Abfallgebinde
- voraussichtliche Beförderungsmodalitäten

gebeten /SEN 12/.

Der bundesweite Bestand an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (behandelt und unbehandelt) betrug nach Erhebungen des BfS (Stand: Ende 2007) ca. 120.000 m³ /SEN 12/.

Die von den Ablieferungspflichtigen zur Verfügung gestellten Angaben und Informationen bezogen sich insgesamt auf ein Abfallgebinderolumen konradgängiger Abfälle von etwa 110.000 m³ (Brutto). Dies repräsentierte zu dieser Zeit mehr als 91 Prozent des bundesweiten Gesamtbestandes radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ /SEN 10/.

Wichtige Eingangsdaten für die TSK 2009 waren Eigenschaften der Abfall- und Transportbehälter selbst, das erwartete Transportaufkommen und insbesondere radiologische Charakteristika der radioaktiven Abfälle (Aktivitätsinventar, Ortsdosisleistung von Gebinden, nuklidspezifische Aktivitäten, Leitnuklide und weitere).

Auf Basis der Abfalldatenerhebung für die TSK 2009 hat die GRS eine Datenbank (beschränkte Zugriffsberechtigungen), mit Angaben über Art, Menge und Zusammensetzung der in den Abfällen enthaltenen Aktivitäten; z. T. nicht zerfallskorrigiert; ca. 75 Nuklide mit unterschiedlichen Halbwertszeiten, Angaben zur Behälterdosisleistung, detaillierte Infos zur Häufigkeitsverteilung des Aktivitätsinventars der Abfallgebinde, mittlere Aktivitäten der Transporteinheiten, Ortsdosisleistungen für verschiedene Abstände vom Abfallbehälter (0 m, 1 m und 2 m Entfernung) erstellt.

Der Abfalldatenerhebung der GRS im Rahmen der TSK 2009 lag folgende Nuklidliste zugrunde:

Ra-226
Th-232
U-235
U-236
U-238
Pu-239
Am-241
Cm-244
Gesamt Alpha
H-3
Be-10
C-14
Fe-55
Co-60
Ni-63
Sr-90
I-129
Cs-137
Eu-154
Pu-241
Gesamt Beta/Gamma

Fachworkshop zum Thema „Konrad“

Im Juli 2015 wurde auf einem Fachworkshop zum Thema Endlager Konrad der Kontakt zu einigen Ablieferungspflichtigen erneut aufgenommen. Ziel der Gespräche mit den Ablieferungspflichtigen war die Prüfung der Unterstützung der GRS, für den Fall dass eine Neuauflage der Transportstudie Konrad beauftragt wird. Diese Unterstützung wurde seitens der Ablieferungspflichtigen prinzipiell zugesagt. Bezüglich der Datengrundlage sei jedoch nicht damit zu rechnen, dass sie sich in näherer Zeit gegenüber der Abfrage für die TSK 2009 deutlich verbessert.

2.2 Bewertung

Abfallgebundevolumen konradgängiger Abfälle

Das BfS /BFS 15/ hat seine Darstellungen der Abfallzuordnungen an das Nationale Entsorgungsprogramm angepasst. Damit erfolgte eine Veränderung des Abfallkategorienystems gegenüber den Veröffentlichungen, die der TSK2009 zugrunde lagen. BfS und BMUB (NaPro – „Verzeichnis radioaktiver Abfälle“) verwenden nun die gleichen sechs Abfallkategorien. Dieses Kategoriensystem /BMUB 15b/ hat das zuvor vom BfS verwendete Kategoriensystem aus der StrlSchV /STR 17/ (Anlage X) mit den drei Abfallklassen Rohabfall (R), Zwischenprodukt (Z) und konditionierter Abfall (K) ersetzt. Die neue Abfalluntergliederung (Abfallkategorie) richtet sich nach dem Stand der Bearbeitung der Abfälle.

Das Verzeichnis radioaktiver Abfälle des NaPro /BMUB 15b/ enthält die neueren Informationen zum Abfallbestand radioaktiver Abfälle in Deutschland.

- Das BfS gibt auf seiner Internetseite /BFS 15/ – basierend auf den Angaben der Abgabepflichtigen für das NaPro – den Bestand an Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung zum 31.12.2013 an.
- Das Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestandteil der Berichte zum Nationalen Entsorgungsprogramm der BRD) des BMUB bezieht sich auf den Stichtag 31.12.2014 /BMUB 15b/.

Tab. 2.7 Abfallkategorien und Beschreibung nach /BFS 15/ und /BMUB 15b/

| Grobeinteilung | Abfallkategorie | Beschreibung nach /BFS 15/ und /BMUB 15b/ |
|---------------------------------|--|---|
| Unkonditionierte Abfälle | RA - Rohabfälle | Unverarbeitete, teilweise vorsortierte, radioaktive Abfälle in ihrer Entstehungsform |
| | VA - Vorbehandelte Abfälle | Radioaktive Rohabfälle sind zur besseren Handhabung oder Lagerung vorbehandelt. Für die Endlagerung müssen sie jedoch weiter konditioniert werden. |
| Konditionierte Abfälle | P1 - Abfallprodukte in Innenbehältern | Abfälle in Innenbehältern (z. B. Fässern), die soweit konditioniert wurden, dass eine weitere Behandlung deren Produkteigenschaften nicht mehr verändert. Innenbehälter sind Behälter zur Aufnahme von Abfallprodukten, die in einem standardisierten Konradbehälter (Abfallbehälter) eingesetzt werden. Die Abfallprodukte werden in der Regel nach qualifizierten Verfahren hergestellt, sind jedoch noch nicht abschließend produktkontrolliert. Sie dürfen noch nicht in das Endlager Konrad oder ein anderes Endlager eingelagert werden, weil der jeweilige Abfallbesitzer noch das festgelegte Nachweisverfahren führen muss, dass er alle Bestimmungen eingehalten hat. |
| | P2 - Produktkontrollierte Abfallprodukte | In Innenbehältern verpackte Abfallprodukte, für die mindestens die radiologische Produktkontrolle erfolgreich durchgeführt wurde, gelten als produktkontrolliert. Sie haben ein qualifiziertes, durch die Produktkontrolle begleitetes und testiertes Konditionierungsverfahren durchlaufen. Sie haben nachgewiesen, dass sie die geltenden Endlagerungsbedingungen einhalten. Die in Innenbehältern verpackten Abfallprodukte müssen noch in zugelassene Endlagerbehälter verpackt werden. |
| | G1 - Abfallprodukte in Konradbehältern | Abfallprodukte in einem zur Endlagerung in Konrad vorgesehenen Behältertyp. |
| | G2 - Produktkontrollierte Abfallgebinde | Produktkontrolliertes Abfallgebinde. D. h. ein Abfallgebinde, das vom BfS als endlagerfähig bestätigt ist und zur Einlagerung in das Endlager Konrad angemeldet und abgerufen werden kann. Die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad ist kontrolliert und dokumentiert. Das BfS hat die Endlagerfähigkeit bestätigt. |

Aus der Darstellung bei /BFS 15/ ist nicht eindeutig ersichtlich, welche Verursachergruppen der Öffentlichen Hand und welche den EVU zugeordnet werden.

Beim Vergleich der Abfallvolumina /BFS 15/ Stand 31.12.2013 und /BFS 11a/ Stand 31.12.2010 ist zu beachten, dass die zugrunde gelegten Abfallkategorien verändert wurden (siehe Kapitel 2.1.2):

Tab. 2.8 Entwicklung des Anteils konditionierter Abfälle nach Verursachergruppen aus /BFS 11a/, /BFS 15/, /BMUB 15b/

| Verursachergruppen | 31.12.2010 | | 31.12.2013 | | 31.12.2014 | |
|--|---|-----------------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|
| | Anteil an den konditionierten Abfällen in % /BFS 11a/ | Volumen *) nach /BFS 11a/ | Anteil am Gesamtvolumen konditionierter Abfälle in % /BFS 15/ | Volumen *) nach /BFS 15/ | Anteil am Gesamtvolumen in % /BMUB 15b/ | Volumen *) nach /BMUB 15b/ |
| Kernkraftwerke (KKW im LB /BMUB 15b/) | 17,3 % | 16.697,095 m ³ | 7 % | 7.971,95 m ³ | 7 % | 8.190 m ³ |
| Stillgelegte Kernkraftwerke (KKW i. d. Nachbetriebsphase, bzw. der Stilllegung /BMUB 15b/) | 14,8 % | 14.284,22 m ³ | 31 % | 35.304,35 m ³ | 31 % | 36.270 m ³ |
| Landessammelstellen | 3,5 % | 3.378,025 m ³ | 3 % | 3.416,55 m ³ | 3 % | 3.510 m ³ |
| Wiederaufarbeitung (WAK) (Wiederaufarbeitung im Inland /BMUB 15b/) | 14,7 % | 14.187,705 m ³ | 13 % | 14.805,05 m ³ | 13 % | 15.210 m ³ |
| Forschungseinrichtungen | 41,5 % | 40.053,725 m ³ | 37 % | 42.137,45 m ³ | 37 % | 43.290 m ³ |
| Kerntechnische Industrie | 8,2 % | 7.914,23 m ³ | 9 % | 10.249,65 m ³ | 9 % | 10.530 m ³ |
| GESAMT | 100 % | 96.515 m³ | 100 % | 113.885 m³ | 100 % | 117.000 m³ |

*) Berechnung aus den %-Angaben und der jeweiligen Angabe des Gesamtvolumens in /BFS 11a/, /BFS 15/, /BMUB 15b/

Bei den Änderungen der Volumina der Verursachergruppen „Kernkraftwerke“ und „Stillgelegte Kernkraftwerke“ von 2010 zu 2013 sind die geänderten Abfallkategorien zu beachten.

Der TSK 2009 /SEN 10/ wurde ein Abfallgebinderolumen konradgängiger Abfälle von etwa 110.000 m³ (Brutto) zugrunde gelegt. Der bundesweite Bestand an radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung in konditionierter und unkonditionierter Form betrug Ende 2007 etwa 120.000 m³. Nach /BMUB 15b/ beträgt das Volumen der für Konrad durch BfS geprüften und freigegeben Gebinde ca. 3.000 m³ und das Volumen der Endlagergebände, die noch nicht durch BfS geprüft und freigegeben sind ca. 100.000 m³ (Ende 2014). Damit liegen ca. 1/3 der für Konrad vorgesehenen Abfälle in konditionierter Form vor, auch wenn der überwiegende Anteil im Rahmen der Produktkontrolle noch nicht geprüft und freigegeben ist.

Datenverfügbarkeit und -nutzbarkeit

Aus dem NaPro /BMUB 15b/ lassen sich zurzeit keine ausreichenden Informationen – hinsichtlich Qualität und Quantität der Informationen (z. B. nuklidspezifische Aktivitäten der radiologisch relevanten Nuklide /SEN 10/) – für eine neue TSK ableiten.

Die Datenblätter der Bestandsabfrage des BfS bei den Abfallverursachern für das Verzeichnis radioaktiver Abfälle sind nicht frei zugänglich.

Für das Endlager Konrad wird eine Betriebszeit von ca. 40 Jahren angenommen. Die einzulagernden Abfallgebände müssen erst ca. 2 Jahre vor Einlagerung vom BfS freigegeben/geprüft vorliegen. Es ist daher nicht einzuschätzen, ob für eine erneute TSK frühzeitig im Vorfeld der Inbetriebnahme des Endlagers aussagekräftige Daten aufgrund der Abfragen für das NaPro vorliegen.

Änderungen der Zuständigkeiten im Bereich der kerntechnischen Entsorgung

Im Rahmen des Gesetzes zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung wurden das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE), die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) und die Gesellschaft für Zwischenlager (BGZ) gegründet. Mit Inkrafttreten am 30.07.2016 wurden staatliche Aufgaben der Aufsicht und Genehmigung im Bereich der Kerntechnik, der Zwischenlagerung, der Standortauswahl und der Endlagerüberwachung vom BfS auf das BfE übertragen. Dazu zählt zukünftig auch die Aufgabe der Datenerhebung für das Verzeichnis der radioaktiven Abfälle für das NaPro. Derzeit befindet sich das BfE im Aufbau, die Aufgaben werden schrittweise aufgenommen.

Die BGE, eine Gesellschaft des Bundes, befindet sich ebenfalls im Aufbau. Zum 25. April 2017 wurden Teile des Bundesamtes für Strahlenschutz in die BGE überführt. Im Laufe des Jahres 2017 werden auch die Asse-GmbH und die Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) in die BGE eingegliedert. Die BGE ist nach Atomgesetz Betreiber der Schachanlage Asse II, des Endlagers Konrad, des Endlagers Morsleben und des Bergwerks Gorleben.

Die neu gegründete BGZ ist seit dem 01.08.2017 in Bundesbesitz. Zu ihrem Geschäftsfeld gehören die zentralen Zwischenlager in Gorleben und Ahaus. Anfang 2019 werden die 12 dezentralen Zwischenlager für hochradioaktive Abfälle an den KKW-Standorten in die Zuständigkeit der BGZ fallen und Anfang 2020 die 12 Lager mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen aus dem Betrieb und Rückbau der Kernkraftwerke. Entsprechend werden Teile der Daten für das Verzeichnis der radioaktiven Abfälle des NaPro zukünftig bei der BGZ abgefragt werden.

Die Zuständigkeiten für Lager der radioaktiven Abfälle der Öffentlichen Hand bleiben bei der Öffentlichen Hand.

2.3 Zusammenfassung und Ausblick

Die Informationen im AP 2 des Vorhabens 3614R03371 wurden mit Blick auf die Fragestellung „Welcher Erkenntnisgewinn ist aufgrund der verfügbaren Daten für eine aktualisierte Transportstudie zu erwarten?“ zusammengetragen. Für eine erneute Transportstudie könnte derzeit die Datenbank der GRS mit den Informationen für die TSK 2009 und die Daten aus dem „Verzeichnis radioaktiver Abfälle“ des NaPro herangezogen werden. Aktualisierte Informationen der Ablieferungspflichtigen für eine neue Transportstudie liegen seit der TSK 2009 nicht vor.

Die Daten des NaPro zeigen, dass es Fortschritte bei der Konditionierung konradgängiger Gebinde gibt. Insgesamt ist die Menge der produktkontrollierten Gebinde gemessen am gesamten zur Einlagerung vorgesehenen Volumen mit 1 % gering. Nach Angaben der Abfallverursacher/Ablieferungspflichtigen im Rahmen des NaPro haben die für Konrad konditionierten Gebinde etwa ein Volumen von 100.000 m³. Sie sind aber noch nicht abgeschlossen produktkontrolliert, so dass keine genaueren Angaben zur Nuklidzusammensetzung im Rahmen des NaPro gegeben werden. Ab der Abfallkategorie G1 (Abfallprodukte in Konradbehältern) sind Angaben zu Nukliden für die TSK verwertbar. Es ist davon auszugehen, dass bis zur Inbetriebnahme des Endlagers Kon-

rad die Menge an detaillierteren Informationen begrenzt bleibt. Es sind zurzeit keine wesentlichen Erkenntniszuwächse aufgrund der Informationen zu den Abfallgebinden für eine erneute Transportstudie zu erwarten.

Bei der Transportlogistik ist im Rahmen der Fachgespräche zur Abruflogistik deutlich hervorgehoben worden, dass das Anlieferungsverhältnis LKW/Bahn einen entscheidenden Einfluss auf die tägliche Einlagerungskapazität hat. Dies hat unmittelbar Auswirkungen auf die Anlieferung, da diese „just in time“ erfolgt. Die angestrebten Mengen die auslegungstechnisch möglich sind, können derzeit nur erreicht werden, wenn die Anlieferung vorrangig per Bahn erfolgt.

Im Vorhabenszeitraum wurden Gespräche mit Abfallverursachern/ Ablieferungspflichtigen zur Datenlage für eine mögliche Aktualisierung der Transportstudie geführt. Nach ihrer Einschätzung seien im Wesentlichen keine Veränderungen gegenüber den Informationen für die TSK 2009 zu erwarten.

Für die Erstellung einer aktuellen Transportstudie Konrad besteht detaillierterer Informationsbedarf insbesondere zu (/SEN 12/):

- Eigenschaften des Abfalls (physikalische Form, Herkunft/Prozess, brennbar/nicht brennbar etc.)
- Radiologische Merkmale
 - Radionuklidinventar
 - Dosisleistung und Verlaufskurven bei verschiedenen Abständen
- Abfallmengen
- Beförderungsmodalitäten, Verpackungs- und Transportkonzept
 - Zahl und Art der Behälter
 - Transportmittel
 - Randbedingungen der Beförderung (Wegstrecken, Handhabungsmodalitäten)
- Angaben zum Behälterkonzept
 - Thermische Leistung

- Verhalten der Behälter bei potenziellen mechanischen und thermischen Lasteinwirkungen (Versagensmodell der Transportbehälter)
- Freisetzungsverhalten.

Im Ergebnis der Arbeiten zeigt sich, dass die Datenerhebung des NaPro nicht die notwendigen Informationen und Datenbasis für eine neue Transportstudie Konrad bietet. Es würden zusätzliche Daten für eine Aktualisierung benötigt werden. In Gesprächen mit BMUB, BfE und GRS wurden die Möglichkeiten erörtert, zukünftige Abfragen im Rahmen des NaPro an den Datenbedarf der GRS für eine Aktualisierung der Transportstudie Konrad anzupassen. Da nach Auskunft der Ablieferungspflichtigen derzeit und für die nähere Zukunft nicht mit einer deutlich verbesserten Datengrundlage zu rechnen ist und eine Fortsetzung der Arbeiten ohne deutlich verbesserte Datenbasis als nicht sinnvoll erachtet wird, ist entschieden worden, die Arbeiten in diesem Arbeitspaket vorzeitig zu beenden und nicht weiter zu verfolgen. Es ist davon auszugehen, dass sich die Datenlage spätestens zwei Jahre vor Inbetriebnahme des Endlagers Konrad (voraussichtlich 2022) verbessert und nutzbare Informationen für eine Aktualisierung der Transportstudie Konrad verfügbar sein werden.

3 Fachliche Stellungnahmen und Zuarbeiten

Die Erstellung technisch-wissenschaftlicher Fachbeiträge und Ausarbeitungen zu aktuellen Frage- und Problemstellungen erfolgten in aller Regel kurzfristig und zeitnah auf Anfrage zur Unterstützung von BMUB und BfS. Nachfolgend werden die im Rahmen des Vorhabens zu diesem Arbeitspunkt (AP 3) durchgeführten Arbeiten wiedergegeben.

3.1 Unterstützung des BfS zur Ausarbeitung eines gemeinsamen Regeländerungsvorschlags (D, F) für die Transportvorschriften (Streichung des Auslaugtests für LSA-III Materialien)

3.1.1 Sensitivitätsstudien

Im Vorhaben 3609R03320 hat die GRS einen Regeländerungsvorschlag für die Transportvorschriften der IAEA /IAEA 12/ erarbeitet, welcher die Streichung des Auslaugtests für LSA-III-Stoffe vorsieht /GRS 11/. Die Ergebnisse des damaligen Vorhabens wurden durch GRS und BfS einem internationalen Fachpublikum vorgestellt, beispielsweise auf der PATRAM 2010 /BRÜ 10/ in London und 2013 in San Francisco /NIT 13a/ oder durch Veröffentlichung in einer Fachzeitschrift /NIT 13b/.

Ergänzend zu diesen veröffentlichten Ergebnissen wurden im Rahmen dieses Vorhabens 2015 vereinfachte Sensitivitätsstudien durchgeführt. Sie basieren auf den aufgrund der durchgeführten Experimente empirisch bestimmten Gleichungen aus /LAN 03/, /LAN 04/ und /LAN 07/. In diesen Berichten sind auch die Versuchsbedingungen und -parameter wiedergegeben, die im Folgenden variiert werden.

Nachfolgend wird ein Cladding-Faktor (Rückhaltefaktor aufgrund der Verpackung) von 0,1 angenommen, d. h. nur 10 % des radioaktiven Inhalts eines Versandstückes werden freigesetzt. Auch diese Annahme entspricht den Ergebnissen aus /LAN 03/, /LAN 04/ und /LAN 07/. Weiterhin wurde die Dichte des radioaktiven Stoffes mit 1000 g/m^3 für pulverförmige LSA-II-Stoffe und mit 2000 kg/m^3 für LSA-III-Stoffe (Zement) angenommen.

Für die Sensitivitätsstudie wurden die in /LAN 03/, /LAN 04/ und /LAN 07/ empirisch bestimmten Gleichungen verwendet:

$$\eta_{10} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \cdot g \cdot h}{V^{\frac{2}{3}}} \cdot f_R \quad (3.1)$$

für pulverförmige LSA-II-Stoffe und

$$\eta_{10} = \frac{3 \cdot 10^{-7} \cdot M \cdot g \cdot h}{M^{1,43}} \cdot f_R \quad (3.2)$$

für zementierte LSA-III-Stoffe mit

| | |
|-------------|------------------------------------|
| η_{10} | Freisetzunganteil mit AED < 10 µm, |
| g | Erdfallbeschleunigung, |
| h | Fallhöhe, |
| V | Volumen des Versandstücks, |
| M | Masse des Versandstücks, |
| f_R | Rückhaltefaktor der Verpackung. |

Sofern in /LAN 03/, /LAN 04/ und /LAN 07/ nicht anders festgehalten, sind die in den folgenden Diagrammen dargestellten Werte nur durch Berechnungen mit den jeweiligen Formeln hergeleitet worden. Weitere Angaben zu den zugrunde gelegten Szenarien und Annahmen sind in /GRS 11/ festgehalten. Ein Auszug der nachfolgenden Sensitivitätsstudie wurde in einem gemeinsamen Artikel von BfS und GRS auf der PATRAM 2016 veröffentlicht.

3.1.1.1 Volumen des Versandstücks

Zunächst wurde der Einfluss des Versandstückvolumens betrachtet. In Abb. 3.1 ist der Einfluss des Versandstückvolumens auf den Anteil der lungengängigen freigesetzten Anteile (d. h. mit AED < 10 µm) radioaktiver Stoffe bei einem pulverförmigen LSA-II-Stoff dargestellt. Die Fallhöhe wurde mit 9 m angenommen; kleinere Fallhöhen würden kleinere Freisetzungsteile zur Folge haben. In rot sind in Abb. 3.1 Versandstückvolumina mit 0,2 m³, 1 m³ und 10 m³ hervorgehoben. Diese speziellen Volumina wurden in /BRÜ 10/, /NIT 13b/ und /NIT 13a/ einer gesonderten Betrachtung unterzogen.

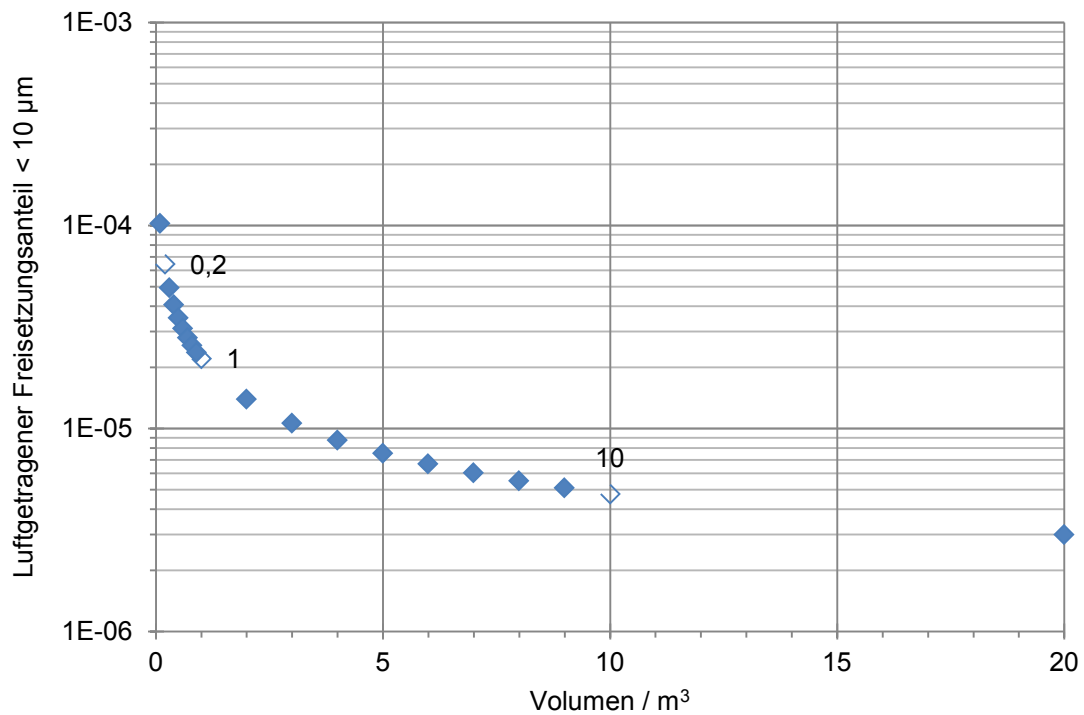


Abb. 3.1 Einfluss des Volumens des Versandstücks auf den luftgetragenen Freisetzunganteil für pulverförmige LSA-II-Stoffe

Gleiche Untersuchungen wurden für LSA-III-Stoffe (zementiert), durchgeführt und sind in Abb. 3.2 dargestellt. Auch hier wurde eine Fallhöhe von 9 m angenommen.

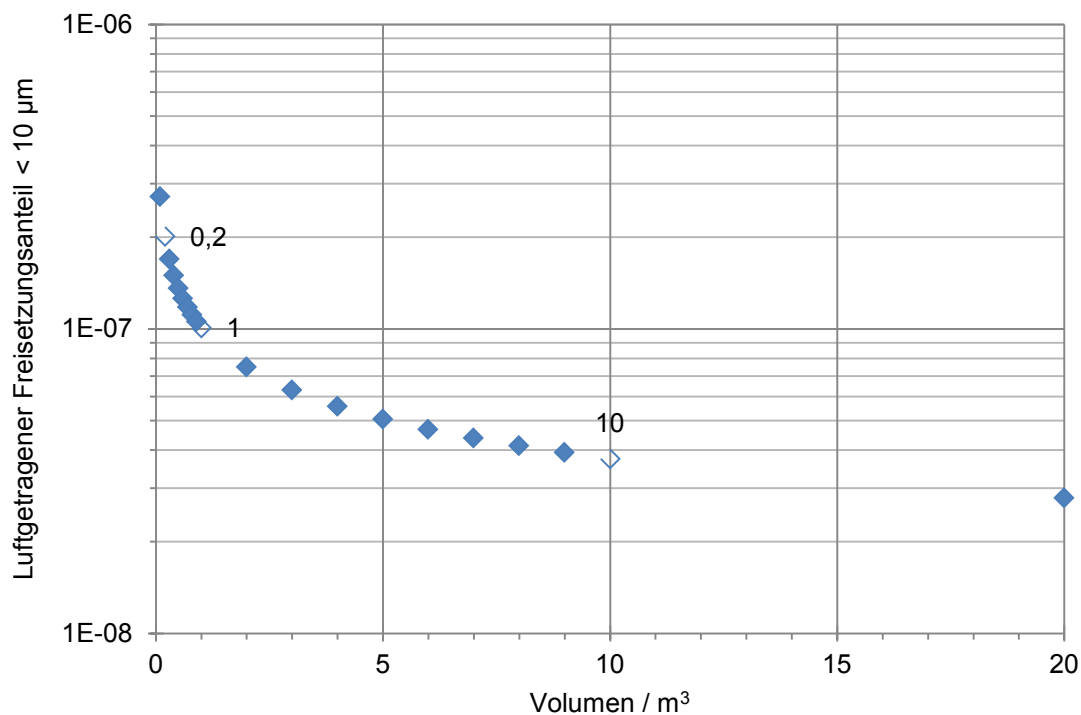


Abb. 3.2 Einfluss des Volumens des Versandstücks auf den luftgetragenen Freisetzunganteil für zementierte LSA-III-Stoffe

Im Vergleich von Abb. 3.1 mit Abb. 3.2 zeigt sich, dass bei einem Versandstückvolumen von 10 m^3 sich ein Faktor von 100 zwischen den Freisetzunganteilen bei LSA-II- und LSA-III-Stoffen ergibt. Bei kleineren Versandstücken erhöht sich dieser Faktor weiter.

3.1.1.2 Fallhöhe des Versandstücks

Als weiterer Einflussparameter auf die Freisetzung radioaktiver Stoffe wurde die Fallhöhe betrachtet, das Volumen des Versandstücks wird mit $0,2\text{ m}^3$ angenommen. In Abb. 3.3 und Abb. 3.4 sind die Fallhöhen von 3 m, 6 m und 9 m rot markiert, sie wurden in /BRÜ 10/, /NIT 13b/ und /NIT 13a/ eingehend betrachtet.

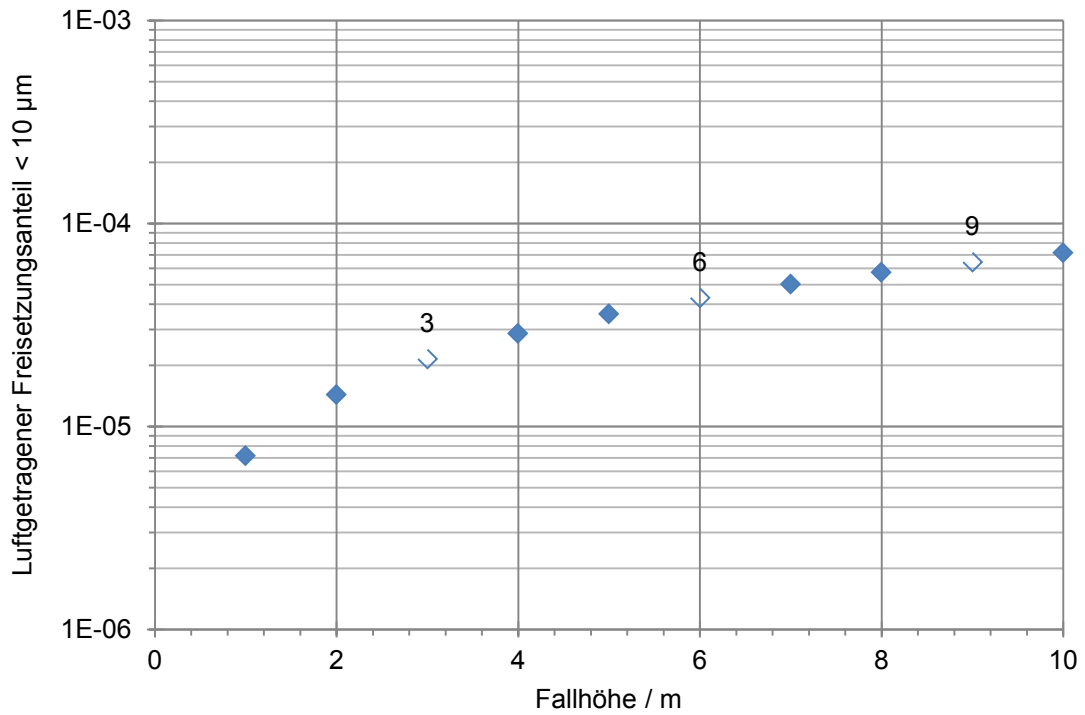


Abb. 3.3 Einfluss der Fallhöhe des Versandstücks auf den luftgetragenen Freisetzunganteil für pulverförmige LSA-II-Stoffe

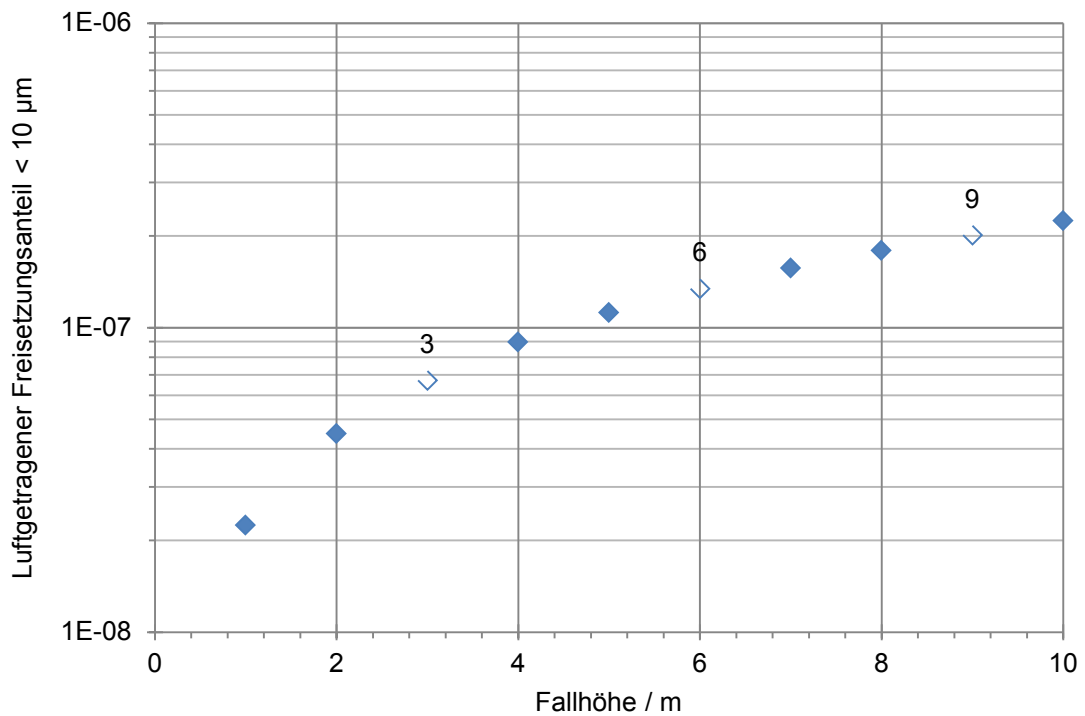


Abb. 3.4 Einfluss der Fallhöhe des Versandstücks auf den luftgetragenen Freisetzunganteil für zementierte LSA-III-Stoffe

Im Vergleich von Abb. 3.3 und Abb. 3.4 kann ein Faktor von etwa 300 zwischen den lungengängigen Freisetzungsteilen bei LSA-II- und LSA-III-Stoffen festgestellt werden.

3.1.1.3 Inhalation

Für die Erarbeitung des Regeländerungsvorschlages zur Streichung des Auslaugtests für LSA-III-Stoffe war neben der Ermittlung der luftgetragenen Freisetzungen nach einem Handhabungs- oder Transportunfall insbesondere auch die Betrachtung der aufgenommenen Aktivität über Inhalation notwendig /GRS 11/. Diese ist durch verschiedene Mechanismen (beispielsweise durch Luftaustausch in Lagerhallen oder durch Wind im Freien) geringer als die freigesetzte Aktivität. Zum Vergleich mit Grenzwerten der IAEA-Transportvorschriften wird daher die Aktivität (die freigesetzte als auch die in den menschlichen Körper aufgenommene) in Vielfachen bzw. prozentualen Anteilen von A_2 angegeben. Es handelt sich dabei um den A_2 -Wert des Q-Systems /IAEA 14/. Im Q-System wird mit einer Aufnahme freigesetzter radioaktiver Stoffe von $10^{-6} A_2$ gerechnet.

In /GRS 11/ wurden u. a. Szenarien zum Transportunfall und zu Handhabungsunfällen in Lagerhallen betrachtet. Während der Transportunfall zu Freisetzungen in freier Umgebung führt, wurden für die Handhabungsunfälle eine kleine Lagerhalle (mit 300 m^3 Volumen) und eine große Lagerhalle (mit 3000 m^3 Volumen) angenommen, bei beiden finden pro Stunde vier Luftwechsel statt (Luftwechselzahl 4 h^{-1}). Weitere Annahmen und Bedingungen finden sich u. a. in /GRS 11/ und /NIT 13b/.

Nachfolgend werden in Abb. 3.5 und Abb. 3.6 die freigesetzte Menge radioaktiver Stoffe (blaue Säulen, links) mit den aufgenommenen bzw. inhalierten Aktivitäten (rote Säulen, rechts) bei einem Handhabungsunfall in einer kleinen Lagerhalle (300 m^3) gezeigt. Die Fallhöhe wurde auf 3 m festgelegt, die Expositionszeit auf fünf Minuten; dies entspricht den Annahmen in /BRÜ 10/ und /GRS 11/. Für das Szenario Handhabungsunfall in einer kleinen Lagerhalle wurden aufgrund der Dimensionierung der Halle und der damit zur Verfügung stehenden Fallhöhen Versandstücke mit einem Volumen von 10 m^3 nicht betrachtet.

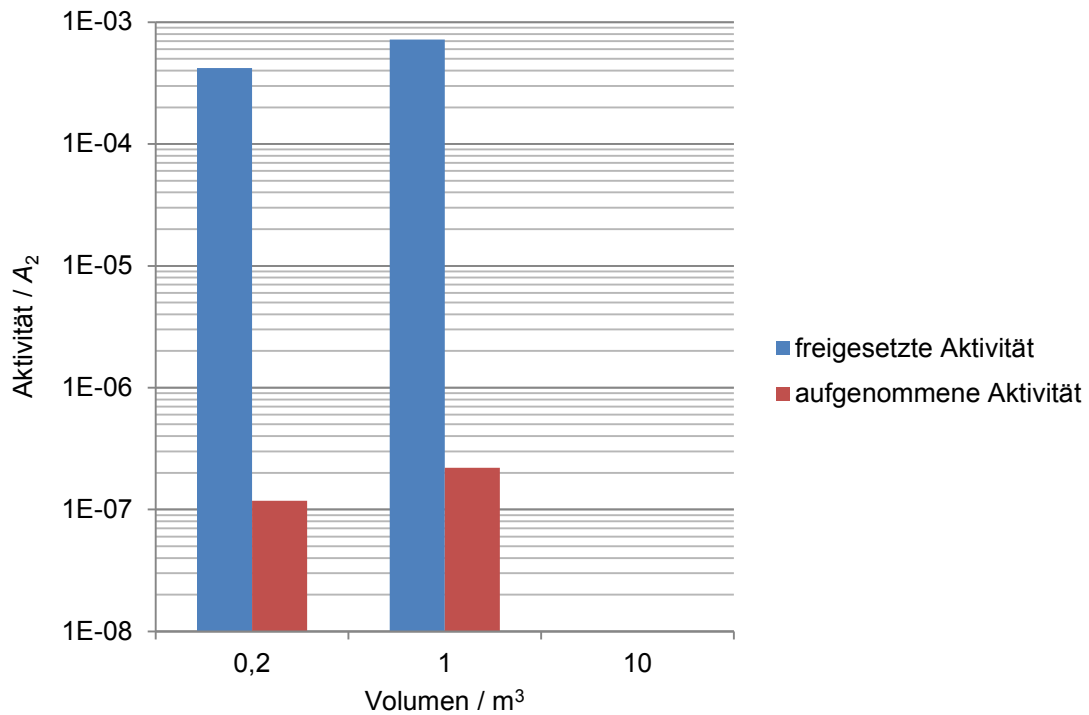


Abb. 3.5 Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für pulverförmige LSA-II-Stoffe nach Handhabungsunfall in kleiner Lagerhalle

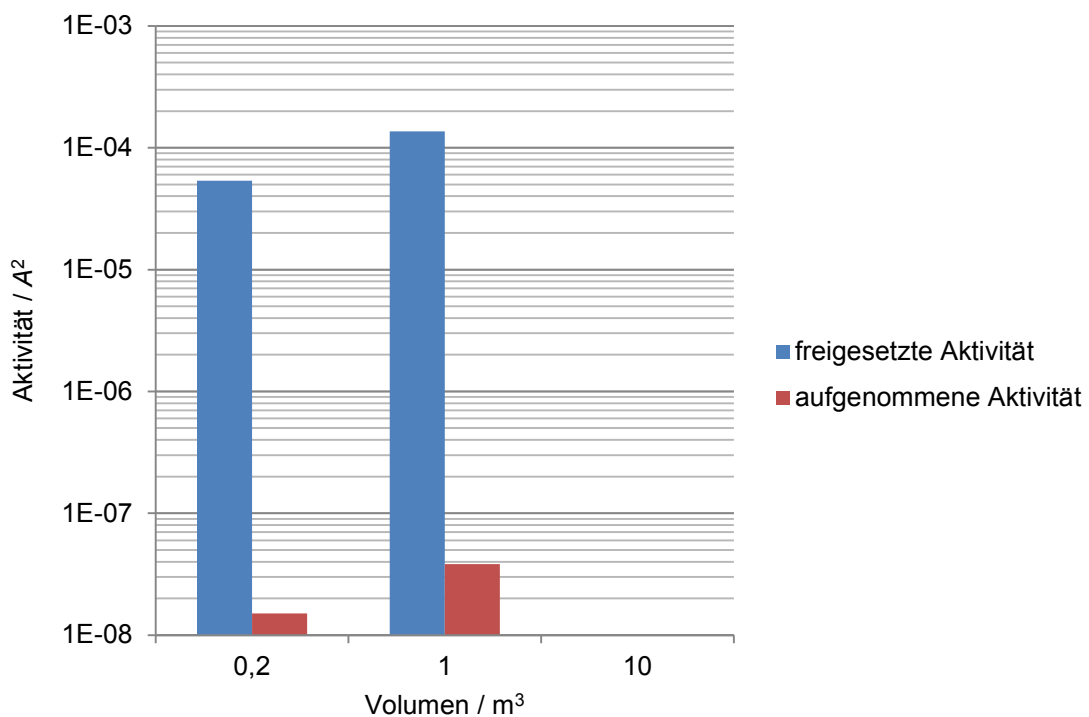


Abb. 3.6 Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für zementierte LSA-III-Stoffe nach Handhabungsunfall in kleiner Lagerhalle

Die Fallhöhe in der großen Lagerhalle (Volumen 3000 m³) wurde mit 6 m angenommen, beim Transportunfall mit 9 m. Zusätzlich wird beim Transportunfall ein Ausbreitungsfaktor χ von $1 \cdot 10^{-2} \text{ s/m}^3$ festgelegt.¹ Die Aufenthaltszeit von fünf Minuten bleibt bestehen. Auch bei den Szenarien Handhabungsunfall in großer Lagerhalle und Transportunfall ist die inhalierte Aktivität deutlich kleiner als die freigesetzte (Abb. 3.7, Abb. 3.8, Abb. 3.9 und Abb. 3.10). Bei allen drei Szenarien bleibt zudem die aufgenommene Aktivität deutlich unter dem Wert von $10^{-6} A_2$.

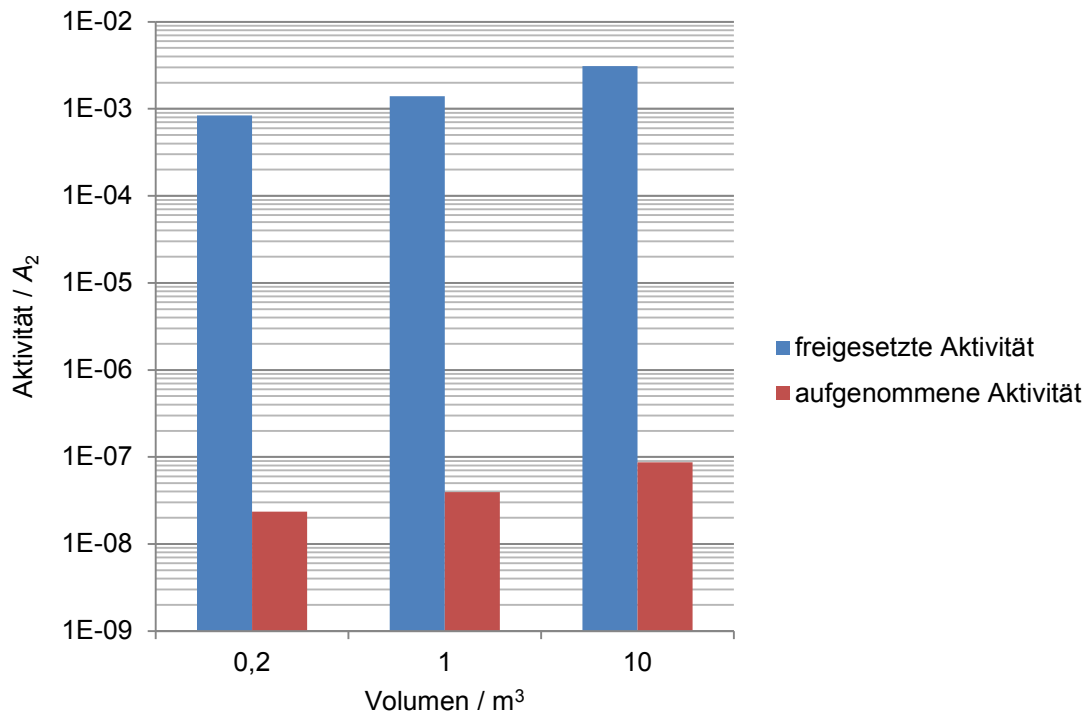


Abb. 3.7 Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für pulverförmige LSA-II-Stoffe nach Handhabungsunfall in großer Lagerhalle

¹ Die Festlegung des Ausbreitungsfaktors χ wird in /GRS 11/ S. 60 f. näher erläutert.

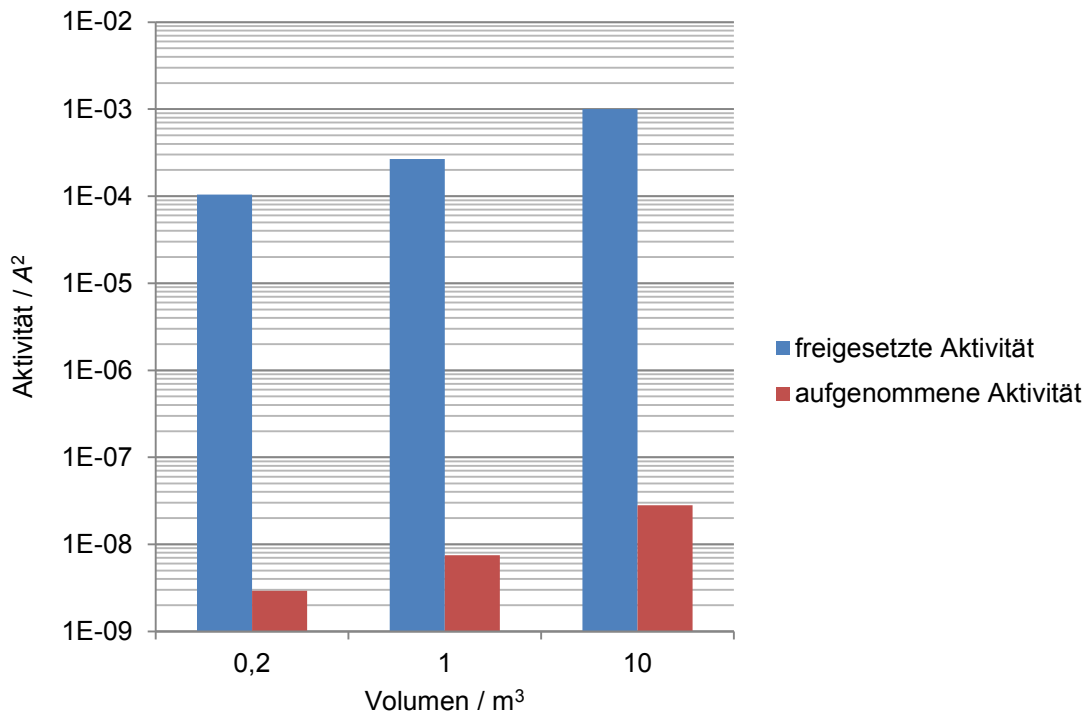


Abb. 3.8 Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für zementierte LSA-III-Stoffe nach Handhabungsunfall in großer Lagerhalle

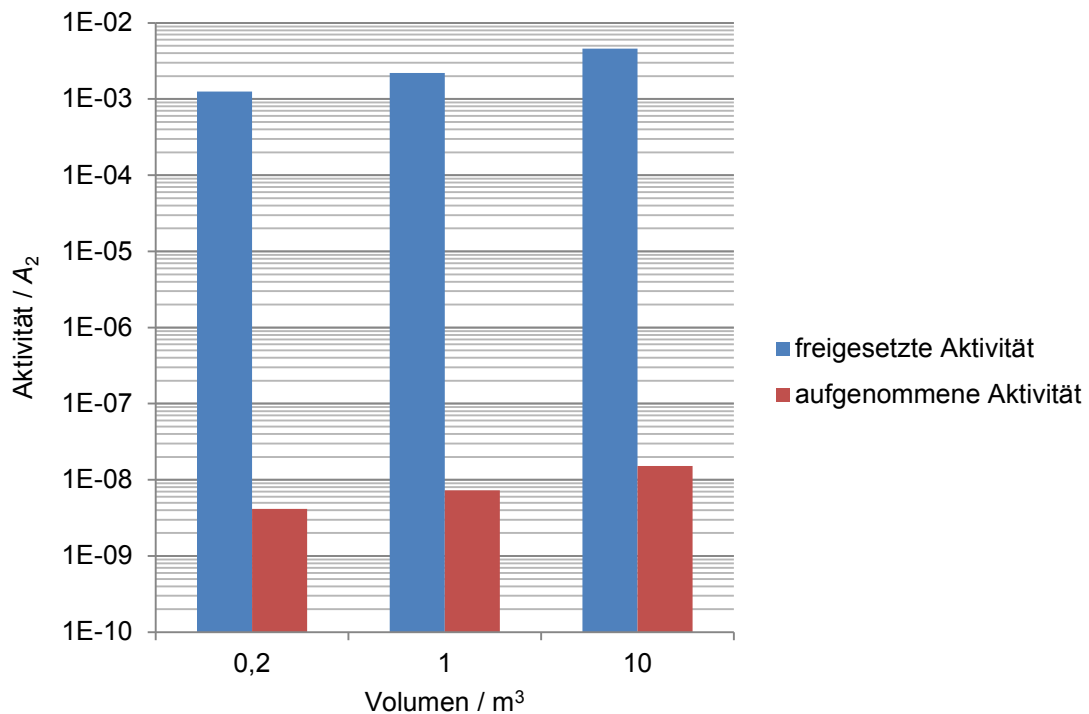


Abb. 3.9 Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für pulverförmige LSA-II-Stoffe nach Transportunfall

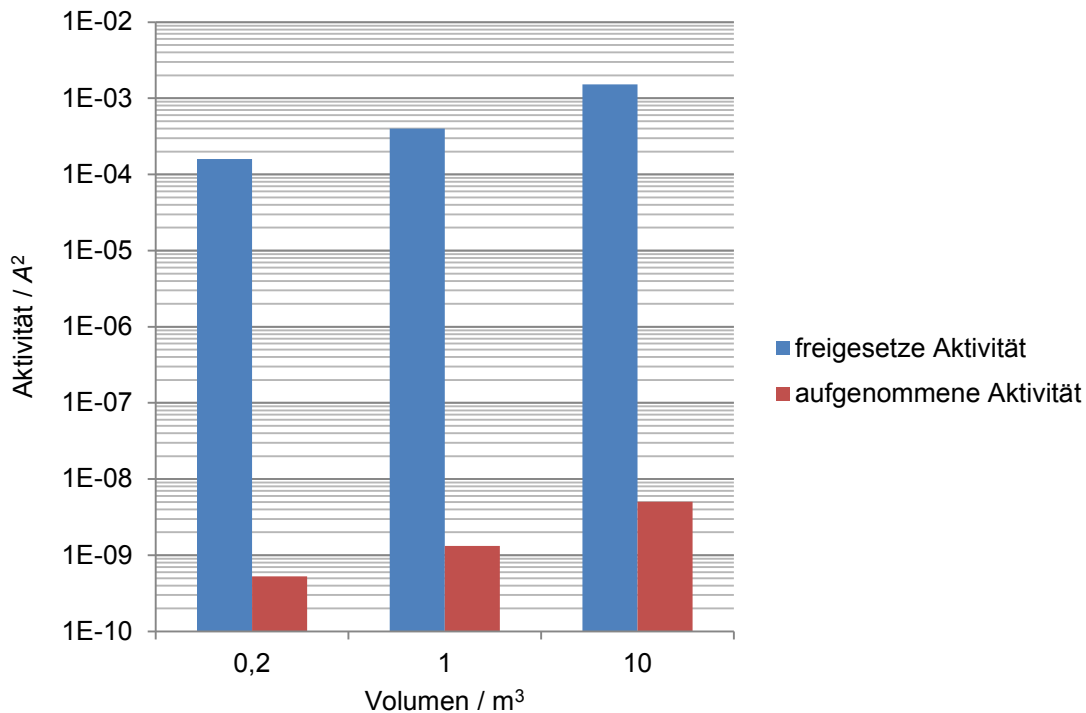


Abb. 3.10 Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für zementierte LSA-III-Stoffe nach Transportunfall

In /BRÜ 10/, /GRS 11/ und /NIT 13b/ wurde gezeigt, dass die größte Aufnahme durch Inhalation von freigesetzten radioaktiven Stoffen in den menschlichen Körper nach einem Handhabungsunfall eines Versandstücks in einer kleinen Lagerhalle mit einem Volumen von 1 m³ und mit pulverförmigen LSA-II-Stoff als Inhalt erfolgt; sie betrug 20,2 % von 10⁻⁶ A₂. Weiterhin wurde eine Aufenthaltszeit von Personen in der Lagerhalle nach dem Unfall von fünf Minuten angenommen, da es unwahrscheinlich ist, dass sich eine Person länger ohne persönliche Schutzausrüstung (z. B. einer Halbmaske mit Partikelfilter) aufhält. Im Q-System der IAEO /IAEA 14/ wird jedoch mit einer Expositionszeit von 30 Minuten gerechnet. Dies wurde in den Sensitivitätsbetrachtungen nun berücksichtigt (Abb. 3.11).

Die Berechnung der aufgenommenen Aktivität A_{inh} durch sich in den Lagerhallen befindliche Personen erfolgte mit der Gleichung

$$A_{inh} = \dot{V}_{Atem} \cdot \frac{A_{frei}}{V_{Halle} \cdot L} \cdot (1 - e^{-L \cdot t}) \quad (3.3)$$

mit

- \dot{V}_{Atem} Atemrate ($3,30 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$),
 A_{frei} freigesetzte Aktivität,
 V_{Halle} Volumen der Lagerhalle,
 L Luftwechselzahl in der Halle (4 h^{-1}),
 t Expositionszeit.

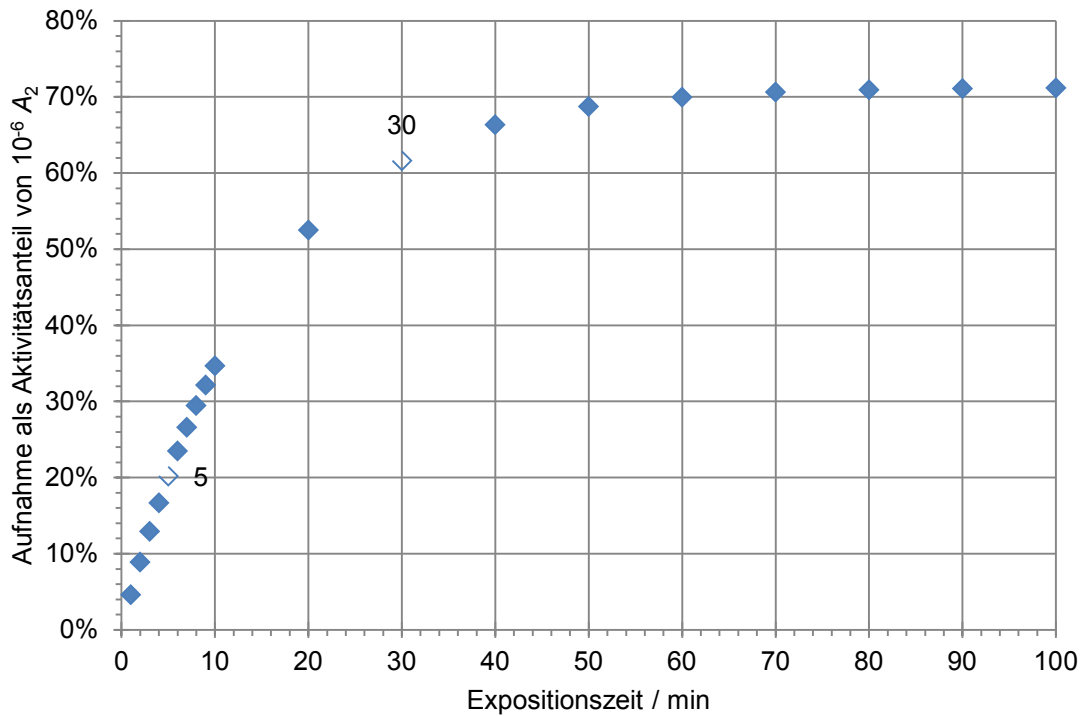


Abb. 3.11 Aufnahme von freigesetzten pulverförmigen LSA-II-Stoffen nach einem Handhabungsunfall in einer kleinen Lagerhalle mit Luftaustausch

Es zeigt sich, dass selbst bei sehr langen Expositionszeiten von etwa 100 Minuten der aufgenommene Aktivitätsanteil von $10^{-6} A_2$ bei etwa 71 % liegt. Mit den gleichen Annahmen wurde ein Handhabungsunfall eines Versandstücks mit zementierten LSA-III-Stoffen betrachtet (Abb. 3.12).

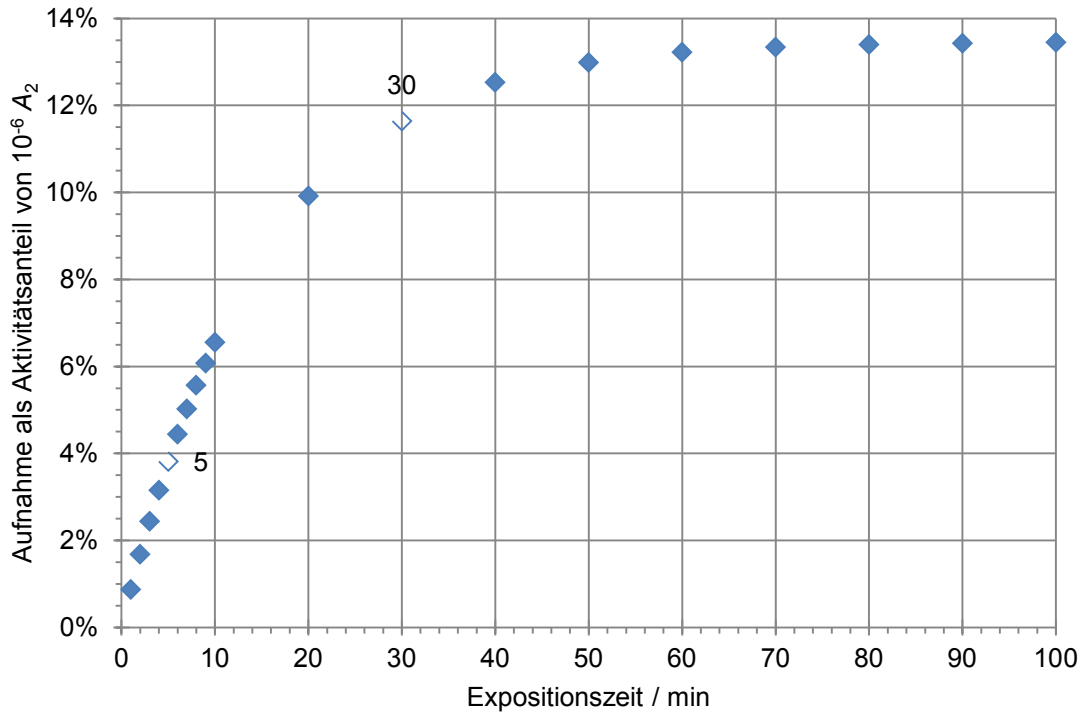


Abb. 3.12 Aufnahme von freigesetzten zementierten LSA-III-Stoffen nach einem Handhabungsunfall in einer kleinen Lagerhalle mit Luftaustausch

Die Aufnahme radioaktiver Stoffe nach einem Handhabungsunfall mit einem Versandstück mit zementierten LSA-III-Stoffen ist etwa um einen Faktor fünf kleiner als bei einem Versandstück mit pulverförmigen LSA-II-Stoffen. Für die beiden anderen in /BRÜ 10/ und /NIT 13b/ betrachteten Szenarien (Handhabungsunfall in großer Lagerhalle sowie Transportunfall) sind die aufgenommenen Aktivitäten kleiner, als für den Handhabungsunfall in der kleinen Lagerhalle (Abb. 3.13, Abb. 3.14, Abb. 3.15 und Abb. 3.16).

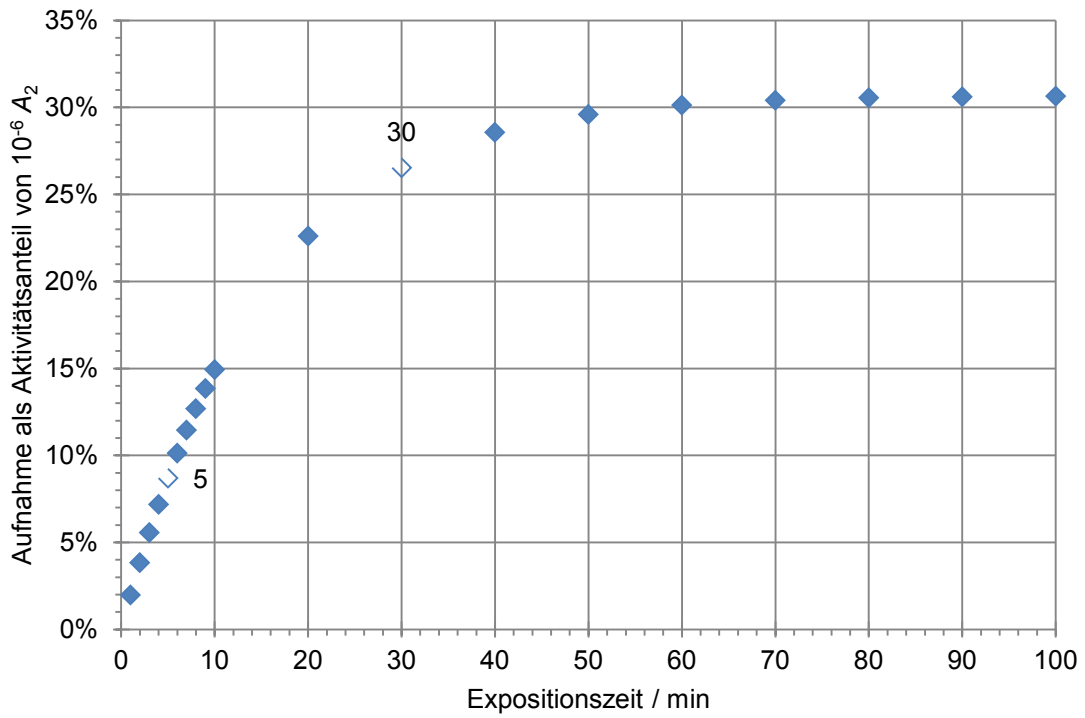


Abb. 3.13 Aufnahme von freigesetzten pulverförmigen LSA-II-Stoffen nach einem Handhabungsunfall in einer großen Lagerhalle mit Luftaustausch

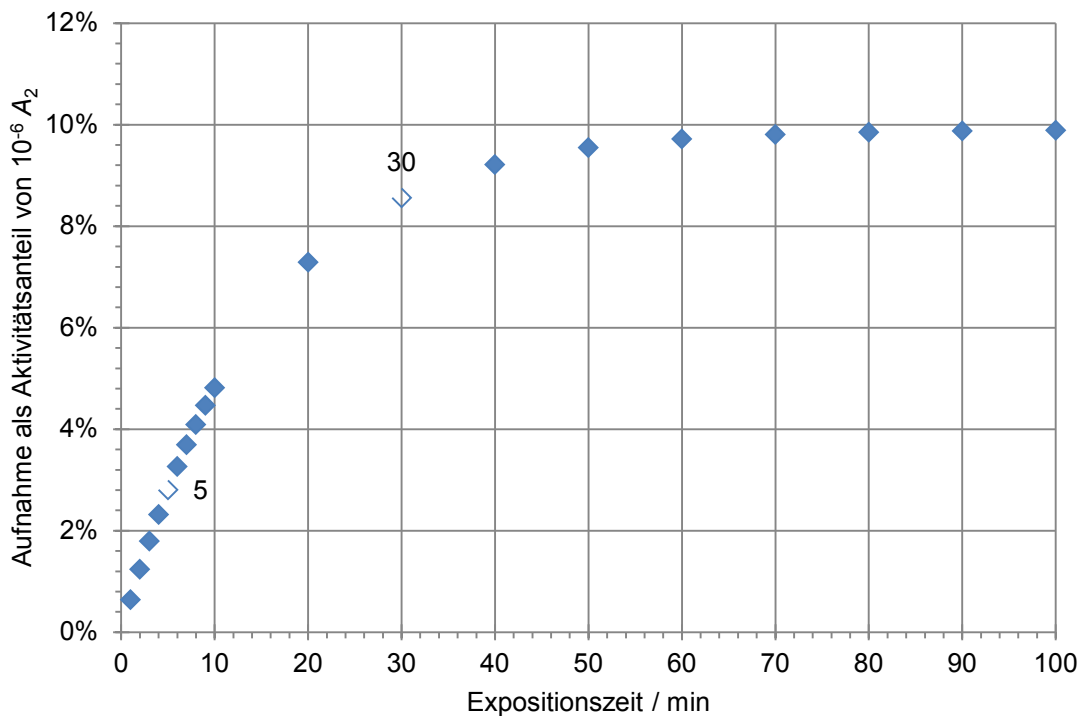


Abb. 3.14 Aufnahme von freigesetzten zementierten LSA-III-Stoffen nach einem Handhabungsunfall in einer großen Lagerhalle mit Luftaustausch

Die Berechnung der aufgenommenen Aktivität A_{inh} beim Transportunfall erfolgte über

$$A_{\text{inh}} = \chi \cdot A_{\text{frei}} \cdot \dot{V}_{\text{Atem}} \quad (3.4)$$

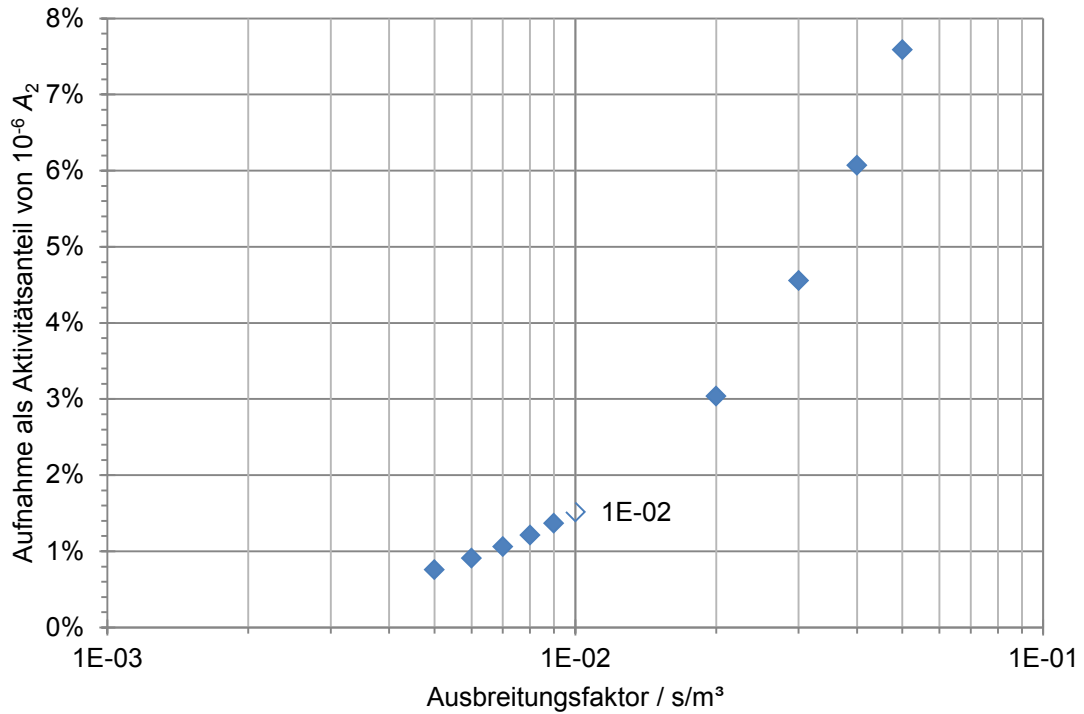


Abb. 3.15 Aufnahme von freigesetzten pulverförmigen LSA-II-Stoffen nach einem Transportunfall

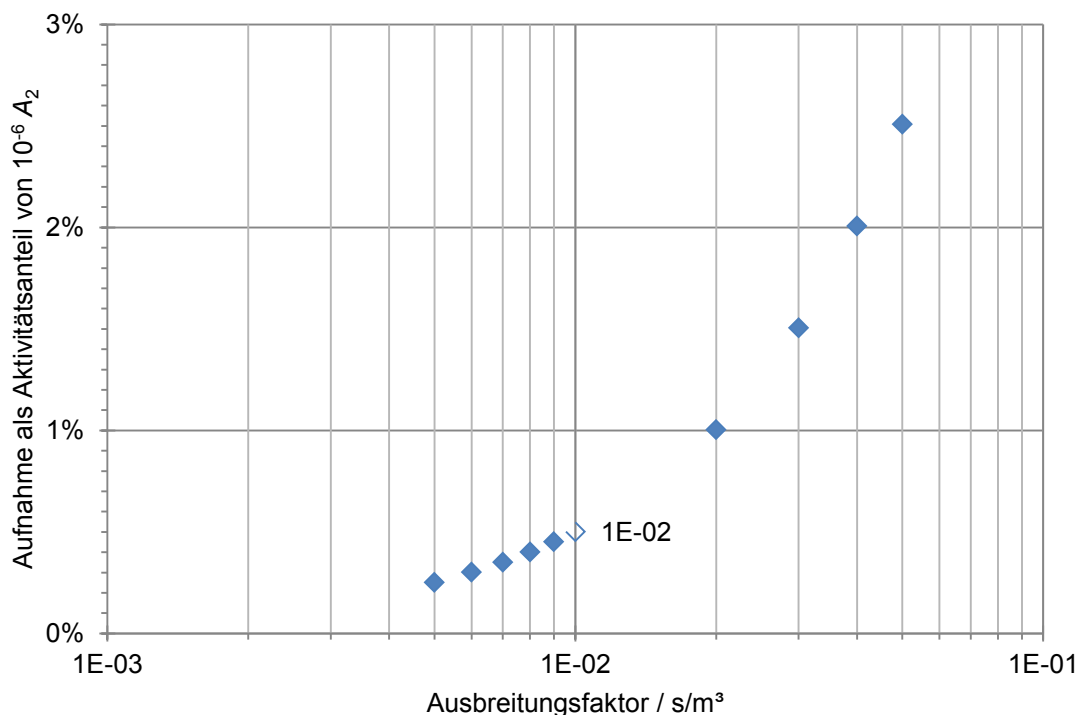


Abb. 3.16 Aufnahme von freigesetzten zementierten LSA-III-Stoffen nach einem Transportunfall

Die Ergebnisse der Sensitivitätsstudien wurden im Rahmen eines Arbeitstreffens, an welchem neben der GRS Vertreter von BfS, WNTI sowie Herr F. Lange als Consultant teilnahmen, in der GRS Köln gezeigt /GRS 15/.

3.1.2 Einbringung des Regeländerungsvorschlags

Durch das BfS wurde im aktuellen Revisionszyklus 2015 der IAEO-Transportvorschriften SSR-6 /IAEA 12/ und SSG-26 /IAEA 14/ der Vorschlag zur Streichung des Auslaugtests als Änderungsvorschlag D/2015/03 beim Transport Safety Standards Committee (TRANSSC) der IAEO eingebracht /TRA 15a/, /TRA 15b/. Zur Vorbereitung dieses Vorschlags und zur Einarbeitung von Anmerkungen anderer Mitglieder der TRANSSC wurden im Oktober 2014 sowie im April und im September 2015 Workshops bei der GRS in Köln durchgeführt. Bei diesen Arbeitstreffen waren neben BfS und GRS auch Vertreter von IRSN und WNTI sowie Herr Dr. Lange als Consultant anwesend. Bei diesen Arbeitstreffen wurde der Vorschlag Deutschlands zur Abschaffung des Auslaugtests diskutiert und angepasst, so dass er auf dem 31. Treffen der TRANSSC im November 2015 angenommen wurde /TRA 15c/.

3.2 UA 3331 zum Einfluss von oberflächenkontaminierten Stoffen

Im Rahmen der laufenden Arbeiten zur Regelwerksfortentwicklung bei der IAEO zur Unterstützung des deutschen Vorschlages zur Streichung des Leaching Tests für LSA-III-Stoffe hat das BfS mit E-Mail vom 29.09.2015 die GRS mit der Einbindung von Hr. Dr. Lange hinsichtlich des Einflusses von oberflächenkontaminierten Stoffen aufgrund seiner Spezialkenntnisse auf diesem Gebiet beauftragt. Die Beauftragung von Herrn Dr. F. Lange umfasste folgende Leistungen:

- Auswertung der im BfS-Bericht „Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz - Experimentelle Bestimmung von Resuspensionsdaten partikelgebundener radioaktiver Stoffe von relevanten kontaminierten Oberflächen bei radiologischen Notfällen zur Beurteilung einer Exposition von Einsatzpersonal und betroffenen Personen durch Resuspension – Vorhaben 3609S70005“, Bearbeiter W. Koch, H. Lödding und F. Lange, AZ BfS-RESFOR-43/12, URN: urn:nbn:de:0221-201201167025, beschriebenen Experimente und Daten hinsichtlich der Exposition unter Transport-Unfallbedingungen bei der Beförderung von als SCO-II klassifizierten oberflächenkontaminierten Stoffen.
- Abschätzung der auf Grundlage der in SSG-26 festgelegten Expositionsszenarien inhalierten Aktivität, Darstellung der Unsicherheiten und, falls zutreffend, Konservativitäten der Berechnung. Dabei ist der Einfluss von festhaftenden und nicht festhaftenden Kontaminationen und solchen auf zugänglichen und nicht zugänglichen Oberflächen zu diskutieren.
- Bewertung der Ergebnisse im Vergleich zur technischen Basis des SCO-II-Konzepts entsprechend SSG-26 und Bewertung der Möglichkeit und der Grenzen der Klassifizierung von oberflächenkontaminierten Stoffen als LSA-II-Materialien.
- Mitarbeit an einer Veröffentlichung zu diesen Untersuchungen für PATRAM 2016.

Die GRS hat ein entsprechendes Angebot angefragt und Hr. Dr. Lange konnte mit Vertrag UA 3331 vom 27.10.2015 beauftragt werden. Die letzten Arbeitsergebnisse des Unterauftragnehmers wurden mit dem Berichtsentwurf „Transport Safety of Objects

with high Surface Contamination shipped in IP-package“ in der überarbeiteten Fassung vom 9. Februar 2016 dem BfS und der GRS in elektronischer Form übermittelt.

4 Literatur

/BFS 11a/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (Hrsg.): Abfallverursacher. 2 S., Stand vom 23. September 2011, erreichbar unter , abgerufen am 16. Juli 2012.

/BFS 11b/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (Hrsg.): Abfallbestand. 3 S., Stand vom 23. September 2011, erreichbar unter , abgerufen am 16. Juli 2012.

/BFS 14/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Dezember 2014) - Endlager Konrad -. 109 S., 2014.

/BFS 15/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) (Hrsg.): Abfallbestand. Stand vom 10. März 2015, erreichbar unter http://www.bfs.de/DE/themen/ne/abfaelle/bestand/bestand_node.html;jsessionid=10932408875CDEA7D30E3612A4DCC12B.1_cid391, abgerufen am 1. Dezember 2015.

/BMUB 15a/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm). 26 S., Stand vom August 2015, erreichbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/nationales_entsorgungsprogramm_aug_bf.pdf, abgerufen am 1. Dezember 2015.

/BMUB 15b/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.): Verzeichnis radioaktiver Abfälle, (Bestand zum 31. Dezember 2014 und Prognose). 84 S., erreichbar unter http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Nukleare_Sicherheit/verzeichnis_radioaktiver_abfaelle_aug_bf.pdf, abgerufen am 1. Dezember 2015.

/BRE 11/ Brennecke, P. (Hrsg.): Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Oktober 2010) - Endlager Konrad -. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), SE-IB-29/08-REV-1, 98 S., 11. Januar 2011.

- /BRÜ 10/ Brücher, W., Büttner, U., Lange, F.: Review of Material Requirements of the IAEA Transport Regulations for LSA-II and LSA-III. In: Department for Transport (DfT) (Hrsg.): Proceedings PATRAM 2010, 16th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials. PATRAM 2010, London, UK, 3-8 October 2010, 2010.
- /GRS 11/ Brücher, W., Büttner, U., Lange, F., Sentuc, F.: Entwicklung eines Regelländerungsvorschlages für die Anforderungen in den IAEA-Transportvorschriften TS-R-1 zum Auslaugtest für LSA-III-Material, Abschlussbericht zum Vorhaben 3609R03320. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-A-3599: Köln, Mai 2011.
- /GRS 15/ Büttner, U.: Review of Material Requirements for LSA-II and LSA-III, Summary of Main Results for Proposal Justification. Präsentation, Workshop on Transport of Radioactive Material - LSA-III Material, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH: Cologne, 15. April 2015.
- /IAEA 12/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 2012 Edition, Specific Safety Requirements. IAEA Safety Standards Series, No. SSR-6, 168 S., ISBN 978-92-0-133310-0: Vienna, 2012.
- /IAEA 14/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2012 Edition), Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series, No. SSG-26, 2012. Aufl., 450 S., ISBN 978-92-0-136910-9: Vienna, 2014.
- /KUG 14/ Kugel, K., Steyer, S., Boetsch, W. U., Gründler, D., Haider, C., Maric, D.: Stand der Umsetzung der gehobenen wasserrechtlichen Erlaubnis für das Endlager Konrad. Präsentation, Symposium Endlagerung radioaktiver Abfälle, TÜV NORD, 8. Oktober 2014.
- /KUG 17/ Kugel, K., Möller, K. (Hrsg.): Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand Februar 2017), Endlager Konrad. Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), 102 S.: Salzgitter, 10. Februar 2017.

- /LAN 03/ Lange, F., Martens, R., Hörmann, E., Koch, W., Nolte, O., Gray, I., Ringot, C., Carr, N., van Velzen, L., Hughes, J. S.: Improvement of the Radiological and Experimental Basis to Further Develop the Requirements of the IAEA Transport Regulations for LSA/SCO Materials, Final Report. Commission of the European Communities, Customer's Contract No: 4.1020/D/01-001, March 2003.
- /LAN 04/ Lange, F., Martens, R., Hörmann, E., Koch, W., Nolte, O., Malesys, P., Hughes, J. S.: Development of Methodologies and Small Scale Demonstration Tests for the Assessment of Aerosol-Borne Release of Radioactive Materials in Different Transport Situations, Final Report. Commission of the European Communities, Customer's Contract No: 4.1020/D/02-002, March 2004.
- /LAN 07/ Lange, F., Fett, H.-J., Hörmann, E., Koch, W., Martens, R., Nolte, O.: Assessment, Evaluation and further Development of the Safe Transport of Radioactive Material, Final Report of the Research Project SR 2479 (Working Area 4), Methods and Tools Applied for Radioactive Material Transport Risk Analysis Purposes. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-A-3378/IVe, 224 S.: Köln, June 2007.
- /NIT 13a/ Nitsche, F., Lange, F., Büttner, U.: Proposal to Simplify LSA-III Material Requirements of IAEA Transport Regulations. In: Institute of Nuclear Materials Management (INMM) (Hrsg.): Proceedings PATRAM 2013, 17th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Material. PATRAM 2013, San Francisco, CA, USA, August 18-23, 2013, 2013.
- /NIT 13b/ Nitsche, F., Lange, F., Büttner, U.: Proposal to simplify LSA-III material requirements of IAEA Transport Regulations. Packaging, Transport, Storage & Security of Radioactive Material, Bd. 24, Nr. 4, S. 207–212, DOI 10.1179/1746510914Y.0000000043, 2013.

- /SEN 10/ Sentuc, F.-N., Brücher, W., Büttner, U., Fett, H.-J., Lange, F., Martens, R., Schmitz, B. M., Schwarz, G.: Transportstudie Konrad 2009, Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-256, 190 S., ISBN 978-3-939355-31-1: Köln, 2010.
- /SEN 12/ Sentuc, F.-N., Schmidt, C., Eich, P.: Untersuchungen zur Transportsicherheit bei der Rückführung radioaktiver Abfälle aus der Wiederaufarbeitung nach Deutschland, GNS-GRS Informationsgespräch. Präsentation, Gesellschaft für Nuklear-Service (GNS): Essen, 4. September 2012.
- /STR 17/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (StrlSchV) in der Fassung vom 20. Juli 2001, zuletzt geändert 27. Januar 2017 (BGBl. I 2017 Nr. 5 S. 114).
- /TRA 15a/ Transport Standards Safety Committee (TRANSSC) (Hrsg.): Transport Regulations (SSR-6 and SSG-26) 2015 Review Cycle, TRANSSC September 2015, Working Group 2 - List of Proposals. 34 S., 2015.
- /TRA 15b/ Transport Standards Safety Committee (TRANSSC) (Hrsg.): Review of LSA-II/LSA-III concept - deletion of the LSA-III leaching test, LSA-Workshop Cologne 15 April 2015, Information Paper TRANSSC 30, agenda item 4.1. 2015.
- /TRA 15c/ Transport Standards Safety Committee (TRANSSC) (Hrsg.): TRANSSC 31, Transport Regulations (SSR-6 and SSG-26) 2015 Review Cycle, INF-06 List of Proposals in Thematic Groups - Issue 1. 13 S., 2015.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----------|--|----|
| Abb. 3.1 | Einfluss des Volumens des Versandstücks auf den luftgetragenen Freisetzunganteil für pulverförmige LSA-II-Stoffe..... | 27 |
| Abb. 3.2 | Einfluss des Volumens des Versandstücks auf den luftgetragenen Freisetzunganteil für zementierte LSA-III-Stoffe..... | 28 |
| Abb. 3.3 | Einfluss der Fallhöhe des Versandstücks auf den luftgetragenen Freisetzunganteil für pulverförmige LSA-II-Stoffe..... | 29 |
| Abb. 3.4 | Einfluss der Fallhöhe des Versandstücks auf den luftgetragenen Freisetzunganteil für zementierte LSA-III-Stoffe..... | 29 |
| Abb. 3.5 | Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für pulverförmige LSA-II-Stoffe nach Handhabungsunfall in kleiner Lagerhalle | 31 |
| Abb. 3.6 | Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für zementierte LSA-III-Stoffe nach Handhabungsunfall in kleiner Lagerhalle | 31 |
| Abb. 3.7 | Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für pulverförmige LSA-II-Stoffe nach Handhabungsunfall in großer Lagerhalle | 32 |
| Abb. 3.8 | Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für zementierte LSA-III-Stoffe nach Handhabungsunfall in großer Lagerhalle | 33 |
| Abb. 3.9 | Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für pulverförmige LSA-II-Stoffe nach Transportunfall | 33 |
| Abb. 3.10 | Vergleich von freigesetzter und aufgenommener Aktivität für zementierte LSA-III-Stoffe nach Transportunfall | 34 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Abb. 3.11 | Aufnahme von freigesetzten pulverförmigen LSA-II-Stoffen nach einem Handhabungsunfall in einer kleinen Lagerhalle mit Luftaustausch..... | 35 |
| Abb. 3.12 | Aufnahme von freigesetzten zementierten LSA-III-Stoffen nach einem Handhabungsunfall in einer kleinen Lagerhalle mit Luftaustausch..... | 36 |
| Abb. 3.13 | Aufnahme von freigesetzten pulverförmigen LSA-II-Stoffen nach einem Handhabungsunfall in einer großen Lagerhalle mit Luftaustausch..... | 37 |
| Abb. 3.14 | Aufnahme von freigesetzten zementierten LSA-III-Stoffen nach einem Handhabungsunfall in einer großen Lagerhalle mit Luftaustausch..... | 37 |
| Abb. 3.15 | Aufnahme von freigesetzten pulverförmigen LSA-II-Stoffen nach einem Transportunfall | 38 |
| Abb. 3.16 | Aufnahme von freigesetzten zementierten LSA-III-Stoffen nach einem Transportunfall | 39 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|----------|--|----|
| Tab. 2.1 | Aufteilung des Bestandes sonstiger konditionierter radioaktiver Abfälle nach Abfallverursachergruppen /BMUB 15b/ | 7 |
| Tab. 2.2 | Sonstige radioaktive Abfälle, Stand 31.12.2014 /BMUB 15b/ | 7 |
| Tab. 2.3 | Abfall-Kategorien /BFS 15/..... | 8 |
| Tab. 2.4 | Abfallbestand konditionierter Abfälle nach /BFS 15/ | 9 |
| Tab. 2.5 | Abfallvolumen für das Jahr 2010 /BFS 11b/..... | 10 |
| Tab. 2.6 | Abfallvolumen konditionierter Abfälle im Jahr 2010 /BFS 11a/ | 10 |
| Tab. 2.7 | Abfallkategorien und Beschreibung nach /BFS 15/ und /BMUB 15b/ | 18 |
| Tab. 2.8 | Entwicklung des Anteils konditionierter Abfälle nach Verursachergruppen aus /BFS 11a/, /BFS 15/, /BMUB 15b/ | 19 |

