

# Endlager Konrad

**Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, radiologische Aspekte  
- Endlager Konrad - Stand: Oktober 2010**

**Fachbereich  
Sicherheit nuklearer Entsorgung**

**Stefan Steyer (Herausgeber)**

**SE-IB-30/08-REV-1**



**Bundesamt für Strahlenschutz**

## **Vorbemerkung**

Die Maßnahmen zur Produktkontrolle wurden im Hinblick auf die radiologischen Aspekte als interner Arbeitsbericht „Produktkontrolle radioaktiver Abfälle – Schachanlage Konrad – Stand: Dezember 1995, ET-IB-45-REV-3“ /28/ im Planfeststellungsverfahren Konrad eingereicht, geprüft und festgeschrieben. Darüber hinaus enthält der Planfeststellungsbeschluss für das Endlager Konrad vom 22. Mai 2002 /26/ in seinem verfügbaren Teil A III weitere Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle. Die Umsetzung dieser Nebenbestimmungen erfolgte im Rahmen einer Revision der o.a. Fassung der Vorgaben zur Produktkontrolle, die hiermit als „Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, radiologische Aspekte – Endlager Konrad- Stand: Oktober 2010“ vorliegen.

Salzgitter im Oktober 2010

Stefan Steyer

## **Kapitelübersicht**

1. **Einleitung**
2. **Grundlagen der Produktkontrolle**
3. **Beschreibung und Quantifizierung der Kenngrößen für Abfallprodukte und Verpackungen und Ableitung zweckmäßiger Maßnahmen zur Produktkontrolle**
4. **Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Genauigkeit bei der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen**
5. **Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch Stichprobenprüfungen**
6. **Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch Qualifizierung und begleitende Kontrolle von Konditionierungsmaßnahmen**
7. **Prüfung von Behältern/Verpackungen**
8. **Abruf von Abfallgebinden**
9. **Dokumentation der Abfalldaten**
10. **Literatur**

## 1. Einleitung

Aufgabe der Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, soweit sie in diesem Bericht behandelt wird, ist es, die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen /1/ sicherzustellen. Ein diesbezüglicher Nachweis setzt organisatorische und administrative Regelungen voraus, durch die die Verantwortungsbereiche, Aufgaben und Tätigkeiten der Beteiligten festgelegt werden. Das BfS sorgt im Rahmen seiner Verantwortung für den Betrieb des Endlagers durch die Prüfung von Abfallbehältern und Abfallgebinden sowie durch die Qualifizierung und begleitende Kontrolle von Konditionierungsmaßnahmen für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen.

Prüfungen an Abfallgebinden und konditionierungsbegleitende Kontrollmaßnahmen können auch unter fachlicher Abstimmung mit dem BfS von den Aufsichtsbehörden der Länder veranlaßt oder von ausländischen oder internationalen Organisationen durchgeführt werden, soweit entsprechende gesetzliche Vorschriften oder sonstige Regelungen nichts anderes festlegen.

Das BfS stellt die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen sicher durch

- Prüfung der von den Ablieferungspflichtigen für endzulagernde Abfallgebinde vorzulegenden Dokumentationen und durch Festlegung von Stichprobenprüfungen an diesen Abfallgebinden oder durch
- Qualifizierung von Konditionierungsverfahren und Festlegung begleitend durchzuführender Kontrollmaßnahmen an Konditionierungsanlagen, in denen die für die Endlagerung vorgesehenen Abfälle konditioniert werden, und durch
- Prüfung der Behälter bzw. Verpackungen radioaktiver Abfälle.

Für seine Kontrollmaßnahmen bedient das BfS sich unabhängiger Sachverständiger und Institutionen sowie der Deutschen Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE), die u.a. Kontrollen an den Abfallgebinden beim Eingang am Endlager durchführt.

Vom BfS zur Endlagerung freigegebene Abfallgebinde werden von der DBE abgerufen und eingelagert.

## **Kapitel**

### **2. Grundlagen der Produktkontrolle**

#### **Unterkapitel:**

2.1 Organisation und Verantwortung

2.2 Die endlagerrelevanten Eigenschaften radioaktiver Abfälle

## 2. Grundlagen der Produktkontrolle

Das BfS sorgt für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen /1/ insbesondere durch die

- Vorgabe organisatorischer und administrativer Regelungen zwischen dem BfS und den in seinem Auftrag tätigen unabhängigen Sachverständigen, der DBE und den Ablieferungspflichtigen sowie durch die
- Prüfung der ihm von den Ablieferungspflichtigen vorzulegenden Dokumentationen, durch die Bauartprüfung von Abfallbehältern, durch die Festlegung von Stichprobenprüfungen an Abfallgebinden sowie durch die Qualifizierung von Konditionierungsmaßnahmen.

Produktkontrollmaßnahmen können in den Anlagen der Ablieferungspflichtigen oder Konditionierer oder außerhalb dieser Anlagen durchgeführt werden.

Die sich aus §§ 9a, 23 AtG ergebende Zuständigkeit des BfS für den Betrieb des Endlagers Konrad und die daraus folgende Zuständigkeit für die Produktkontrolle erstreckt sich auf die Definition der Anforderungen an die Produktkontrolle bzw. an die eingesetzten Sachverständigen und Institutionen im Rahmen des für das Endlager Konrad geltenden Planfeststellungsbeschlusses. Ferner obliegt es dem BfS, die im Rahmen der Produktkontrolle übermittelten Unterlagen und Informationen zu prüfen und über Zweifelsfragen zur Durchführung der Produktkontrolle zu entscheiden. Das BfS ist dafür verantwortlich, daß nur solche Abfälle eingelagert werden, für die im Rahmen der Produktkontrolle die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen nachgewiesen wurde. Sofern Anforderungen, die sich aus den Endlagerungsbedingungen ergeben, im Rahmen der Aufsicht durch die zuständigen Landesbehörden oder von ausländischen oder internationalen Organisationen geprüft werden, werden die Ergebnisse vom BfS bei der Produktkontrolle berücksichtigt. Um Doppelprüfungen zu vermeiden, sollen die Ergebnisse derartiger Prüfungen dem BfS vorgelegt werden. Soweit diese Prüfungen von Sachverständigen durchgeführt werden, gelten bezüglich der Eignung dieser Sachverständigen für das BfS die nachfolgend in Unterkapitel 2.1 angegebenen Anforderungen.

Zur Vereinfachung wird nachfolgend die Durchführung der Maßnahmen zur Produktkontrolle so beschrieben, daß unabhängig durchzuführende Kontrollmaßnahmen vom BfS selbst bzw. von Sachverständigen im Auftrag des BfS durchgeführt werden. Auf die Möglichkeit, daß bestimmte Maßnahmen zur Produktkontrolle von den Aufsichtsbehörden der Länder oder von ausländischen oder internationalen Organisationen durchgeführt werden, wird nachfolgend nur im Ausnahmefall hingewiesen. Soweit die Verantwortung für die Durchführung bestimmter Maßnahmen zur Produktkontrolle ausschließlich beim BfS liegt, wird darauf ausdrücklich hingewiesen.

### 2.1 Organisation und Verantwortung

#### Verantwortung und Aufgaben des BfS

Dem für den Betrieb des Endlagers verantwortlichen BfS obliegt auch die Verantwortung dafür Sorge zu tragen, daß nur geeignet konditionierte Abfälle eingelagert werden. Im Rahmen dieser Verantwortung verlangt das BfS einen Nachweis über die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen und

- definiert für die Endlagerung relevante Prüf- und Kontrollmaßnahmen, die von den Ablieferungspflichtigen und Konditionierern unabhängig sind oder
- entscheidet, ob derartige Kontrollmaßnahmen den Anforderungen für die Endlagerung entsprechen, soweit sie von den Aufsichtsbehörden der Länder veranlaßt oder von ausländischen oder internationalen Organisationen durchgeführt werden.

Diese Verantwortung kann vom BfS nicht auf die Aufsichtsbehörden der Länder oder auf ausländische oder internationale Organisationen übertragen werden.

Soweit das BfS zum Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen erforderliche unabhängige Prüf- und Kontrollmaßnahmen nicht selbst durchführt, sondern Sachverständige tätig werden, gelten diese für einen solchen Nachweis dann als geeignet, wenn sie über die erforderlichen Kenntnisse und technischen Hilfsmittel

verfügen und die Gewähr für eine unparteiische Wahrnehmung ihrer Aufgaben bieten, z. B. aufgrund entsprechender gesetzlicher Regelungen. Das BfS behält sich vor, in Zweifelsfällen über die Eignung eines Sachverständigen im Hinblick auf die Beurteilung der Endlagerbarkeit von Abfällen zu entscheiden, und sich durch Beobachtungen an Ort und Stelle über den ordnungsgemäßen Ablauf der Betriebsvorgänge und Prüftätigkeiten der Sachverständigen zu vergewissern, soweit die Qualität der erzeugten Abfallprodukte oder Abfallgebinde davon abhängt.

Das BfS überwacht die Arbeiten der von ihm beauftragten Sachverständigen und die Produktqualität betreffende Tätigkeiten der DBE, macht Vorgaben für die Durchführung der Prüf- und Kontrollmaßnahmen und wertet die ihm zu übermittelnden Prüfberichte der Sachverständigen aus. Das BfS wird insbesondere folgende Aufgaben nicht auf Dritte übertragen, sondern selbst durchführen:

- Festlegung geeigneter Kontrollmaßnahmen zum Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen für bereits konditionierte Abfälle, qualifizierte Konditionierungsverfahren und Abfallbehälter,
- Festlegung des Umfangs der für die endzulagernden Abfälle vorzulegenden Dokumentationen (diesbezügliche Vorgaben sind nachfolgend z. B. in Unterkapitel 5.1.2, 6.3 oder 7.1.3 enthalten),
- Entscheidung über das weitere Vorgehen beim Auftreten von Mängeln und Fehlern, die bei der Produkt- oder Eingangskontrolle festgestellt werden,
- Anerkennung von Stichprobenprüfungen an bereits konditionierten Abfällen, von Konditionierungsverfahren als qualifiziert und von Bauartprüfungen an Abfallbehältern sowie
- Freigabe von Abfallgebinden zur Endlagerung.

### **Aufgaben und Tätigkeiten beauftragter unabhängiger Sachverständiger und Institutionen**

Die im Rahmen der Produktkontrolle beauftragten Sachverständigen müssen über die für das jeweilige Arbeitsgebiet erforderliche Sachkunde und Unabhängigkeit verfügen. Sie können insbesondere mit folgenden Arbeiten beauftragt werden:

- Prüfung der von den Ablieferungspflichtigen und Konditionierern vorgelegten Dokumentationen,
- Prüfung und Begutachtung von Konditionierungsverfahren bezüglich der Qualität der Abfallprodukte einschließlich Prüfung der zu verwendenden Behälter bzw. Verpackungen,
- Kontrollen an Proben aus dem Konditionierungsprozeß,
- begleitende Kontrollmaßnahmen bezüglich der Qualität der Abfallprodukte (Inspektionen) bei Anlagen, in denen radioaktive Abfälle mit qualifizierten Verfahren konditioniert werden, sowie begleitende Kontrollmaßnahmen bei der Fertigung von Behältern bzw. Verpackungen und
- Stichprobenprüfungen an Abfallgebinden (Abfallprodukt und Abfallbehälter).

Bei der Prüfung und Begutachtung von Konditionierungsverfahren wird unter Verwendung der vorgelegten Dokumentationen geprüft, ob die Vorbehandlung und Konditionierung der radioaktiven Abfälle so erfolgt, daß die hergestellten Abfallgebinde den Endlagerungsbedingungen entsprechen. Diese Prüfung kann kampagnenunabhängig, für alle mit dem betreffenden Konditionierungsverfahren zu konditionierenden Abfälle, oder kampagnenabhängig, für eine bestimmte, im Rahmen einer Kampagne zu konditionierende Menge von Abfällen, erfolgen.

Bei Stichprobenprüfungen wird der Prüfumfang auf der Grundlage der über Herstellung und Eigenschaften der Abfallgebinde vorgelegten Dokumentationen festgelegt. Die zu prüfenden Abfallgebinde werden ausgewählt und am Ort der Lagerung oder außerhalb der Lageranlagen in geeigneten Prüfeinrichtungen geprüft. Diese Prüfung bezieht sich auf eine bestimmte, zu einem Prüflös zusammengefaßte Menge von Abfallgebinden.

Die Prüfergebnisse werden schriftlich festgehalten und dem BfS übermittelt. Abfallgebinde, die den Endlage

rungsbedingungen entsprechen, werden erfaßt, ihr ordnungsgemäßer Zustand wird dem Endlager mitgeteilt. Geprüfte und als fehlerhaft identifizierte Gebinde werden ebenfalls erfaßt und gekennzeichnet.

## **Verantwortung und Aufgaben der Ablieferungspflichtigen und Konditionierer**

Die Ablieferungspflichtigen und Konditionierer sind - unabhängig von den Prüf- und Kontrollmaßnahmen durch das BfS - für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen verantwortlich. Die Prüfung der atomrechtlichen Genehmigungsvoraussetzungen für die Durchführung von Konditionierungsmaßnahmen obliegt den Genehmigungsbehörden und die Aufsicht darüber obliegt den Aufsichtsbehörden, die nach § 20 AtG Sachverständige zuziehen können. Gegenüber dem BfS sind die Ablieferungspflichtigen auch für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch die Konditionierer verantwortlich und haben zur Kontrolle Dokumentationen vorzulegen, aus denen diese Einhaltung hervorgeht. Soweit die Ablieferungspflichtigen und Konditionierer technische und organisatorisch-administrative Maßnahmen nachweisen, die die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen generell erwarten lassen, werden diese Maßnahmen vom BfS bei der Festlegung des Umfangs und der Prüfung der Notwendigkeit von ihm veranlaßter Kontrollmaßnahmen berücksichtigt.

Kommen qualifizierte Konditionierungsverfahren zum Einsatz, so ist dem BfS vom Ablieferungspflichtigen bzw. vom Konditionierer die Einhaltung der in der Verfahrensqualifikation festgelegten Anforderungen nachzuweisen.

Dem BfS ist vom Ablieferungspflichtigen bzw. Konditionierer für die Durchführung begleitender Kontrollmaßnahmen oder die Beobachtung laufender Konditionierungsverfahren und/oder für die Durchführung von Stichprobenprüfungen der Zutritt zu den jeweiligen Anlagen zu gestatten.

Die Ablieferungspflichtigen und Konditionierer übernehmen die Nachbehandlung konditionierter Abfälle, falls sich bei den Kontrollen die Nichteinhaltung der Endlagerungsbedingungen herausstellt, und sorgen für eine endlagergerechte Nachkonditionierung. Sie unterrichten das BfS vor der endgültigen Einbringung von Abfallfässern in Container, falls die im Rahmen der Produktkontrolle an diesen Fässern erforderlichen Prüfungen noch nicht durchgeführt wurden.

Die bei der Produktkontrolle anfallenden Abfälle (z. B. Proben) bleiben Eigentum der Ablieferungspflichtigen.

Bei in einer Landessammelstelle zwischengelagerten Abfällen übernimmt der Abführungspflichtige die Verantwortung des Ablieferungspflichtigen und - soweit zutreffend - des Konditionierers.

## **Aufgaben oder Tätigkeiten der DBE**

Die vom BfS mit der Einlagerung von Abfallgebinden beauftragte Deutsche Gesellschaft zum Bau und Betrieb von Endlagern für Abfallstoffe mbH (DBE) führt die Dokumentation der Abfalldaten für die zur Endlagerung angemeldeten und die eingelagerten Abfallgebinde. Diese Daten werden vom BfS zusätzlich erfaßt und ausgewertet und, soweit notwendig, den im Auftrag des BfS tätigen Sachverständigen zur Verfügung gestellt.

Die DBE führt vor der Einlagerung folgende Arbeiten durch:

- Überprüfung der Abfalldatenblätter vor dem Abruf der Abfallgebinde,
- Abruf der Abfallgebinde,
- Eingangskontrollen an den Abfallgebinden,
- Kennzeichnung, ggf. Nachbehandlung bzw. zeitweilige Aufbewahrung der bei der Eingangskontrolle als fehlerhaft erkannten Abfallgebinde,
- zeitweilige Aufbewahrung von Abfallgebinden in der Pufferhalle und
- Dokumentation der Daten der eingelagerten Abfälle.



## 2.2 Die endlagerrelevanten Eigenschaften radioaktiver Abfälle

Die durch die Endlagerungsbedingungen festgelegten sicherheitstechnischen Anforderungen an Abfallgebinde beziehen sich gemäß Kapitel 3 auf das Aktivitätsinventar, auf chemische, physikalische und biologische Eigenschaften der Abfallprodukte sowie auf die Verpackung der Abfälle. Es ist im Rahmen der Produktkontrolle zweckmäßig, Kontrollmaßnahmen nach den jeweils zu prüfenden Merkmalen, den endlagerrelevanten Eigenschaften der Abfälle, zu gliedern. Diese endlagerrelevanten Eigenschaften werden durch sogenannte Kenngrößen quantifiziert. Im Rahmen der Produktkontrolle werden insbesondere auch auf den Konditionierungsprozeß bezogene Eigenschaften als endlagerrelevante Eigenschaften bezeichnet und Kontrollmaßnahmen unterworfen, obgleich für diese Eigenschaften durch die Endlagerungsbedingungen keine Anforderungen festgelegt werden. Diese Vorgehensweise wird angewendet, falls die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen bei Nachweis dieser Eigenschaften sichergestellt ist.

Der Vorteil eines derartigen Vorgehens liegt darin, daß trotz einer Vielzahl unterschiedlicher Rohabfälle, Abfallprodukte und Abfallbehälter und der diesbezüglichen Kontrollmaßnahmen eine einheitliche Gliederung und Strukturierung bei der Beschreibung und Festlegung von Maßnahmen zur Produktkontrolle erreichbar ist.

Als endlagerrelevante Eigenschaften wurden identifiziert:

- Gesamtaktivität des Abfallgebundes (1)
- Aktivität relevanter Radionuklide (2)
- Ortsdosisleistung an der Oberfläche und in 1 m bzw. 2 m Abstand (3)
- Oberflächenkontamination des Abfallgebundes (4)
- Zusammensetzung des Rohabfalls (5)
- Qualität des Fixierungsmittels (6)
- Qualität des Abfallbehälters (7)
- Mengenverhältnisse Abfall/Fixierungsmittel/Wasser/Zuschlagstoffe (8)
- Durchmischung (9)
- Masse des Abfallgebundes, Abfallproduktes oder innerer Abschirmungen (10)
- Abbinde- bzw. Produktzustand (11)
- Wassergehalt bzw. Restfeuchte (12)
- Thermisches Verhalten (13)
- Stapel- und Handhabbarkeit (14).

Die Eigenschaften 1 bis 4 werden für Prüfzwecke hinreichend durch die Endlagerungsbedingungen quantifiziert. Quantitative Werte für die übrigen endlagerrelevanten Eigenschaften ergeben sich ebenfalls aus diesen Endlagerungsbedingungen oder können daraus abgeleitet werden.

Die Eigenschaften können anhand der Dokumentationen der Ablieferungspflichtigen oder am Rohabfall, im Verarbeitungsverfahren, am Abfallprodukt, am Abfallbehälter oder am Abfallgebinde geprüft werden. Die Art des radioaktiven Abfalls und seine Konditionierung legen die Anzahl der zu prüfenden Eigenschaften fest. Diese Prüfungen werden in Kapitel 5, 6 und 7 erläutert.



## **Kapitel**

### **3. Beschreibung und Quantifizierung der Kenngrößen für Abfallprodukte und Verpackungen und Ableitung zweckmäßiger Maßnahmen zur Produktkontrolle**

#### **Unterkapitel**

- 3.1 Einleitung und Zusammenfassung
- 3.2 Anforderungen an Abfallgebinde
  - 3.2.1 Anforderungen an das Abfallprodukt
  - 3.2.2 Anforderungen an die Verpackung
- 3.3 Ermittlung von Kenngrößen für das Abfallprodukt
  - 3.3.1 Definition von Begriffen
  - 3.3.2 Quantifizierung von Kenngrößen
- 3.4 Ermittlung des Prüfumfanges für das Abfallprodukt
  - 3.4.1 Prüfumfang in Abhängigkeit von Abfallbehälterklasse und Abfallproduktgruppe
  - 3.4.2 Prüfumfang in Abhängigkeit von der radiologischen Relevanz
  - 3.4.3 Prüfumfang in Abhängigkeit vom Konditionierungsverfahren
  - 3.4.4 Beispiele
- 3.5 Ermittlung von Kenngrößen und Prüfungen für die Verpackung
  - 3.5.1 Ermittlung von Kenngrößen
  - 3.5.2 Prüfungen für Behälter

### 3.1 Einleitung und Zusammenfassung

Die in den Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad /1/ enthaltenen sicherheitstechnischen Anforderungen an Abfallgebinde bilden die Basis der Endlagerungsbedingungen des Endlagers Konrad. Die an Abfallgebinde gestellten Anforderungen beziehen sich auf

- die Aktivität des Abfallproduktes bzw. des Abfallgebundes,
- die Beschaffenheit des Abfallproduktes und
- die Art und Beschaffenheit der Verpackung.

Sie resultieren aus den Sicherheitsanalysen zum bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers, zu Störfällen und zur Nachbetriebsphase.

Sie werden in diesem Kapitel soweit spezifiziert und quantifiziert, daß sie im Rahmen der Produktkontrolle überprüft werden können. Die Untersuchungen beschränken sich dabei auf die Anforderungen an die Beschaffenheit des Abfallproduktes und an die Beschaffenheit der Verpackung. Die Anforderungen an die zulässigen Aktivitäten sind nicht Gegenstand dieses Kapitels, da aufgrund der in /1/ angegebenen zulässigen Aktivitätsgrenzwerte für Abfallgebinde bereits eine ausreichende Spezifizierung und Quantifizierung im Hinblick auf die Überprüfung im Rahmen der Produktkontrolle erfolgt ist.

Soweit aus den Sicherheitsanalysen des bestimmungsgemäßen Betriebes Anforderungen an die Beschaffenheit des Abfallproduktes resultieren, sind sie nur für spezielle Abfallströme von Bedeutung. Die geforderten Nachweise müssen daher generell für einen Abfallstrom erbracht werden und sind nicht Gegenstand von Einzelprüfungen.

Im vorliegenden Kapitel sind deshalb die Anforderungen an die Beschaffenheit der Abfallprodukte ausführlicher untersucht worden, die aus der Störfallanalyse der Betriebsphase resultieren und die Anforderungen an die Verpackungen aus bestimmungsgemäßem Betrieb und Störfall.

Einleitend werden zum besseren Verständnis die in /1/ enthaltenen Anforderungen noch einmal zusammenfassend dargestellt. Anschließend werden im ersten Teil des Kapitels die Anforderungen an das Abfallprodukt durch Begriffe spezifiziert, die durch quantifizierbare Kenngrößen belegt werden. Darüber hinaus werden Vorschläge für den Prüfumfang erarbeitet. Anhand von Prüflisten wird aufgezeigt, inwieweit und aus welchen Gründen Prüfungen in Abhängigkeit von Abfallbehälterklasse (ABK), Abfallproduktgruppe (APG), radiologischer Relevanz eines Abfallgebundes und Konditionierung entfallen können.

In Kapitel 3.5 wird die Prüfung der Verpackung behandelt. Dazu werden für die vorgesehenen Behältertypen des Endlagers Konrad die zu prüfenden Kenngrößen spezifiziert und Vorschläge für die Prüfung der Behälter erarbeitet.

### 3.2 Anforderungen an Abfallgebinde

Die aus der Sicherheitsanalyse für das Endlager Konrad abgeleiteten sicherheitstechnischen Anforderungen an die Abfallgebinde sind in /1/ aufgeführt.

Die sicherheitstechnischen Anforderungen, die an ein Abfallgebinde gestellt werden, betreffen

- das zulässige Aktivitätsinventar des Abfallgebundes
- die Beschaffenheit des Abfallproduktes
- die Art und Beschaffenheit der Verpackung und
- sonstige Eigenschaften des Abfallgebundes, z.B. Masse, Oberflächenkontamination, die weitgehend drucklose Anlieferung u.a.

Nachfolgend werden einleitend die an die Beschaffenheit des Abfallproduktes und an die Art und Beschaf-

fenheit der Verpackung gestellten Anforderungen zur besseren Lesbarkeit noch einmal zusammenfassend aufgelistet. Auf eine Darstellung der Anforderungen an das zulässige Aktivitätsinventar und der sonstigen Eigenschaften der Abfallgebinde wird verzichtet. Aufgrund der in /1/ angegebenen zulässigen Aktivitätsgrenzwerte für Abfallgebinde sowie der detaillierten Beschreibung der sonstigen Eigenschaften ist hier bereits eine ausreichende Spezifizierung und Quantifizierung der Anforderungen im Hinblick auf die Überprüfung im Rahmen der Produktkontrolle erfolgt. Die Prüfungen der Anforderungen hinsichtlich der zulässigen Aktivitäten in einem Abfallgebinde bzw. sonstiger Eigenschaften (mit Ausnahme der drucklosen Anlieferung) sind daher nicht Gegenstand dieses Kapitels.

### 3.2.1 Anforderungen an das Abfallprodukt

Sicherheitstechnische Anforderungen an das Abfallprodukt werden im Rahmen der in /1/ festgelegten Grundanforderungen und den darüber hinausgehenden gruppenspezifischen Anforderungen gestellt.

Die unabhängig vom Aktivitätsinventar eines Abfallgebundes gestellten Grundanforderungen ergeben sich aus dem Schutzziel der Vermeidung von Betriebsstörungen und Störfällen, z.B. durch Kontaminationsverschleppung bzw. Auslösung eines Brandes infolge Selbstentzündung. Die an die Beschaffenheit des Abfallproduktes gestellten Grundanforderungen lauten:

Die Abfallprodukte

- liegen in fester Form vor,
- faulen und gären nicht,
- enthalten bis auf sinnvoll erreichbare und nicht vermeidbare Restgehalte
  - weder Flüssigkeiten noch Gase in Ampullen, Flaschen oder sonstigen Behältern,
  - weder freibewegliche Flüssigkeiten noch setzen sie derartige Flüssigkeiten oder Gase unter üblichen Lagerungs- und Handhabungsbedingungen frei,
  - keine selbstentzündlichen oder explosiven Stoffe und
- enthalten durch thermische Neutronen spaltbare Stoffe (außer Natururan und abgereichertem Uran) nur in einer Massenkonzentration bis zu 50 g pro 100 l Abfallprodukt.

Bei Containern mit einer Spaltstoffmasse von mehr als einem Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse ist sicherzustellen, daß in jedem beliebig angeordneten kubischen 100-l-Volumen maximal ein Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse des entsprechenden Spaltstoffs enthalten ist.

Für Natururan, abgereichertes Uran und U-235/U-238-Gemische mit  $\leq 5$  Massen-% U-235 muß sichergestellt sein, daß die chemisch-physikalische Form der U-235- und U-238-Isotope gleich ist und eine homogene Mischung dieser Isotope vorliegt, sodaß eine Abtrennung von U-235 nur mit Verfahren der Isotopentrennung möglich ist.

Brennbare radioaktive Abfälle, die spaltbare Stoffe mit einer Masse von mehr als 1 g pro Abfallgebinde enthalten, müssen

- in einer nicht brennbaren Abfallmatrix fixiert sein, oder
- allseitig von einer inaktiven, bis zur Aufprallgeschwindigkeit von 4 m/s intakten Schicht mit einem Wärmeleitwiderstand von mindestens  $0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  umgeben sein, oder
- in einem der Abfallbehälterklasse II zugeordneten Abfallbehälter verpackt sein.

Bei Abfallgebunden mit mehr als 15 g Spaltstoff ist zusätzlich der Nachweis zu erbringen, daß bei thermischer Belastung des Behälters eine lokale Aufkonzentrierung des Spaltstoffs ausgeschlossen werden kann.

Bei fixierten radioaktiven Abfällen müssen Reaktionen zwischen dem radioaktiven Abfall, dem Fixierungsmittel und der Verpackung auf eine sicherheitstechnisch zulässige Rate beschränkt sein, das Fixierungsmittel vollständig abgebunden oder erstarrt sein und weitere Qualitätsmerkmale der Fixierung erfüllt werden. Diese

Anforderungen werden erfüllt, falls die Grundanforderungen an Abfallprodukte und an die Abfallbehälter eingehalten werden, so daß eine Spezifizierung zusätzlicher Kenngrößen entfallen kann.

Darüber hinausgehende Anforderungen an das Abfallprodukt resultieren aus der Begrenzung der Freisetzung radioaktiver Stoffe aus dem Abfallprodukt aufgrund einer mechanischen oder thermischen Beaufschlagung infolge eines Störfalls und sind mit entsprechend höheren zulässigen Aktivitäten verknüpft. Diese Anforderungen werden nur gestellt, wenn das Abfallgebilde eine nicht störfallfest ausgelegte Verpackung besitzt, wie sie in der Abfallbehälterklasse I zulässig ist, und das Abfallprodukt nicht der Abfallproduktgruppe 01 zugeordnet wird. Diese zusätzlichen Anforderungen umfassen insbesondere Stoffreinheit, Brennbarkeit und Festigkeit des Abfallproduktes. Die Anforderungen lauten:

- Bei einer Zuordnung eines Abfallproduktes zur APG 02 ist über die Grundanforderungen hinaus gewährleistet, daß brennbare Abfallstoffe mit einem Schmelzpunkt kleiner 300 °C
  - so verarbeitet sind, daß sie nicht aus dem Abfallprodukt austreten, wenn sie bei thermischer Belastung flüssig werden oder
  - einen Anteil an der Aktivität im betreffenden Abfallprodukt von nicht mehr als 1 % besitzen.
- Bei einer Zuordnung eines Abfallproduktes zur APG 03 ist über die Grundanforderungen hinaus gewährleistet, daß es nur aus Metallteilen und/oder aus Werkstoffen - mit der Ausnahme von Graphit - von Einbauteilen eines Reaktorkerns besteht.
- Bei einer Zuordnung eines Abfallproduktes zur APG 04 ist über die Grundanforderungen hinaus gewährleistet, daß der radioaktive Abfall mit einem Preßdruck größer gleich 30 MPa formstabil kompaktiert ist.
- Bei einer Zuordnung eines Abfallproduktes zur APG 05 ist über die Grundanforderungen hinaus gewährleistet, daß der radioaktive Abfall in Zementstein oder Beton fixiert ist. Die Fixierung ist so ausgeführt, daß
  - bei eingebundenen oder verfestigten radioaktiven Abfällen (z.B. Aschen, Pulvern oder wässrigen Konzentraten) die Aktivität gleichmäßig und vollständig im Zementstein oder Beton verteilt ist,
  - bei vergossenen radioaktiven Abfällen (z.B. Schrott) die Aktivität - soweit technisch und aufgrund der Beschaffenheit des Abfalls sinnvoll machbar - möglichst gleichmäßig im Abfallprodukt verteilt und
  - die Druckfestigkeit des Abfallproduktes mindestens 10 N/mm<sup>2</sup> beträgt.
- Bei einer Zuordnung eines Abfallproduktes zur APG 06 ist über die Grundanforderungen hinaus gewährleistet, daß der radioaktive Abfall selbst aus einem festen Körper mit einer Druckfestigkeit = 10 N/mm<sup>2</sup> besteht und nicht brennbar ist.

Über die bisher zusammengestellten Anforderungen hinaus werden Anforderungen an die chemisch-physikalische Beschaffenheit des Abfallproduktes gestellt. Diese resultieren aus dem bestimmungsgemäßen Betrieb und sind verknüpft mit den zu bilanzierenden Radionukliden. Dies betrifft

- die chemische Verbindung, in der Tritium vorliegt (unspezifiziert, als HTO oder HT),
- die chemische Verbindung, in der C-14 vorliegt (unspezifiziert oder Anteil in flüchtiger Form),
- die chemische Verbindung, in der J-129 vorliegt (unspezifiziert oder auf silberhaltigen Filtern)
- die Form, in der Ra-226 vorliegt (unfixiert oder fixiert),
- bei sonstigen Beta-/Gammastrahlern außer Pu-241 den Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt und
- den Gehalt von Radionukliden, deren Zerfall zur Rn-220-Freisetzung führt.

Diese Anforderungen sind nicht generell von Bedeutung, sondern sind nur für spezielle Abfallströme relevant, wie insbesondere das Beispiel des J-129-Gehaltes auf silberhaltigen Filtern zeigt.

Die Angabe, in welcher Form das jeweilige Radionuklid im Abfall vorliegt, die für Tritium, C-14, J-129 und Ra-226 zu überprüfen ist, sofern nicht der restriktivste Grenzwert zur Bilanzierung herangezogen wird, wird

daher nur bei speziellen Abfallströmen gemacht werden können. Für diese Abfallströme sind die Nachweise und Überprüfungen bestimmter Nuklidverbindungen - z.B. der flüchtige C-14-Anteil der Ionentauscherharze aus der Kühlmittelreinigung von Kernkraftwerken - generell für den gesamten Abfallstrom und nicht für einzelne Abfallgebinde zu führen. Die Aufgabe der Produktkontrolle beschränkt sich dabei auf die Prüfung, ob es sich bei dem abzuliefernden Abfallgebinde tatsächlich um Abfall aus dem angegebenen Abfallstrom handelt.

In gleicher Weise ist die Forderung nach der Angabe zum Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt zu bewerten. Im Gegensatz zu dem Begriff "freibewegliche" oder "freie Flüssigkeit", der in Kapitel 3.3.1 erläutert ist, handelt es sich bei dem "Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte" im Abfallprodukt um den Wassergehalt des Abfallproduktes unabhängig davon, in welcher Form das Wasser im Abfallprodukt enthalten ist, d.h. ob freibeweglich, eingeschlossen in Poren, adsorptiv oder chemisch gebunden. Das bedeutet, daß Massenanteile von  $\leq 1\%$ , der Grenzwert, ab dem der Wassergehalt für die Bilanzierung der sonstigen Beta-/Gammastrahler von Bedeutung ist, praktisch nur in wenigen speziellen bzw. speziell behandelten Abfallströmen erreicht werden können. Unabhängig davon, daß deshalb der Wert praktisch von untergeordneter Bedeutung sein wird, wird der Nachweis auch hier generell für einen derartigen Abfallstrom zu führen und nicht Gegenstand von Einzelprüfungen sein.

Gemäß /1/ sind Abfälle in Verpackungen ohne spezifizierte Dichtheit mit mindestens 4 cm Beton zu umschließen, falls sie Rn-220 freisetzen können. Sind Radionuklide im Abfall enthalten, die zu einer Rn-220-Freisetzung führen können, z.B. Th-232, so kann unterhalb einer Aktivität von  $10^6$  Bq/Abfallgebinde bei unfixiertem Abfall und  $5 \cdot 10^7$  Bq/Abfallgebinde bei fixiertem Abfall eine Betonumschließung entfallen. Weiter ist die Anlieferung von Abfallgebinden, die Kr-85 enthalten, durch eine jährlich einlagerbare Aktivität von  $1 \cdot 10^{13}$  Bq beschränkt. Der Nachweis, daß diese Aktivitätsgrenzwerte eingehalten sind, ist ebenfalls generell für Abfallströme zu führen und nicht Gegenstand von Einzelprüfungen.

Eine Einzelprüfung durch das BFS ist erforderlich, falls die Aktivität von U-233 einen Wert von  $1,8 \cdot 10^9$  Bq/Abfallgebinde (entsprechend der Masse von 5 g/Abfallgebinde) und die Aktivität von U-235, Pu-239 und Pu-241 1% der zugehörigen Aktivitätswerte aus Anhang II/Tabelle 7a der Endlagerungsbedingungen /1/ übersteigt und mehr als 27,5 kg D<sub>2</sub>O, 36 kg Beryllium oder 42 kg Graphit, vermischt mit spaltbaren Stoffen, in einem Abfallgebinde enthalten sind. Falls diese Moderator- und Reflektormaterialien nicht mit spaltbaren Stoffen vermischt sind, ist eine Einzelprüfung durch das BFS bei Überschreitung der zehnfachen Masse dieser Materialien erforderlich. Der Nachweis, daß diese Massenbegrenzungen eingehalten werden, ist ebenfalls generell für Abfallströme zu führen und nicht Gegenstand von Einzelprüfungen.

Die Anforderungen an das Abfallprodukt, die nachfolgend behandelt werden, sind in Tabelle 3.2.1 zusammenfassend aufgelistet. In der letzten Spalte der Tabelle 3.2.1 sind unter der Überschrift "Stichwort" Begriffe angegeben, die für die Inhalte der in Spalte 1 ausführlich formulierten Anforderungen stehen. Sie werden in Kapitel 3.3 erläutert und definiert.

### 3.2.2 Anforderungen an die Verpackung

Die radioaktiven Abfallprodukte sind zur Beförderung, Handhabung, Stapelung und Lagerung der Behälter verpackt. Alle Behälter müssen allgemeine Grundanforderungen sowie spezielle Anforderungen erfüllen, die aus den sicherheitsanalytischen Untersuchungen der störfallbedingten Radionuklidfreisetzungen und der Radionuklidfreisetzungen im bestimmungsgemäßen Betrieb resultieren. Alle Abfallbehälter genügen den folgenden Grundanforderungen; sie

- halten die in / 1 /, Anhang I angegebenen Außenabmessungen<sup>\*)</sup> und Bruttovolumina ein und
- sind so ausgelegt, daß sie in befülltem Zustand über eine Höhe von mindestens 6 m ohne Beeinträchtigung ihrer Dichtheit und Integrität gestapelt werden können,
- gewährleisten - sofern sie eine spezifizierte Dichtheit besitzen - diese durch ihre Auslegung selbst oder durch eine entsprechend dicht ausgelegte innere Verpackung des Abfallproduktes,

<sup>\*)</sup> Regelungen für Abfallbehälter, die von diesen Außenabmessungen abweichen, werden ebenfalls in /1/ angegeben.

- werden - sofern sie aus Stahlblech hergestellt sind - korrosionsgeschützt ausgeführt und sind mit einem entsprechenden Oberflächenschutz (z.B. Grundierung und Deckschicht) versehen und
- sind bei ihrer Ablieferung frei von offensichtlichen mechanischen und korrosiven Schäden, die ihre Dichtigkeit und Integrität bei Handhabung und Stapelung beeinträchtigen.
- Sofern radioaktive Abfälle in Verpackungen ohne spezifizierte Dichtheit Rn 220 freisetzen können, ist das Abfallprodukt von mindestens 40 mm dickem inaktiven Beton vollständig umschlossen.

Neben den o.g. Anforderungen müssen die Abfallbehälter die nationalen und internationalen Anforderungen an die Qualität und Auslegung der Verpackungen erfüllen (z.B. DIN-Regeln und ISO-Normen). Insbesondere sind sogenannte ISO-Container gemäß der Norm DIN ISO 1161 /2/ auszulegen. Die Anforderungen an die ISO-Ecken umfassen dabei die Bemaßung und Dimensionierung sowie die Konstruktion und Festigkeit. Die Eckbeschläge müssen so ausgelegt und gebaut und der Werkstoff so gewählt sein, daß sie den Betriebs- und Prüfanforderungen gemäß DIN ISO 1496, Teil 1 /3/ entsprechen. Weiter sind die bei der untertägigen Handhabung mit einem Seitenrahmenspreader auftretenden Belastungen zu berücksichtigen.

Die störfallbedingte Radionuklidfreisetzung aus Abfallgebinden wird wesentlich durch die Barriereigenschaften des Behälters während und nach dem Störfall bestimmt. Entsprechend der Barriereigenschaft der Behälter bei den betrachteten Störfalllasten wird zwischen

- Behältern ohne erhöhte Anforderungen an die Barriereigenschaften und
- Behältern mit erhöhten Anforderungen an die Barriereigenschaften

unterschieden. Danach erfolgt eine Unterteilung der Abfallgebinde in zwei Abfallbehälterklassen I und II mit dem zusätzlichen Qualitätsmerkmal der störfallfesten Verpackung der Abfälle, dessen Nachweis bei Störfallsummenwerten über 0,1 erforderlich ist, falls mehr als 1% der zur Endlagerung angelieferten Abfallgebinde diesen Wert überschreiten.

#### Abfallbehälterklasse I

Zur Abfallbehälterklasse I zählen Abfallgebinde, bei denen keine erhöhten Anforderungen an die Barriereigenschaften der Behälter gestellt werden.

Behälter, die der Abfallbehälterklasse I zugeordnet werden, gewährleisten über die Grundanforderungen an die Verpackung hinaus, daß bis zu einer Aufprallgeschwindigkeit von 4 m/s ihre Integrität soweit erhalten bleibt, daß bei einer nachfolgenden thermischen Einwirkung der Sauerstoffzutritt an das Abfallprodukt so begrenzt wird, daß brennbare Abfallprodukte mit Schmelzpunkten über 300 °C nicht mit offener Flamme abbrennen, sondern pyrolyisieren.

#### Abfallbehälterklasse II

Zur Abfallbehälterklasse II zählen Abfallgebinde, bei denen erhöhte Anforderungen an die Barriereigenschaften der Behälter gestellt werden. Diese Behälter gewährleisten über die Grundanforderungen hinaus, daß

- die Verpackung einem Fall aus 5 m Höhe auf ein für das Endlager Konrad repräsentatives Fundament derart standhält, daß die Gesamtleckrate nach dem Fall (bezogen auf Standardbedingungen wie bei der Dichtheitsprüfung nach der Vakuummethode)  $1 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  nicht überschritten wird und
- bei einem Schadensfeuer mit einer Temperatur von 800 °C während einer Stunde sichergestellt ist, daß die Leckrate (bezogen auf Standardbedingungen wie bei der Dichtheitsprüfung nach der Vakuummethode) vor dem Brand kleiner  $1 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$  ist und die Stoffmenge des aus der Verpackung freigesetzten Gases während des Brandes und einer Abkühlphase von 24 Stunden einen Wert von einem Mol nicht überschreitet, bzw. daß die im Rahmen der Störfallanalyse unterstellte Freisetzung radioaktiver Stoffe aus einem Abfallgebinde nicht überschritten wird.

#### Störfallfeste Verpackungen

Bei **störfallfest verpackten Abfällen** muß das Abfallprodukt allseitig von einer inaktiven Schicht mit einem



Wärmeleitwiderstand von mindestens  $0,1 \text{ m}^2\text{K/W}$  umgeben sein, die bis zu einer Aufprallgeschwindigkeit von  $4 \text{ m/s}$  intakt bleibt. Zusätzlich muß:

- Bei Zuordnung zur Abfallbehälterklasse I
  - der radioaktive Abfall durch Verfestigen, Einbinden oder Vergießen formstabil fixiert oder in formstabil vergossenen Innenbehältern verpackt sein und
  - durch die Verpackung sichergestellt sein, daß bei einem Fall aus  $5 \text{ m}$  Höhe auf eine unnachgiebige Unterlage die formstabile Fixierung des Abfallproduktes oder die Integrität der Innenbehälter erhalten bleibt.
- Bei Zuordnung zur Abfallbehälterklasse II
  - der radioaktive Abfall durch Verfestigen, Einbinden oder Vergießen formstabil fixiert und in formstabil vergossenen Innenbehältern verpackt sein und
  - durch die Verpackung sichergestellt sein, daß bei einem Fall aus  $5 \text{ m}$  Höhe auf eine unnachgiebige Unterlage die Integrität der Innenbehälter erhalten bleibt.

Bei Erfüllung dieser Qualitätsmerkmale können bei in Innenbehältern verpackten Abfällen, die der Abfallbehälterklasse I zugeordnet werden, über die Grundanforderungen hinausgehende Anforderungen an die Qualität des Abfallproduktes entfallen.

Die für **störfallfest verpackte Abfälle der Abfallbehälterklasse II** geltenden Schutzziele sind auch dann erfüllt, wenn die Verpackung nach einem Fall aus  $5 \text{ m}$  Höhe auf eine unnachgiebige Unterlage so dicht bleibt, daß ihre Gesamtleckrate  $10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$  nicht überschreitet und wenn

- die Wandung der Verpackung einen Wärmeleitwiderstand von mindestens  $0,1 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$  aufweist, der bis zu einer Aufprallgeschwindigkeit von  $4 \text{ m/s}$  erhalten bleibt, oder wenn
- sichergestellt ist, daß bei einem einstündigen Schadensfeuer mit einer Temperatur von  $800 \text{ }^\circ\text{C}$  eine radiologisch relevante Freisetzung radioaktiver Stoffe nicht erfolgt.

Bei so verpackten Abfällen werden auch in Abfallbehälterklasse II keine über die Grundanforderungen hinausgehenden Anforderungen an die Qualität der Abfallprodukte gestellt. Unabhängig davon kann eine Berücksichtigung der Qualität der Abfallprodukte (z. B. ihre Restfeuchte) für den Nachweis erforderlich sein, daß eine radiologisch relevante Freisetzung radioaktiver Stoffe im Brandfall nicht erfolgt.

Die angeführte klassenspezifische Unterteilung von Behältern resultiert aus Störfallanalysen für die Betriebsphase des Endlagers Konrad. In den Sicherheitsanalysen ist bei der Bestimmung von störfallbedingten Aktivitätsfreisetzungen das Rückhaltevermögen der Behälter berücksichtigt worden. Aus den dabei unterstellten modellmäßigen Behältereigenschaften sind die o.a. klassenspezifischen Anforderungen an Behälter abgeleitet worden.

Demgegenüber beruhen die Grundanforderungen für Abfallbehälter auf allgemeinen sicherheitstechnischen und handhabungstechnischen Gesichtspunkten und sind nicht aus Störfallanalysen abgeleitet. Teilweise sind diese Anforderungen bereits durch andere atom- bzw. verkehrsrechtliche Bestimmungen abgedeckt bzw. geprüft (z.B. mechanische Eigenschaften bei der Stapelung). Sie sind hier jedoch aufgenommen, um einen einheitlichen, für alle Behälter geltenden Satz von Grundeigenschaften zu gewährleisten.

Die im Rahmen der Grundanforderungen formulierten Anforderungen zur spezifizierten Dichtheit von Behältern beruhen auf der Freisetzung flüchtiger oder gasförmiger Radionuklide im bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers während der Einlagerungsphase. Hierzu sind in / 2 / maximale jährliche Freisetzungsanteile von Radionukliden aus Abfallgebinden abgeleitet worden. Da diese Anforderung durch Dichtheitsanforderungen an Behälter quantifizierbar und überprüfbar ist, wird sie in die Grundanforderungen an Behälter aufgenommen. Die Anforderung hinsichtlich der Rn-220-Freisetzung resultiert ebenfalls aus dem bestimmungsgemäßen Betrieb. Sie kann durch Anforderungen an das Abfallprodukt oder den Behälter sichergestellt werden. Eine Betonumschließung des Rn-220 Abfallproduktes ist jedoch eine Anforderung an die Umschließung und wird in Kapitel 3.5 behandelt.

Die Anforderungen an die Behälter sind unter Einbeziehung der für Abfallgebinde geltenden Anforderung der weitgehend drucklosen Anlieferung in Tabelle 3.2.2 zusammenfassend aufgelistet. Wie bereits bei Tabelle

3.2.1 erläutert, sind in der letzten Spalte der Tabelle unter der Überschrift "Stichwort" Begriffe angegeben, die die in Spalte 1 gegebenen ausführlichen Anforderungen resümieren. In Kapitel 3.5 werden diese Begriffe ausführlich erläutert und definiert. Die Anforderung der weitgehend drucklosen Anlieferung wird nachfolgend bei der Erläuterung der Kenngrößen und Prüfkriterien der Verpackung behandelt.

Anforderung	Stichwort
Bei einer Zuordnung zur Gruppe 03 muß gewährleistet sein, daß das <u>Abfallprodukt nur aus Metallteilen</u> oder aus Werkstoffen - mit Ausnahme von Graphit - von <u>Einbauteilen eines Reaktorkerns</u> besteht	Metalle
Bei einer Zuordnung zur Gruppe 04 muß der radioaktive Abfall <u>formstabil kompaktiert sein</u>	metallischer Preßling formstabil kompaktiert
Im Zement oder Beton fixierte Abfälle, die der Gruppe 05 zugeordnet werden und <u>eingebunden oder verfestigt</u> werden können (z. B. Dekowässer, Konzentrate, Aschen), sind so zu fixieren, daß die <u>Aktivität gleichmäßig und vollständig</u> im Zementstein oder Beton <u>verteilt</u> ist	Einbindung/Verfestigung Aktivitätsverteilung
Bei in Zement oder Beton fixierten Abfällen, die der Gruppe 05 zugeordnet werden und nur vergossen werden können, ist die Aktivität <u>gleichmäßig im Abfallprodukt zu verteilen</u>	Aktivitätsverteilung Brennbarkeit
Bei Abfällen, die in Zement oder Beton fixiert sind und der Gruppe 05 zugeordnet werden, muß die Druckfestigkeit des Abfallproduktes $\geq 10 \text{ N/m}^2$ betragen	Druckfestigkeit
Bei einer Zuordnung zur Gruppe 06 muß der radioaktive Abfall selbst aus einem festen Körper mit einer <u>Druckfestigkeit <math>\geq 10 \text{ N/mm}^2</math></u> bestehen und darf <u>nicht brennbar</u> sein	Druckfestigkeit Brennbarkeit
Bei einer Zuordnung zur Gruppe 02 muß für <u>brennbare Abfallstoffe</u> mit einem Schmelzpunkt $< 300 \text{ }^\circ\text{C}$ gewährleistet sein, daß sie so fixiert sind, <u>daß sie nicht aus dem Abfallprodukt austreten</u> , wenn sie bei thermischer Belastung flüssig werden oder einen <u>Aktivitätsanteil</u> am Abfallprodukt besitzen, <u>der 1 % nicht übersteigt</u>	thermisch stabil Brennbare Abfallstoffe
Bei störfallfest verpackten Abfällen muß der radioaktive Abfall .... <u>formstabil fixiert</u> .... sein	formstabil fixiert
Die Abfallprodukte dürfen keine <u>selbstentzündlichen</u> Stoffe enthalten	Selbstentzündung
Die Abfallprodukte dürfen keine <u>explosiven Stoffe</u> enthalten	explosionsgefährlich
Die Abfallprodukte müssen <u>fest</u> sein	fest
Abfallprodukte dürfen weder <u>Flüssigkeiten noch Gase</u> in <u>Ampullen, Flaschen oder sonstigen Behältern</u> enthalten	Ampullen und Gasflaschen
Abfallprodukte dürfen weder <u>freibewegliche Flüssigkeiten</u> enthalten noch derartige Flüssigkeiten oder <u>Gase</u> freisetzen	Flüssigkeiten Gasbildung
Die Abfallprodukte dürfen nicht <u>faulen oder gären</u>	Gasbildung
Die Abfallprodukte dürfen durch <u>thermische Neutronen spaltbare Stoffe</u> nur bis zu einer Massenkonzentration von $50 \text{ g/100 l}$ Abfallprodukt enthalten	Spaltmaterial

**Tabelle 3.2.1: Anforderungen an das Abfallprodukt**

Anforderung	Stichwort
Bei Containern mit einer Spaltstoffmasse von mehr als einem Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse ist sicherzustellen, daß in jedem beliebig angeordneten kubischen 100-l-Volumen im Abfallgebinde maximal ein Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse des betreffenden Spaltstoffes enthalten ist	Spaltmaterial
Brennbare radioaktive Stoffe, die spaltbare Stoffe mit einer Masse von mehr als 1 g pro Abfallgebinde enthalten, müssen in einer <u>nicht brennbaren Abfallmatrix fixiert</u> sein	Spaltmaterialfixierung
Bei Abfallgebinden mit mehr als 15 g Spaltstoff ist der Nachweis zu erbringen, daß bei thermischer Belastung des Behälters eine lokale Aufkonzentrierung des Spaltstoffs ausgeschlossen werden kann	Spaltmaterialfixierung

**Tabelle 3.2.1: Anforderungen an das Abfallprodukt (Fortsetzung)**

Anforderung	Stichwort
Alle Behälter müssen bei Ablieferung frei von <u>offensichtlichen, mechanischen und korrosiven Schäden</u> und weitgehend drucklos sein	Offensichtliche mechanische und korrosive Schäden; Innendruck
Soweit bei Behältern als Werkstoff Stahlblech verwendet wird, ist dieser <u>korrosionsgeschützt</u> auszuführen	Korrosionsschutz
Die Behälter sind so ausgelegt, daß sie in befülltem Zustand über eine Höhe von mindestens 6 m <u>gestapelt</u> werden können	Stapelbarkeit
Behälter der Abfallbehälterklasse I gewährleisten, daß sie bis zu einer Aufprallgeschwindigkeit von $\leq 4$ m/s ihre <u>mechanische Integrität</u> aufrecht erhalten	Mechanische Integrität (I)
Störfallfest verpackte Abfälle der Abfallbehälterklasse I und II <sup>1)</sup> besitzen eine Wärmeleitfähigkeit und Wandstärke oder eine Auskleidung der Behälterwand mit einer Schicht, die bis zu einer Aufprallgeschwindigkeit $\leq 4$ m/s einen Wärmeleitwiderstand von $\geq 0,1$ m <sup>2</sup> W/K gewährleistet	Wandstärke und Wärmeleitfähigkeit
Bei störfallfest verpackten Abfällen der Abfallbehälterklasse I ist zu gewährleisten, daß die formstabile Fixierung des Abfallproduktes oder die Integrität formstabil vergossener Innenbehälter bei einem Fall aus 5 m Höhe auf eine unnachgiebige Unterlage erhalten bleibt	Erhalt der formstabilen Fixierung; Integrität von Innenbehältern
Behälter der Abfallbehälterklasse II gewährleisten, daß sie bei einem Fall aus 5 m Höhe ihre <u>mechanische Integrität</u> aufrechterhalten oder sie sind so ausgelegt, daß bei formstabil fixierten und in Innenbehälter verpacktem radioaktivem Abfall die Integrität der Innenbehälter erhalten bleibt	Mechanische Integrität (II); Integrität von Innenbehältern
Behälter der Abfallbehälterklasse II besitzen eine <u>Wärmeleitfähigkeit und Wandstärke</u> , die bis zu einer Aufprallgeschwindigkeit von $\leq 4$ m/s einen Wärmeleitwiderstand von $\geq 0,1$ m <sup>2</sup> K/W gewährleistet, oder sie sind so ausgelegt, daß sie bei einem Schadensfeuer von 1 h Dauer und 800 °C ihre <u>Dichtheit bei thermischer Beanspruchung</u> bewahren	Wärmeleitfähigkeit und Wandstärke; Dichtheit bei thermischer Beanspruchung
Behälter mit <u>spezifizierter Dichtheit im bestimmungsgemäßen Betrieb</u> dürfen nur einen bestimmten Aktivitätsanteil pro Jahr in die Kammern und Strecken des Endlagers freisetzen	Spezifizierte Dichtheit im bestimmungsgemäßen Betrieb
Behälter ohne spezifizierte Dichtheit, deren Abfallprodukt <u>Rn-220 freisetzen</u> kann, müssen mit inaktivem Beton mit einer Wandstärke $\geq 40$ mm allseitig ausgekleidet sein	Dichtheit bei Freisetzung von Rn-220

<sup>1)</sup> Bei Abfallbehälterklasse II kann diese Forderung entfallen, falls eine radiologisch relevante Freisetzung bei einem möglichen Schadensfeuer durch die Dichtheit der Verpackung vermieden wird

**Tabelle 3.2.2: Anforderungen an die Verpackung**

### 3.3 Ermittlung von Kenngrößen für das Abfallprodukt

#### 3.3.1 Definition von Begriffen

Um aus den Formulierungen der Anforderungen an das Abfallprodukt in /1/ entsprechende Produktkontrollmaßnahmen ableiten zu können, sind zu den in Tabelle 3.2.1 zusammengestellten Stichworten weitergehende Definitionen der verwendeten Begriffe notwendig. Soweit eine physikalisch strenge Definition der Begriffe nicht sinnvoll möglich ist, werden die verwendeten Begriffe weitergehend erläutert. Basierend auf diesen Definitionen bzw. Erläuterungen werden in Kapitel 3.3.2 für die Produktkontrolle abgeleitete Kenngrößen angegeben.

Die Formulierungen der Anforderungen im Plan sind immer absolut gewählt, z.B. "muß", "darf nicht", "kein" usw., um den anzustrebenden Zustand des Abfallproduktes zu verdeutlichen. Die Frage, inwieweit Abweichungen von diesem (mit vertretbarem Aufwand nicht erreichbaren) Idealzustand tolerierbar sind, ist ebenfalls Gegenstand des Kapitels 3.3.2.

##### Einbindung/Verfestigung (APG 05)

Der Begriff "Einbindung/Verfestigung" bedeutet zunächst die vollständige Vermischung des Abfalls mit dem Fixierungsmittel (nur relevant bei APG 05 mit Zement/Beton als Fixierungsmittel). Als charakterisierendes Stichwort steht er im weiteren für die Anforderung, daß Stoffe, die eingebunden oder verfestigt werden können, auch einzubinden/zu verfestigen sind, sofern sie der APG 05 zugeordnet werden. (Der Grad der Einbindung wird durch das Stichwort "Aktivitätsverteilung" abgedeckt.)

Einbindbare/verfestigbare Stoffe sind Flüssigkeiten und Schüttgüter. Die Grenze, bis zu der die Einbindbarkeit fester Abfälle gegeben ist, ist nicht durch die Größenverteilung des verarbeiteten Abfalls bestimmt, sondern durch den Stand der Mischtechnik:

Sofern fester Abfall durch derzeit gängige Apparate wie z.B. Infaßrührer, u.ä. eingebunden werden kann, ist der Abfall einbindbar.

Die im flüssigen Zustand erreichte Durchmischung muß im abgebundenen Zustand erhalten bleiben. Das bedeutet, daß Abfallprodukte mit einbindbaren Abfällen, bei denen durch Prozesse wie Absetzen oder Aufschwimmen ein Entmischen stattgefunden hat, nicht der APG 05 zugeordnet werden können, falls die Aktivitätsverteilung zulässige Schwankungen übersteigt, vergl. "Aktivitätsverteilung".

##### Metalle (APG 03)

Der Begriff "Metalle" umfaßt alle Elemente, die zu den Metallen zählen, sowie deren Legierungen. Im Sinne der Anforderungen zählen zu Metallen alle die Werkstoffe, die in der Metallkunde behandelt werden bzw. die metallischen Charakter haben, ausgenommen die, die brennbar sind und einen Schmelzpunkt  $< 70$  °C haben.

Weiterhin zählen zur APG 03 Werkstoffe - mit der Ausnahme von Graphit - von Einbauteilen eines Reaktorkerns.

##### Metallischer Preßling (APG 04)

Bezüglich der stofflichen Zusammensetzung entspricht die Definition eines "metallischen Preßlings" der Definition von Metallen. Es kann jedoch ein höherer Anteil nichtmetallischer Abfallkomponenten im Abfallprodukt enthalten sein. Der Begriff "metallischer Preßling" impliziert ferner, daß es sich um ein hochdruckverpreßtes Produkt handelt.

##### Druckfestigkeit (APG 05 und APG06)

Die "Druckfestigkeit" ist der Kennwert für die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Belastung.

##### Formstabil kompaktiert (APG 04)

"Formstabil kompaktiert" umfaßt im wesentlichen drei Anforderungen, die an ein Abfallprodukt der APG 04

gestellt werden, sofern es sich nicht um Metallschrott handelt.

1. Der Abfall muß in einer stabilen Kartusche unter hohem Druck verpreßt sein.
2. Bei Beschleunigungen der Kartusche darf kein Abfall freigesetzt werden.
3. Bei thermischer Beaufschlagung dürfen keine brennbaren geschmolzenen Abfallkomponenten ausfließen.

#### Thermisch stabil (APG 02)

"Thermisch stabil" charakterisiert insbesondere die thermischen Eigenschaften eines Abfallproduktes. Bei einem "thermisch stabilen" Abfallprodukt sind brennbare Abfallstoffe durch Einbinden oder Vergießen in bzw. mit einem nicht brennbaren Fixierungsmittel oder durch Verpressen in einer Kartusche so verarbeitet, daß sie bei thermischer Belastung nicht aus dem Abfallprodukt austreten.

#### Aktivitätsverteilung (APG 05)

Die "Aktivitätsverteilung" steht für die Forderung nach einer möglichst gleichmäßigen Verteilung des Abfalls bzw. der Aktivität im Matrixmaterial.

#### Brennbare Abfallstoffe (APG 02 und APG 04)

Entsprechend der Formulierung der Anforderungen in /1/ steht das Stichwort "Brennbare Abfallstoffe" für zwei Eigenschaften:

1. Der Stoff ist brennbar im Sinne der nachfolgenden Definition von "Brennbarkeit", und
2. der Stoff besitzt einen Schmelzpunkt bei Normaldruck von < 300 °C.

#### Brennbarkeit (APG 05 und APG 06)

Der Begriff "Brennbarkeit" bezeichnet die Stoffeigenschaft, daß ein Stoff unter Feuererscheinung oxidiert. Die Abgrenzung, ob ein Stoff brennbar ist oder nicht, richtet sich nach den jeweiligen Randbedingungen bzw. Prüfkriterien.

Um das dem Stichwort "Brennbarkeit" zugrunde liegende Schutzziel zu erreichen (Ausschluß von Freisetzung durch Verbrennen), gelten alle die Stoffe als brennbar, die unter dem Einfluß eines Stützfeuers brennen.

#### Formstabil fixiert (APG 02 ... 06)

Der Begriff "formstabil fixiert" charakterisiert eine mechanische Eigenschaft des Abfallproduktes. Bei einem formstabil fixierten radioaktiven Abfall ist der Abfall so verfestigt, eingebunden oder vergossen, daß keine losen und in der Verpackung freibeweglichen Abfallbestandteile vorhanden sind.

#### Selbstentzündung (APG 01 ... 06)

"Selbstentzündung" ist die Eigenschaft eines Stoffes, sich nach einer mit Selbsterwärmung verlaufenden chemischen oder biologischen Reaktion ohne externe Zündquelle zu entzünden. Die eine Selbsterwärmung bewirkende Reaktion hängt neben stofflichen Voraussetzungen u.a. von der Umgebungstemperatur des Produktes ab.

#### Explosionsgefährlich (APG 01 ... 06)

Als "explosionsgefährlich" gelten Stoffe, bei denen infolge Erwärmung, Schlag oder Reibung eine chemische Reaktion ausgelöst wird, bei der hoch gespannte Gase in so kurzer Zeit entstehen, daß eine plötzliche Druckwirkung hervorgerufen wird. Der Begriff ist im Sprengstoffgesetz (SprengG /4/) definiert. Das Gesetz mit seinen Anlagen und Verordnungen regelt durch Stofflisten und Prüfvorschriften detailliert die Einstufung eines Produktes als "explosionsgefährlich".

Fest (APG 01 ... 06)

Der Begriff "fest" legt den Aggregatzustand des Abfallproduktes fest, der im bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers einzuhalten ist (vgl. auch Ampullen und Gasflaschen).

Ampullen und Gasflaschen (APG 01 ... 06)

Das Stichwort "Ampullen und Gasflaschen" steht für das Verbot von Flüssigkeiten und Gasen in Ampullen und Gasflaschen und bedeutet so eine Präzisierung des o.a. Begriffs "fest" für bestimmte Teilvolumina.

Freie Flüssigkeit (APG 01 ... 06)

Der Flüssigkeitsanteil in einem Abfallgebinde wird als "freie Flüssigkeit" bezeichnet, falls nicht auszuschließen ist, daß er bei einer Beschädigung der Behälterwand ausfließt. Flüssigkeiten, die im Porenvolumen fixiert sind oder die adsorptiv oder adhäsiv an Oberflächen gebunden sind, zählen nicht als freie Flüssigkeiten.

Gasbildung (APG 01 ... 06)

Gasbildung bezeichnet die Entstehung von Gasen infolge biologischer (faulen und gären), chemischer und radiolytischer Prozesse.

Spaltmaterial (APG 01 ... 06)

Als "Spaltmaterial", dessen Konzentration aus Gründen der Kritikalitätssicherheit zu begrenzen ist, sind die Radionuklide U-233, U-235, Pu-239 und Pu-241 anzusehen. Höhere spaltbare Aktinide sind nach den heute vorliegenden Abfalldaten nur mit vernachlässigbaren Massenanteilen in den Abfällen enthalten. Die im Rahmen der Produktkontrolle durchgeführten unabhängigen Kontrollmaßnahmen für höhere spaltbare Aktinide werden sich daher im Regelfall zunächst auf Dokumentationsprüfungen beschränken. Meßtechnische Überprüfungen werden bei konkreten Hinweisen auf fehlerhafte Deklarationen oder bei zukünftig anfallenden Abfällen durchgeführt, die höhere spaltbare Aktinide mit nicht vernachlässigbaren Massenanteilen enthalten.

Spaltmaterialfixierung (APG 01 ... 06)

Der Begriff Spaltmaterialfixierung steht für die Anforderung, daß im Brandfall weder durch den Brand noch durch den Löschangriff mehr als 20% des Spaltmaterialinventars freigesetzt werden darf.

**3.3.2 Quantifizierung von Kenngrößen**

Für alle die Anforderungen charakterisierenden Stichworte werden auf Basis der in Kapitel 3.3.1 gegebenen Definitionen im weiteren Kenngrößen oder Kriterien abgeleitet und quantifiziert, die für die Produktkontrolle relevant sind.

Bei bereits konditioniertem Abfall (Altabfall) erfolgt die Produktkontrolle im allgemeinen in anderer Weise als bei neu zu konditionierendem Abfall, bei dem die Erfüllung von Anforderungen über die Qualifikation von Konditionierungsverfahren sichergestellt wird. Entsprechend unterschiedlich können auch die jeweiligen Prüfkriterien sein. Diese Prüfkriterien werden für die Stichprobenprüfung an Abfallgebinden in Kapitel 5 und für qualifizierte Verfahren in Kapitel 6 beschrieben.

Im folgenden werden zunächst entsprechend dem Aufbau von Kapitel 3.3.1 für alle Stichworte die Kenngrößen beschrieben. Anschließend wird eine tabellarische Zusammenfassung aller Kenngrößen gegeben, die auch eine Übersicht der in Kapitel 5 und 6 erläuterten Prüfkriterien enthält.

Einbindung/Verfestigung (APG 05)

Für "Einbindung/Verfestigung" existiert keine Kenngröße, sondern es ist zu beurteilen, ob ein Stoff einbindbar/verfestigbar ist oder ob er eingebunden/verfestigt ist.



Metalle (APG 03)

KenngroÙe für "Metalle" ist die Stoffreinheit, d.h. der Anteil nichtmetallischer Komponenten im Abfallprodukt, z.B. als Dichtungen, Typenschilder o. ä.. Der zulässige nichtmetallische Anteil ergibt sich aus Überlegungen zur Freisetzung bei störfallbedingter thermischer Beaufschlagung:

Sofern es sich bei dem nichtmetallischen Anteil am Abfallstoff um brennbare Abfallstoffe (vgl. Definition "brennbare Abfallstoffe") handelt, ist sicherzustellen, daß die durch Erhitzung ggfs. entstandene Schmelze durch Adhäsion an der Abfallproduktoberfläche oder inneren Behälterwand gebunden wird und nicht aus dem Abfallprodukt austreten kann.

Dies kann als gegeben angesehen werden, wenn der Aktivitätsanteil nichtmetallischer Abfallstoffe auf 1 ‰ begrenzt wird.

Dieser Wert stellt auch sicher, daß es bei mechanischer Beaufschlagung zu keiner unzulässigen Freisetzung kommt.

Für die Bilanzierung von Tritium und C-14 (bestimmungsgemäÙer Betrieb) sind die jeweiligen Aktivitätsanteile anteilig zu berücksichtigen /1/.

Metallischer Preßling (APG 04)

Für "Metallischer Preßling" existieren zwei Kenngrößen bzw. Kriterien:

1. Der Aktivitätsanteil und der Massenanteil "nichtmetallischer" Bestandteile sind auf 1 % zu begrenzen. Diese Begrenzung ist notwendig, um sicherzustellen, daß sich beim Verpressen ohne Kartuschen der Preßling nicht durch einen zu großen Anteil elastischer Materialien wieder entspannt.

Darüber hinaus stellt dieser Wert sicher, daß eine gegebenenfalls entstehende Schmelze adhäsiv an den Oberflächen im Preßling gebunden werden kann und daß damit "nichtmetallische" Bestandteile bei einer thermischen Einwirkung nicht mit offener Flamme abbrennen, sondern pyrolysieren.

Die Freisetzungssannahmen zur mechanischen Störfallbeaufschlagung sind von der Begrenzung des Aktivitätsanteils nicht betroffen.

2. Das Abfallprodukt ist mit mindestens 30 MPa so zu verpressen, daß der metallische Werkstoff plastisch verformt wird.

Druckfestigkeit (APG 05 und APG 06)

Der Begriff "Druckfestigkeit" selbst stellt eine KenngröÙe dar. Als Anforderung für die APG 05 und APG 06 muß sie  $\geq 10 \text{ N/mm}^2$  betragen. Dieser Wert stellt sicher, daß bei einer mechanischen Beaufschlagung im Störfall keine unzulässige Aktivitätsfreisetzung resultiert.

Der Aktivitätsanteil, der an Teile des Abfallproduktes gebunden ist, die die geforderte Druckfestigkeit nicht erfüllen, z.B. pulverförmiger Abrieb u.ä., muß im Hinblick auf die Freisetzung bei mechanischer Beaufschlagung auf 1 ‰ der Gesamtaktivität begrenzt sein.

Formstabil kompaktiert (APG 04)

Entsprechend dem Umfang der Definition ergeben sich für "formstabil kompaktiert" verschiedene Kenngrößen:

1. Unter hohem Druck verpreÙt bedeutet mit einem PreÙdruck  $\geq 30 \text{ MPa}$ .
2. Stabile Kartusche ist eine Stahlblechkartusche mit einer Mindestwandstärke von 0,75 mm.
3. Bei Beschleunigung der Kartusche darf maximal 1 % der Aktivität freigesetzt werden. Dies trägt dem Sachverhalt Rechnung, daß bei Pressen häufig unvermeidbar ein Teil des Abfallproduktes aus der Kartusche gepreÙt wird und mehr oder weniger fest so an der KartuschenauÙenseite haftet, daß er sich bei

Bewegung lösen kann.

Die Begrenzung auf einen Aktivitätsanteil von 1 % bezieht sich auf die Freisetzung bei mechanischer Beaufschlagung. Bezüglich thermischer Beaufschlagung ergibt sich die Forderung, daß dieser Aktivitätsanteil an unbrennbare Materialien (siehe Definition Brennbarkeit) gebunden ist.

- Die Forderung "bei thermischer Beaufschlagung dürfen keine geschmolzenen brennbaren Abfallkomponenten ausfließen" wird im allgemeinen durch die Kenngröße 1. (Preßdruck) und 2. (stab. Kartusche) erreicht. Es lassen sich jedoch Beispiele konstruieren, die weitergehende Kriterien erfordern, um diese Forderung zu erfüllen, z.B. das Pressen einer nahezu inkompressiblen Bitumenmatrix in einer Kartusche. Es ergibt sich folgendes Kriterium:

Sofern im Abfallprodukt brennbare Abfallstoffe (vgl. Definition "brennbare Abfallstoffe") enthalten sind, muß ihr Anteil so begrenzt sein, daß durch die restlichen Abfallbestandteile und durch den Preßvorgang sichergestellt ist, daß bei Erhitzung geschmolzene Bestandteile durch Adhäsion und Sorption gebunden werden und nicht aus dem Preßling austreten können.

Dies kann bei kompressiblen Abfällen als gegeben angesehen werden.

#### Thermisch stabil(APG 02)

Für die Anforderung "thermisch stabil" ergeben sich verschiedene Kenngrößen:

- Bei Verarbeitung brennbarer Abfallstoffe mit einem nicht brennbaren Fixierungsmittel (siehe Definition "Brennbarkeit") ist die Kenngröße das Abfall/Matrix-Verhältnis, d.h. das Verhältnis vom Abfallvolumen zum Volumen der Matrix bzw. des Fixierungsmittels. Das Abfallvolumen kann dabei aus der Differenz aus Gesamtvolumen und Matrixvolumen bestimmt werden. Als Matrix gilt die Summe aller Matrixkomponenten. Dies bedeutet, daß im Falle der Herstellung der Matrix mit kontaminierten Wässern dieser flüssige Abfall Bestandteil der Matrix wird. Nicht als Matrix gelten demgegenüber einbindbare Feststoffe (siehe hierzu Definition "Einbindung/Verfestigung"), sofern es sich nicht um übliche Zuschlagstoffe für Matrixwerkstoffe handelt.

Das in der Störfallanalyse für thermische Einwirkungen zugrundegelegte Produktverhalten wird bei einem Abfall/Matrix-Verhältnis  $< 1,5$ , d.h. einem Volumenanteil der Matrix  $> 40\%$ , erreicht, sofern die Matrix fließfähig eingebracht wird und die gesamte Oberfläche der brennbaren Abfallstoffe von Matrixmaterial bedeckt ist. Die brennbaren Abfallstoffe müssen dabei so in der Matrix verteilt sein, daß ein Abfall/Matrix-Verhältnis von 1,5 in der Außenschicht des Abfallproduktes in einer Tiefe von mindestens 10 cm eingehalten ist.

- Bei Verarbeitung des radioaktiven Abfalls durch Verpressen müssen die Abfallstoffe in eine Kartusche eingebracht werden und brennbare Abfallstoffe müssen in ihrem Anteil so begrenzt sein, daß durch die restlichen Abfallbestandteile und durch den Preßvorgang sichergestellt ist, daß bei Erhitzung geschmolzene Bestandteile durch Adhäsion und Sorption gebunden werden und nicht aus dem Preßling austreten können.

Dies kann bei kompressiblen Abfällen als gegeben angesehen werden.

#### Aktivitätsverteilung (APG 05)

Kenngrößen für die "Aktivitätsverteilung" sind

- Größe, Form und Lage des Bezugsvolumens der Konzentration und
- zulässige Schwankung der Aktivitätskonzentration.

Die Größe ist so zu wählen, daß unter Berücksichtigung maximaler Abfallpartikel eine in etwa gleichmäßige Struktur des Bezugsvolumens gegeben ist. Das Bezugsvolumen von  $1000\text{ cm}^3$  muß näherungsweise würfelförmig oder zylinderförmig mit einem Durchmesser/Höhen-Verhältnis von 1 sein und in der Außenschicht des Abfallgebundes liegen.

Die maximale Aktivitätskonzentration (Aktivität bezogen auf o.a. Volumen) darf das 10fache des Mittelwertes

(Gesamtaktivität bezogen auf Gesamtvolumen) betragen. Dieser Wert stellt sicher, daß eine ausreichende Einbindung gegeben ist.

#### Brennbare Abfallstoffe (APG 02 und APG 04)

In /1/ wird als Kenngröße für dieses Stichwort spezifiziert, daß der Aktivitätsanteil brennbarer Abfallstoffe mit einem Schmelzpunkt < 300 °C 1% nicht übersteigt. Der Begriff brennbar wird unter dem Stichwort "Brennbarkeit" quantifiziert.

#### Brennbarkeit (APG 05 und APG 06)

Die Brennbarkeit von Abfällen wird als gegeben angesehen, falls der Bestandteil organischer Stoffe 1 % übersteigt und falls die Brennbarkeit nicht anderweitig ausgeschlossen werden kann, z. B. durch einen Ofentest bei 750 °C.

#### Formstabil fixiert(störfallfest verpackte Abfälle)

Kenngröße für die Anforderung nach "formstabiler Fixierung" bei störfallfest verpackten Abfällen ist die Eigenschaft des Abfallproduktes, formstabil und weitgehend inkompressibel zu sein, d.h. so beschaffen zu sein, daß sich seine Geometrie bei betrieblichen Belastungen nicht wesentlich ändert.

Das Abfallprodukt hat dabei soweit inkompressibel zu sein, daß bei den im bestimmungsgemäßen Betrieb im Endlager auftretenden Druckbelastungen an der Verpackung durch den Versatz und die Stapelung in der Einlagerungskammer keine Schäden an der Verpackung durch Volumenänderungen des Abfallproduktes verursacht werden.

#### Selbstentzündung (APG 01 ... 06)

Kenngröße für "Selbstentzündung" ist die Umgebungstemperatur, bis zu der die "Selbstentzündung" ausgeschlossen werden kann. Aus den Gegebenheiten im Endlager Konrad ergeben sich keine mittleren Temperaturen von > 70 °C im Abfallgebinde, so daß dieser Wert die Kenngröße für "Selbstentzündung" darstellt.

#### Explosionsgefährlich (APG 01 ... 06)

Kenngröße für "explosionsgefährlich" ist die zulässige Menge der explosionsgefährlichen Stoffe im Abfall. Als zulässig bzw. als nicht explosionsgefährlich gelten die in § 1, Abs. 1, Nr. 1 bis 4 der 1. VO zum SprengG /6/ aufgeführten Stoffe. Weiterhin gelten als zulässig kleine Mengen explosionsgefährlicher Stoffe im Abfall, wobei als kleine Menge in Anlehnung an § 2, Abs. 1 der 1. VO zum SprengG /6/ eine Masse von höchstens 3 g anzusehen ist. Bezugsvolumen hierbei ist das Volumen eines 200 l- bzw. 400 l-Fasses. Bei Containern darf die zulässige Menge höchstens 30 g betragen, wobei die maximale Konzentration unter 3 g/200 l liegen muß.

#### Fest (APG 01 ... 06)

Kenngröße für "fest" ist der Schmelzpunkt des Abfalls bzw. einer Komponente mit einem Volumenanteil über 1%, die bei Temperaturen über 70 °C aus dem Abfallprodukt in flüssiger Form austritt. Aus der im Endlager herrschenden Gebirgstemperatur läßt sich ein abdeckender Schmelzpunkt von 70 °C ableiten (vgl. hierzu auch "Ampullen und Gasflaschen" und "freie Flüssigkeit"). Sofern das Abfallprodukt bei Temperaturen unter 70 °C keinen Schmelzpunkt aufweist, sondern nur erweicht vorliegt, muß es pastös oder stichfest sein.

Ampullen und Gasflaschen (APG 01 ... 06)

Kenngröße für "Ampullen und Gasflaschen" ist der Restanteil an Gasen und Flüssigkeiten in entleerten Ampullen oder Gasflaschen. Für Flüssigkeiten wird ein Volumenanteil von 1 % des Behältervolumens festgelegt (in Übereinstimmung mit der Kenngröße "freie Flüssigkeiten"). Bei Gasen ist bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C ein Gasdruck von 1,5 bar in Ampullen oder Gasflaschen zulässig.

Freie Flüssigkeit (APG 01 ... 06)

Kenngröße für "freie Flüssigkeit" ist ein zulässiger Flüssigkeitsvolumenanteil von 1% des Nettovolumens eines Abfallgebindes. Dieser Wert trägt einerseits technisch unvermeidbaren Flüssigkeitsanteilen - etwa durch Stoffaustausch von gebundenen Flüssigkeiten - Rechnung, andererseits begrenzt er mögliche Leckagen auf ein leicht beherrschbares Ausmaß.

Gasbildung (APG 01 ... 06)

Kenngröße für Gasbildung ist die integrale Bildungsrate für Faul- und Gärgase, Radiolysegase und Gase aus chemischen Reaktionen.

Die Gasbildung in Abfallgebinden muß in Abhängigkeit von Leervolumen und Dichtheit des Behälters so begrenzt sein, daß der höchstzulässige Betriebsdruck bis zum Zeitpunkt der sicheren Ablage der Abfallgebinde in der Einlagerungskammer nicht überschritten wird.

Freisetzbare chemotoxische Stoffe (APG 01 ... 06)

Als Kriterien für die Durchführung von Sondermaßnahmen bei der Konditionierung und bei der Einlagerung im Hinblick auf eine mögliche Freisetzung chemotoxischer Stoffe aus Abfällen bei Sörfällen im Endlager können die Konzentrationsleitwerte bei Stofffreisetzung – ERPG-Werte – herangezogen werden.

Spaltmaterial (APG 01 ... 06)

Kenngröße für „Spaltmaterial“ ist eine Konzentration von max. 50 g Spaltmaterial pro 100 l Abfallvolumen.

Bei Containern mit einer Spaltstoffmasse von mehr als einem Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse ist sicherzustellen, daß in jedem beliebig angeordneten kubischen 100-l-Volumen im Abfallgebände maximal ein Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse des betreffenden Spaltstoffes enthalten ist.

Spaltmaterialfixierung (APG 01 ... 06)

Die mit dem Stichwort verbundene Anforderung gilt als erfüllt, wenn der radioaktive Abfall

- in einem nicht brennbaren Innenbehälter verpackt ist (in Verbindung mit dem Außenbehälter mindestens zwei nicht brennbare Barrieren) oder
- in einer nicht brennbaren Matrix so fixiert ist, daß die gesamte Abfalloberfläche vom Matrixmaterial bedeckt ist oder
- der Abfall allseitig von einer mindestens 5 cm dicken, nicht brennbaren und wasserresistenten Schicht umgeben ist.

Bei Abfallgebinden mit mehr als 15 g Spaltstoff ist zusätzlich der Nachweis zu erbringen, dass bei thermischer Belastung des Behälters eine lokale Aufkonzentrierung des Spaltstoffs ausgeschlossen werden kann.

Die Kenngrößen für alle Stichworte und die hieraus abgeleiteten in Kapitel 5 und 6 erläuterten Prüfkriterien für Altabfälle und unkonditionierte Abfälle sind in Tabelle 3.3.1 zusammengefaßt.

Stichwort	Kenngroße	Altfall	Unkonditionierter Abfall
Metalle	nichtmetallischer Aktivitäts- und Massen- anteil $\leq 1 \text{ ‰}$	Corebauteile, offensichtlich rein- metallische Materialien	Aussortieren und Bilanzieren nichtmetallischer Materialien
Metallischer Preßling	nichtmetallischer Aktivitäts- und Metall- anteil $\leq 1 \text{ ‰}$ , Preßdruck $\geq 30 \text{ MPa}$	keine nichtmetallischen Bestandteile außer Folienverpackung sichtbar, erhebliche Deformation	Aussortieren und Bilanzieren nichtmetallischer Materialien, qualifizierte Preßvorrichtung
Druckfestigkeit	$\geq 10 \text{ N/mm}^2$ und Aktivitätsanteil gebunden an Abrieb oder Pulver $\leq 1 \text{ ‰}$	nachqualifizierbares Konditionierungsverfahren, Druckfestigkeit zugänglicher Abfallprodukte	Zusammensetzung des Abfallproduktes, Abbindezustand
Formstabil kompaktiert	Preßdruck $\geq 30 \text{ MPa}$ , Wandstärke $\geq 0,75 \text{ mm}$ , freier nichtbrennbarer Aktivitätsanteil $\leq 1 \text{ ‰}$	erhebliche Volumenreduktion, kein Pulver sichtbar	Preßdruck, Kartuschenwandstärke, geeignete Abfallzusammensetzung
Thermisch stabil	Abfall/Matrix-Verhältnis $\leq 1,5$ für das Abfallgebände und in 10 cm tiefer Außenschicht	kein Abfall sichtbar, $\rho > 1600 \text{ kg/m}^3$ Abfallfläche/Gesamtfläche $< 0,7$	Matrixvolumen $> 40 \text{ ‰}$ , Gebindevolumen fließfähiges Fixierungsmittel, qualifiziertes Einbringen des Abfalls in Behältnis
Aktivitätsverteilung	Begrenzung der Aktivitätskonz. auf das 10-fache des zul. Mittelwertes	Schwankung der Oberflächendosisleistung	qualifizierte Durchmischung
Brennbare Abfallstoffe	Schmelzpunkt $T < 300 \text{ °C}$ , Aktivitätsanteil $\leq 1 \text{ ‰}$	kein oder offensichtlich wenig Material mit $T < 300 \text{ °C}$ im Abfall	Sortierkriterien
Brennbarkeit	Organischer Abfallanteil $\leq 1 \text{ ‰}$	Nachqualifizieren des Konditionierungsverfahrens	Rohabfallzusammensetzung
formstabil fixiert	Inkompressibilität	lückenloses Vergießen bzw. Einbinden, Innenbehälter	qualifiziertes Einbringen des Abfalls in Behältnis, Hohlräumminimierung
Selbstentzündung	Bei Temperatur $< 70 \text{ °C}$ keine Selbstentzündung	Hinweise auf selbstentzündliche Materialien	Erwärmung des Abfalls über $70 \text{ °C}$ , Rohabfallzusammensetzung
Explosionsgefährlich	Konz. explosionsgefährlicher Stoffe $< 3 \text{ g/200 l}$	Hinweise auf explosionsgefährliche Materialien	Rohabfallzusammensetzung
Festverfestigt	Anteil der Stoffe mit Schmelzpunkt $T < 70 \text{ °C}$ $< 1 \text{ ‰}$	Hinweise auf Materialien mit $T < 70 \text{ °C}$	fester Aggregatzustand, keine unfixierten Bestandteile mit $T < 70 \text{ °C}$
Ampullen und Gasflaschen	Volumenanteil an Flüssigkeit im Behältnis $\leq 1 \text{ ‰}$ , Gasdruck $\leq 1,5 \text{ bar}$	keine Ampullen und Gasflaschen oder Ampullen und Gasflaschen offensichtlich geöffnet oder zerstört	keine Ampullen und Gasflaschen oder Sicherstellen des Öffnens bzw. Zerstörung
Freie Flüssigkeit	Volumenanteil an Flüssigkeit im Gebinde $\leq 1 \text{ ‰}$	keine Ansammlung von Flüssigkeit in Senken	trockenes Abfallprodukt oder Bindung von Flüssigkeiten
Gasbildung	Druckaufbau $\leq$ höchstzulässigem Betriebsdruck	keine innendruckbedingte Behälterdeformation, kein Innendruck	keine faul- und gärfähigen Materialien oder Reaktionshemmung
Freisetzbare chemotoxische Stoffe	Konzentrationsleitwerte bei Stofffreisetzung – ERPG-Werte	Hinweis auf freisetzbare chemotoxische Stoffe	Rohabfallzusammensetzung

**Tabelle 3.3.1:****Zusammenfassung von Kenngroßen und Prüfkriterien**

Stichwort	KenngroÙe	Altabfall	Unkonditionierter Abfall
Spaltmaterial	<p>Spaltmaterialkonzentration <math>\leq 50 \text{ g/100 l}</math></p> <p>Bei Containern mit einer Spaltstoffmasse von mehr als einem Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse ist sicherzustellen, daÙ in jedem beliebig angeordneten kubischen 100-l-Volumen im Abfallgebinde maximal ein Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse des betreffenden Spaltstoffes enthalten ist</p>	nachqualifizierbares Konditionierungsverfahren	Spaltmaterialbilanzierung
Spaltmaterial- fixierung	Freisetzung von Spaltmaterial $\leq 20 \%$ durch Brand/Löschangriff	Verwendung nicht brennbarer Innenbehälter oder Verpackung in Betoncontainer	Nichtbrennbare Abfälle oder Verwendung geeigneter Behälter bzw. Fixierungsmittel

**Tabelle 3.3.1: Zusammenfassung von KenngroÙen und Prüfkriterien (Fortsetzung)**

### 3.4 Ermittlung des Prüfumfanges für das Abfallprodukt

In Kapitel 3.2 und 3.3 sind Anforderungen und Kenngrößen beschrieben worden, ohne auf die Relevanz der einzelnen Anforderungen bzw. Prüfungen für mögliche Abfallgebinde einzugehen. Welcher Prüfumfang in Abhängigkeit von Abfallbehälterklasse und Abfallproduktgruppe grundsätzlich notwendig ist und inwieweit der Prüfumfang in Abhängigkeit vom Konditionierungsverfahren reduzierbar ist, ist Gegenstand dieses Kapitels.

Als Ergebnis wird für alle möglichen Kombinationen aus Abfallbehälterklassen, Abfallproduktgruppen und Konditionierungsverfahren der Prüfumfang anhand von Prüflisten festgelegt.

Von den einzelnen Arbeitsschritten können die mit den Stichworten

- explosionsgefährlich
- und
- Spaltmaterial

verbundenen Anforderungen und Prüfungen vorab behandelt werden.

- Explosionsgefährlich

Im SprengG /4/ mit seinen Verordnungen und Anhängen ist der Erwerb, das Aufbewahren, das Verwenden, das Vernichten, die Beförderung und die Einfuhr von explosionsgefährlichen Materialien detailliert geregelt. Hiernach ist der Ausschluß von explosionsgefährlichen Materialien, soweit das SprengG auf sie anzuwenden ist, aus den radioaktiven Abfällen gewährleistet. Explosionsgefährliche Materialien, auf die das SprengG nicht anzuwenden ist, und deren Anwesenheit im Abfall plausibel erscheint, sind jedoch mit den Kenngrößen nach Kap. 3.3.2 in den Abfallgebinden zugelassen.

Sonstige explosionsgefährliche Stoffe, auf die das SprengG nicht anzuwenden ist, sind im Umgang auf Personengruppen beschränkt, für die die Handhabung incl. des Vernichtens durch Vorschriften geregelt wird.

Hiernach ist davon auszugehen, daß über die zulässigen Materialien hinaus keine explosionsgefährlichen Stoffe in radioaktiven Abfällen enthalten sind. Damit entfällt die Notwendigkeit einer Überprüfung auf explosionsgefährliche Stoffe.

- Spaltmaterial

Der Umgang mit Spaltmaterial ist durch das Atomgesetz und internationales Recht geregelt. Hiernach sind Spaltmaterialmengen so zu bilanzieren, daß die Einhaltung der mit dem Stichwort Spaltmaterial verbundenen Anforderung grundsätzlich als gewährleistet angesehen werden kann, ohne daß durch entsprechende Prüfmaßnahmen die Einhaltung der Anforderung sichergestellt werden muß.

#### 3.4.1 Prüfumfang in Abhängigkeit von Abfallbehälterklasse und Abfallproduktgruppe

Der prinzipiell notwendige Prüfumfang für die einzelnen Anforderungen in Abhängigkeit von der Zuordnung eines Abfallgebundes zu Abfallbehälterklasse und Abfallproduktgruppe ist in Tabelle 3.4.1 zusammengestellt. Hierbei wird nicht berücksichtigt, daß manche Prüfungen aufgrund spezieller Behandlungsmethoden des Abfalls, die das jeweilige Schutzziel gewährleisten, abgedeckt sind. In der ersten Spalte stehen alle Anforderungen an das Abfallprodukt außer den beiden bereits diskutierten Anforderungen "explosionsgefährlich" und "Spaltmaterial". In den weiteren Spalten wird angegeben, inwieweit die jeweiligen Anforderungen für die Abfallproduktgruppe 01 bis 06 (APG 01... APG 06) der Abfallbehälterklasse I bzw. für die Abfallbehälterklasse II relevant sind.

- Abfallproduktgruppe 01

Für die Abfallproduktgruppe 01 (APG 01) sind nur die Grundanforderungen "Selbstentzündung", "fest", "Ampullen und Gasflaschen", "freie Flüssigkeiten" und "Gasbildung" und "Spaltmaterialfixierung" relevant, die auch alle nachgewiesen werden müssen.

- Abfallproduktgruppe 02

Bei der Abfallproduktgruppe 02 (APG 02) ergeben sich entsprechend den Formulierungen in /1/, wonach brennbare Abfallstoffe entweder zu fixieren sind oder aber einen Aktivitätsanteil  $\leq 1\%$  haben müssen, zwei Prüfmöglichkeiten:

Die Einhaltung des gesamten Aktivitätsanteils brennbarer Abfallstoffe wird geprüft. Damit werden auch die Anforderungen an die Spaltmaterialfixierung erfüllt, so daß lediglich die restlichen Grundanforderungen zu überprüfen sind.

Die Qualität der Fixierung wird durch Kontrolle der Anforderung "thermisch stabil" überprüft. Dann ist weiterhin nur noch auf "freie Flüssigkeiten" und "Gasbildung" zu prüfen, da die sonstigen Anforderungen aus den nachfolgend im einzelnen aufgeführten Gründen keine sicherheitstechnische Bedeutung mehr haben:

- Brennbare Abfallstoffe

Die Anforderung "thermisch stabil" stellt sicher, daß beim thermischen Lastfall die Abfallstoffe so fixiert sind, daß sie nicht schmelzen und aus dem Abfallgebinde austreten können.

- Selbstentzündung

Durch die Fixierung wird der Sauerstoffzutritt zum Abfall so begrenzt, daß aufgrund von Sauerstoffmangel ein Brennen des Abfalls ausgeschlossen werden kann.

- fest

Die Fixierung gewährleistet, daß alle Abfallbestandteile so vergossen sind, daß das gesamte Abfallprodukt der Anforderung fest entspricht.

- Ampullen und Gasflaschen

Sind Ampullen mit Restflüssigkeitsgehalten  $> 1\%$  fixiert, so ist bei betrieblichen Handhabungen die Gefahr der Zerstörung der Ampulle mit Freisetzung der Flüssigkeit in das Abfallprodukt erheblich reduziert. Sollte dieser Fall dennoch eintreten, so wird die freie Flüssigkeit vom Matrixmaterial absorbiert, so daß eine Kontamination des Endlagers praktisch ausgeschlossen ist.

Die Anforderung "Gasflaschen" bezieht sich auf das Schutzziel, im Störfall mit thermischer Belastung eine Explosion der Gasflaschen durch Aufheizung mit gravierenden Zerstörungen des Abfallgebundes auszuschließen. Ist der Abfall fixiert, so wird sich eine Gasflasche auch bei ungünstiger Lage im Gebinde nicht über  $100\text{ °C}$  aufheizen (Gastemperatur), da die Temperatur im Abfallprodukt bereits in ca. 3 cm Abstand von der Behälterwand weniger als  $100\text{ °C}$  aufweist und somit die mittlere Wandtemperatur der Gasflasche unter  $100\text{ °C}$  liegt. Bei dieser Temperatur bleibt der Druckanstieg unter  $30\%$  (bezogen auf eine Anfangstemperatur von  $20\text{ °C}$ ). Dieser Druckanstieg bleibt für die nach /20/ zulässigen Gasflaschen unterhalb des Prüf- bzw. Auslegungsdrucks. Damit ist durch die Fixierung das vorgesehene Schutzziel erreicht. Soweit zukünftig Gasflaschen mit einem demgegenüber vermindertem Prüf- bzw. Auslegungsdruck zugelassen werden, ist nachzuweisen, daß durch die Fixierung auch für diese Gasflaschen ein unzulässiger Druckanstieg vermieden wird.

- Spaltmaterialfixierung

Bei "thermisch stabilen" Abfallprodukten ist sichergestellt, daß im Brandfall weder durch den Brand noch durch den Löschangriff mehr als  $20\%$  des Spaltinventars freigesetzt werden.

- Abfallproduktgruppe 03

In der Abfallproduktgruppe 03 (APG 03) sind durch die geforderte Stoffreinheit der Anforderung "Metalle" die Grundanforderungen bis auf Ampullen und Gasflaschen abgedeckt.



- Abfallproduktgruppe 04

Bei der Abfallproduktgruppe 04 (APG 04) existieren wie bei der APG 02 alternative Prüfungen. Ehe hierauf eingegangen wird, sollen zunächst die Anforderungen beschrieben werden, die durch die produktgruppenspezifischen Anforderungen abgedeckt werden.

- Selbstentzündung

Sofern das Abfallprodukt der Anforderung "Metallischer Preßling" genügt, ist aufgrund der stofflichen Eigenschaften eine Selbstentzündung ausgeschlossen (vergl. APG 03). Bei sonstigen Preßlingen, die der Anforderung "formstabil kompaktiert" entsprechen, ist infolge des eingeschränkten Sauerstoffzutritts und des großen Anteils nichtbrennbarer Stoffe durch die Metallkartusche die Verhinderung eines Brandes nach einer Selbstentzündung sichergestellt. Daneben ist davon auszugehen, daß eine evtl. Selbstentzündung bereits beim Pressen durch die hiermit verbundene Selbsterwärmung eintreten würde und somit selbstentzündliche Stoffe bei der Konditionierung entdeckt würden.

- fest

Die Anforderung wird bei "Metallischen Preßlingen" durch die geforderte Stoffreinheit erreicht. Bei sonstigen "formstabil kompaktierten" Preßlingen wird durch die Kombination Kartusche und Preßdruck der erforderliche Produktzustand gewährleistet.

- Ampullen und Gasflaschen

Durch die beim qualifizierten Preßvorgang auftretenden Deformationen werden Ampullen und Gasflaschen zerstört, so daß diese Anforderung erfüllt ist.

- Spaltmaterialfixierung

Sofern das Abfallprodukt der Anforderung "Metallischer Preßling" genügt, ist die Einhaltung der Anforderung durch die geforderte Stoffreinheit sichergestellt. Bei Preßlingen, die der Anforderung "formstabil kompaktiert" entsprechen, wird die Freisetzung von mehr als 20% des Spaltmaterialinventars infolge des eingeschränkten Sauerstoffzutritts und der Metallkartusche verhindert.

Erfüllt das Abfallprodukt die Anforderungen "Metallischer Preßling", so sind durch die geforderte Stoffreinheit die Grundanforderungen "freie Flüssigkeiten" sowie "faulen und gären" abgedeckt. Im anderen Fall sind diese beiden Anforderungen neben der produktgruppenspezifischen Anforderung "formstabil kompaktiert" zu überprüfen.

- Abfallproduktgruppe 05

Die produktgruppenspezifischen Anforderungen der Abfallproduktgruppe 05 (APG 05) machen bei allen Anforderungsvarianten eine Fixierung des Abfalls (in Zement/Beton oder gleichartigem Material) erforderlich. Hierdurch sind die Grundanforderungen "Selbstentzündung", "fest" und "Ampullen und Gasflaschen" und "Spaltmaterialfixierung" sicherheitstechnisch abgedeckt. Die Begründung hierfür wurde bei der Beschreibung der Anforderungen der Abfallproduktgruppe 02 gegeben.

Als produktgruppenspezifische Anforderung der Abfallproduktgruppe 05 ist in jedem Fall "Einbindung/Verfestigung", "Druckfestigkeit", "Aktivitätsverteilung" und "Gasbildung" zu überprüfen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, statt der Anforderung "Aktivitätsverteilung" die Erfüllung der Anforderung "Brennbarkeit" nachzuweisen. Dies ist jedoch nur dann möglich, wenn der Abfall ausschließlich umgossen werden kann, d.h. nicht einbindbar ist, wie z.B. bei Kerzenfiltern und Strahlenquellen.

- Abfallproduktgruppe 06

Durch die produktgruppenspezifischen Anforderungen "Druckfestigkeit" und "Brennbarkeit" sind die Grundanforderungen

- "Selbstentzündung" durch die Definition der Brennbarkeit

- "fest" durch die Anforderung "Druckfestigkeit" und
- "Gasbildung" sowie "Spaltmaterialfixierung" durch den geringen Gehalt organischer Bestandteile abgedeckt.

Die Grundanforderungen

- "Ampullen und Gasflaschen" und
- "freie Flüssigkeiten"

werden ebenfalls durch die sich aus der Definition ergebenden Eigenschaften des Abfallproduktes abgedeckt.

- Abfallbehälterklasse I, Abfallproduktgruppe 01 bis 06

Radioaktiver Abfall, der in Behältern der Abfallbehälterklasse I störfallfest verpackt ist, muß formstabil fixiert oder in entsprechend vergossenen Innenbehältern verpackt sein. Damit ist über die Grundanforderungen hinaus nur die Anforderung "formstabil fixiert" zu prüfen. Durch diese Anforderung sind die Grundanforderungen "Selbstentzündung", "fest" und "Ampullen und Gasflaschen" und "Spaltmaterialfixierung" sicherheitstechnisch abgedeckt. Die Prüfung auf "freie Flüssigkeiten" kann entfallen, wenn der radioaktive Abfall im Innenbehälter verpackt ist und diese mit einem inaktiven Fixierungsmittel vergossen sind. In diesem Fall ist auch diese Grundanforderung sicherheitstechnisch abgedeckt, so daß nur noch die Grundanforderung "Gasbildung" zu prüfen ist.

- Abfallbehälterklasse II, Abfallproduktgruppe 01 bis 06

Bei Behältern der Abfallbehälterklasse II mit spezifizierter Leckrate werden nicht störfallfest verpackte Abfallprodukte bezüglich der störfallbedingten Freisetzung behandelt, als gehörten sie zur Abfallproduktgruppe 01. Somit sind auch nur Grundanforderungen zu erfüllen. Dabei werden durch die Verpackung die Schutzziele der Anforderungen "Selbstentzündung" und "Ampullen und Gasflaschen" und "Spaltmaterialfixierung" gewährleistet, so daß nur noch die Anforderungen "fest", "freie Flüssigkeiten" und "Gasbildung" zu prüfen sind. Jedoch sind auch die ersten beiden Anforderungen nur dann relevant, sofern sich die Abfallprodukte nicht in Behältern mit spezifizierter Leckrate befinden.

### 3.4.2 Prüfumfang in Abhängigkeit von der radiologischen Relevanz

Bei den Anforderungen

- Metalle,
- Metallischer Preßling und
- brennbare Abfallstoffe

sind zulässige Aktivitätsanteile festgelegt worden, welche die Charakteristika der jeweiligen Anforderungen nicht erfüllen müssen. Wie in Kapitel 3.3 bei der Beschreibung der jeweiligen Kenngröße ausgeführt wurde, leitet sich der zulässige Anteil aus Freisetzungüberlegungen zum Störfall ab.

Wird nun durch das Aktivitätsinventar des Abfallgebundes der zulässige Summenwert des Störfallkriteriums nicht ausgeschöpft, können diese zulässigen Aktivitätsanteile entsprechend vergrößert werden, und zwar grundsätzlich um einen Faktor Delta, der identisch ist mit dem reziproken Störfallsummenwert (vergl. hierzu /1/ Anhang III).

Bei den Anforderungen "Metalle" und "Metallischer Preßling" kann der zulässige Aktivitätsanteil um den Faktor Delta erhöht sein, solange dieser Faktor einen Wert von 10 nicht überschreitet. Bei höheren Aktivitätsanteilen wären die aus den Anforderungen "Metalle" und "Metallischer Preßling" abgeleiteten Eigenschaften, die Grundanforderungen wie "fest" oder "Selbstentzündung" abdecken, nicht mehr gewährleistet.

Bei der Anforderung "brennbare Abfallstoffe" kann der zulässige Aktivitätsanteil ebenfalls um den Faktor Delta erhöht sein. Überschreitet dieser Faktor den Wert 50, so kann eine Prüfung dieser Anforderung ganz

entfallen, da bei diesen geringen Aktivitätsinventaren unter Freisetzungsgesichtspunkten eine Begrenzung des Anteils brennbarer Abfallstoffe nicht mehr erforderlich ist.

Neben den obengenannten Anforderungen kann auch bei den Anforderungen

- Aktivitätsverteilung,
- Druckfestigkeit,
- formstabil kompaktiert und
- Brennbarkeit

der Prüfumfang bei geringerer radiologischer Relevanz reduziert werden.

Bei der Anforderung "Aktivitätsverteilung" kann die zulässige Abweichung von der geforderten Gleichverteilung ebenfalls um den Faktor Delta erhöht sein. Überschreitet dieser Faktor den Wert 50, so kann auf die Prüfung ganz verzichtet werden, da bei diesen geringen Aktivitätsinventaren eine Gleichverteilung der Aktivität aus Freisetzungserlegungen nicht mehr erforderlich ist.

Bei der Anforderung "Druckfestigkeit" kann bei Delta-Werten  $\geq 10$  der Wert von 10 N/mm<sup>2</sup> auf die Hälfte reduziert sein, da in diesem Fall die Freisetzung im Störfall ausreichend begrenzt ist. Ein Verzicht auf die Prüfung "Druckfestigkeit" bei noch höheren Delta-Werten ist nicht möglich, da durch diese Prüfung Grundanforderungen mit abgedeckt werden (siehe Tabelle 3.4.1). Aus diesem Grunde kann auch der Aktivitätsanteil der an Abrieb u.ä. gebunden ist, nur dann um den Faktor Delta erhöht sein, solange dieser den Wert 100 nicht überschreitet.

Bei der Anforderung "formstabil kompaktiert" kann der freie, nicht brennbare Aktivitätsanteil, der bei Ausschöpfung der Aktivitätsgrenzwerte auf 1% zu begrenzen ist, um den Faktor Delta erhöht sein. Überschreitet Delta den Wert 10, so kann die Prüfung ganz entfallen, sofern aufgrund der Art des Abfalls, z.B. Aschen, sichergestellt ist, daß der freie Anteil nicht brennbar ist. Kann der freie Anteil dagegen aufgrund der Art des Abfalls prinzipiell brennbar sein, so kann auf eine Prüfung erst ab einem Delta-Wert von  $\geq 500$  verzichtet werden.

Bei der Anforderung "Brennbarkeit" kann die Prüfung entfallen, wenn Delta einen Wert von 1000 überschreitet.

### 3.4.3 Prüfumfang in Abhängigkeit vom Konditionierungsverfahren

Durch bestimmte Maßnahmen bei der Konditionierung, zum Beispiel Veraschen oder durch Nachkonditionierung, zum Beispiel Vergießen von Fässern in Container mit inaktivem Zement, können Anforderungen a priori erfüllt oder sicherheitstechnisch abgedeckt sein. Wenn diese Konditionierungsmaßnahmen – nachfolgend mit dem Begriff "Behandlung" bezeichnet - durch Dokumentation, Inaugenscheinnahme oder anderweitig zweifelsfrei nachgewiesen sind, werden sie bei der Festlegung des Prüfumfanges berücksichtigt.

Welche Maßnahmen unter dem Begriff "Behandlung" berücksichtigt werden, ist in Tabelle 3.4.2 getrennt nach Abfallproduktgruppen zusammengestellt. Die Auswahl der berücksichtigten "Behandlungen" für die jeweilige Abfallproduktgruppe richtet sich danach, ob durch die "Behandlung" gegenüber der "unbehandelten" Abfallproduktgruppe eine Reduzierung des Prüfumfanges erreicht wird. Auch werden Behandlungen nicht berücksichtigt, die in offensichtlichem Widerspruch zur Definition der jeweiligen APG stehen. So wird in der APG 02 die Bitumenfixierung nicht berücksichtigt, da hier der Anteil von Stoffen wie Bitumen beschränkt ist. In den nachfolgenden Prüflisten, Tabelle 3.4.3-3.4.9, ist der Prüfumfang in Abhängigkeit von Abfallbehälterklasse und Abfallproduktgruppe und Behandlung angegeben. Die nicht berücksichtigten Behandlungen werden als "Behandlung für Abfallbehälterklasse oder Abfallproduktgruppe nicht relevant" gekennzeichnet.

- Tabelle 3.4.3

Tabelle 3.4.3 faßt den Prüfumfang für Abfallproduktgruppe 01 der Abfallbehälterklasse I in Abhängigkeit verschiedener Behandlungen zusammen. Die Spalte "unbehandelt" stimmt naturgemäß mit der Spalte APG 01 der Tabelle 3.4.1 überein.

Bei geschreddertem Abfall (Spalte geschreddert) kann davon ausgegangen werden, daß die Nichteinhaltung

der Anforderung "Selbstentzündung" während des Schreddervorgangs aufgrund der partiell auftretenden starken Erwärmung entdeckt wird, so daß die Einhaltung der Anforderung als gegeben angenommen werden kann. Darüber hinaus wird die Erfüllung der Anforderung "Ampullen und Gasflaschen" durch den Schreddervorgang gewährleistet (vergl. Kenngrößen).

Durch die Behandlungsmethode "verascht" wird die Einhaltung der für die Abfallproduktgruppe 01 relevanten Anforderungen gewährleistet.

Werden Fässer mit Abfallprodukten der Abfallproduktgruppe 01 in Container verpackt und mit Zement/Beton vergossen, so wird die Anforderung "Selbstentzündung" durch die mit der Behandlung erreichte eingeschränkte Sauerstoffzufuhr erfüllt. Weiterhin werden die Schutzziele der Anforderungen "fest", "Ampullen und Gasflaschen" und "freie Flüssigkeiten" durch die Behandlung erreicht (vergl. hierzu Kap. 3.4.1), so daß eine Überprüfung der Anforderungen entfallen kann.

Der Prüfumfang kann in gleicher Weise reduziert werden, wenn ein Faß in einem Betonbehälter (Verlorene Betonabschirmung VBA) vergossen wird.

Wird das Abfallprodukt mit Bitumen fixiert, so werden durch diese Behandlung die Anforderungen "fest" und "freie Flüssigkeiten" erfüllt. Die Nichteinhaltung der Anforderung "Selbstentzündung" würde bei der Konditionierung entdeckt, da die Temperatur des flüssigen Bitumens > 100 °C beträgt. Eine weitere Überprüfung auf "Selbstentzündung" kann somit entfallen.

Wird der Abfall geschreddert und zusätzlich in Fässer verpackt, die mit Zement/Beton im Container oder einer VBA vergossen werden, so kann die durch beide Behandlungsschritte erzielbare Reduzierung des Prüfaufwandes zum Tragen kommen.

- Tabelle 3.4.4

Tabelle 3.4.4 gibt eine Zusammenstellung des Prüfumfanges für die Abfallproduktgruppe 02 der Abfallbehälterklasse I in Abhängigkeit verschiedener Behandlungen. Die Spalte "unbehandelt" entspricht dem Basisprüfumfang der APG 02 zur Tabelle 3.4.1.

Durch das Schreddern werden die Nichteinhaltung der Anforderung "Selbstentzündung" bei der Konditionierung entdeckt und die Erfüllung der Anforderung "Ampullen und Gasflaschen" gewährleistet, so daß die entsprechenden Prüfungen entfallen können (vergl. Erläuterungen zu Tabelle 3.4.3).

Durch "Veraschen" des Rohabfalls werden Grundanforderungen und die Anforderung "brennbare Abfallstoffe" erfüllt. Die Prüfalternative "thermisch stabil" ist daher nicht mehr relevant.

Beim Einbringen von Fässern mit Abfällen der Abfallproduktgruppe 02 in Container oder VBA und Vergießen mit Zement/Beton sind durch entsprechende Qualifikation dieses Verfahrens die Schutzziele der Anforderungen "thermisch stabil" - Verhindern des Ausfließens "brennbarer Abfallstoffe" beim Brandstörfall - ausreichend zu gewährleisten, so daß weitere Prüfungen entfallen können. In diesem Fall ist die Anforderung "brennbare Abfallstoffe" abgedeckt.

Wie bei der Abfallproduktgruppe 01 wird auch die Anforderung "Selbstentzündung" durch Vergießen von Fässern in Containern bzw. VBA durch Unterbinden des Sauerstoffzutritts sichergestellt und es werden die Schutzziele der Anforderungen "fest", "Ampullen und Gasflaschen" und "freie Flüssigkeiten" eingehalten.

Eine Fixierung in Bitumen kann in der Abfallproduktgruppe 02 nicht vorgenommen werden, da hierdurch der Anteil brennbarer Abfallstoffe den zulässigen Grenzwert übersteigen würde.

Für geschredderte Abfälle in Fässern in Container oder VBA vergossen wird durch das Schreddern die Anforderung "Ampullen und Gasflaschen" erfüllt, und durch das Vergießen von Fässern in Container oder einer VBA werden die Schutzziele der Anforderung "thermisch stabil" sowie "fest" und "freie Flüssigkeiten" erreicht.

- Tabelle 3.4.5

In Tabelle 3.4.5 wird der Prüfumfang für die Abfallproduktgruppe 03 der Abfallbehälterklasse I wiedergege-

ben.

Bei "unbehandelten" Abfällen der Abfallproduktgruppe 03 sind die Anforderungen "Metalle" und "Ampullen und Gasflaschen" zu prüfen. Durch die Behandlung "Schreddern" wird die Anforderung "Ampullen und Gasflaschen" erfüllt. Ein Veraschen von Abfällen der Abfallproduktgruppe 03 ist nicht relevant. Das Vergießen von Fässern mit Abfällen der Abfallproduktgruppe 03 im Container oder VBA erreicht die Schutzziele der Anforderung "Ampullen und Gasflaschen", so daß die entsprechende Prüfung entfallen kann.

Eine Bitumenfixierung von Abfällen der Abfallproduktgruppe 03 steht im Widerspruch zu den Anforderungen der Abfallproduktgruppe 03 und ist somit nicht relevant. Die Behandlung Schreddern und Verpacken in Fässer, die im Container oder in einer VBA vergossen werden, wird nicht berücksichtigt, da die allein durch Schreddern erreichte Reduzierung des Prüfumfanges hierdurch nicht weiter vermindert wird.

- Tabelle 3.4.6

Tabelle 3.4.6 beschreibt den Prüfumfang von Abfällen der Abfallproduktgruppe 04 der Abfallbehälterklasse I. Die Spalte "unbehandelt" weist wiederum den Grundprüfumfang aus, wie er bei der Erläuterung der Tabelle 3.4.1 beschrieben wurde. Das "Schreddern" des Abfalls bedeutet keine sicherheitstechnische Verbesserung des Abfallproduktes, so daß er für die Abfallproduktgruppe 04 nicht relevant ist. Demgegenüber wird durch Veraschen des Rohabfalls die Erfüllung der Anforderungen "freie Flüssigkeiten" und "Gasbildung" erreicht, so daß die entsprechenden Prüfungen entfallen können.

Ein Vergießen von Fässern mit Abfällen der Abfallproduktgruppe 04 erreicht die Schutzziele der Anforderung "freie Flüssigkeiten", so daß diese Prüfung entfallen kann.

Die Bitumenfixierung von Abfällen der Abfallproduktgruppe 04 ist nicht möglich. Die Behandlung "Schreddern" und Verpacken in Fässern, die vergossen werden, bringt gegenüber dem einfachen Vergießen von Fässern keine Reduzierung des Prüfumfanges und wird daher nicht weiter betrachtet.

- Tabelle 3.4.7

Bei der Angabe des Prüfumfanges für Abfälle der Abfallproduktgruppe 05 der Abfallbehälterklasse I sind im Hinblick auf den Prüfumfang nur die Spalten unbehandelt, schreddern, verascht, Fässer in Container vergossen und Faß in VBA vergossen relevant. Der Prüfumfang des unbehandelten Produktes ist im Zusammenhang mit der Tabelle 3.4.1 erläutert worden.

Bei geschreddertem Abfall kann gegenüber dem unbehandelten Abfall die Prüfung "Einbindung/Verfestigung" entfallen, da es sich hier a priori um nicht einbindbaren Abfall handelt.

Durch Veraschen wird ein Abfallzustand erreicht, der "einbindbar" ist. Weiterhin wird die Anforderung "brennbare Abfallstoffe" erfüllt, so daß sich entsprechende Prüfungen erübrigen. Damit ist nur noch "Druckfestigkeit" in Verbindung mit "Aktivitätsverteilung" zu prüfen.

Werden Fässer mit Abfällen der Abfallproduktgruppe 05 in Container oder VBA vergossen, so wird das Schutzziel der Anforderungen "thermisch stabil", die Begrenzung der freigesetzten Aktivität beim thermischen Störfall, durch die Wärmekapazität und den Wärmewiderstand des Vergußmaterials erreicht. Die Prüfung auf "Druckfestigkeit" und "Aktivitätsverteilung" ist damit auch nicht mehr relevant. Weiterhin wird durch das Sorptionsverhalten sowie die Barrierewirkung des Vergußmaterials das Schutzziel der Anforderung "freie Flüssigkeiten" sichergestellt.

- Tabelle 3.4.8

Für Abfallprodukte der Abfallproduktgruppe 06 sind als prüfumfangmindernde Behandlungen nur das Vergießen von Fässern in Container oder VBA relevant. Gegenüber dem unbehandelten Abfall wird hierdurch das mit "Brennbarkeit" verbundene Schutzziel, das Ausfließen von geschmolzenen Konzentraten und Abbrennen außerhalb des Behälters, durch die zusätzliche Barrierewirkung des Vergußmaterials erreicht.

- Tabelle 3.4.9

Für formstabil fixierte Abfallprodukte, die in Behältern der Abfallbehälterklasse I mit erhöhter Störfallfestig-

keit verpackt sind, ergeben sich Prüfumfangminderungen nur bei den Behandlungen, bei denen Fässer in einem Container oder einer VBA vergossen werden und bei der Fixierung in Bitumen. In diesen Fällen gewährleistet die Behandlung die formstabile Fixierung, so daß diese Prüfung entfallen kann. Darüber hinaus ist durch die Existenz der Innenbehälter bzw. die Bitumenfixierung die Anforderung "freie Flüssigkeiten" sicherheitstechnisch abgedeckt.

- Tabelle 3.4.10

Tabelle 3.4.10 beschreibt den Prüfumfang für die Abfallbehälterklasse II. Da die Aktivitätsgrenzwerte für das Störfallsummenkriterium aus dem Freisetzungverhalten der Abfallproduktgruppe 01 abgeleitet wurden, sind nur Grundanforderungen zu erfüllen. Von den Grundanforderungen sind die der Anforderung "Selbstentzündung" aufgrund des ausgeschlossenen Sauerstoffzutritts und der Anforderung "Ampullen und Gasflaschen" wegen der thermischen und mechanischen Barriere des Behälters (Druck bei Erwärmung bleibt unter Prüfdruck) sichergestellt. Eine Prüfung kann bei diesen Anforderungen entfallen. Bei der Anforderung "freie Flüssigkeit" sind die Schutzziele auch sichergestellt, sofern sich das Abfallprodukt in Behältern mit spezifizierter Dichtheit befindet. In diesem Fall kann gleichfalls auf die Prüfung verzichtet werden.

Als Behandlungen, die ggfs. mit einer Reduzierung des Prüfumfangs verbunden sind, sind die Veraschung und die Bitumenfixierung relevant. Durch die Veraschung wird auch bei Behältern ohne spezifizierte Dichtheit die Anforderung "fest" erfüllt und die Anforderung "Gasbildung", sofern die Aschen nicht in Zement/Beton fixiert werden.

Durch die Bitumenfixierung werden die Anforderungen "fest" und "freie Flüssigkeiten" sichergestellt, und es wird ggf. bei der Behandlung entdeckt, ob der Abfall selbstentzündlich ist.

### 3.4.4 Beispiele

Welcher Prüfumfang notwendig ist und wie sich dieser Prüfumfang je nach Wahl der Abfallproduktgruppe verändert, soll am Beispiel von vier typischen Abfällen erläutert werden. Darüber hinaus wird aus den Beispielen der Einfluß der radiologischen Signifikanz deutlich.

Zwecks Vereinfachung wird nachfolgend davon ausgegangen, daß die Masse der in einem Abfallgebinde enthaltenen spaltbaren Stoffe weniger als 1 g beträgt, so daß keine Anforderungen an die Spaltmaterialfixierung gestellt werden.

In Tabelle 3.4.11 werden die verschiedenen Möglichkeiten für Mischabfälle aufgezeigt. Als Behandlung wird unterstellt, daß der Abfall in Fässern verpackt ist, die qualifiziert vergossen sind. Das Aktivitätsinventar beträgt  $7 \cdot 10^{10}$  Bq. Prinzipiell ist eine Konditionierung von Mischabfällen zu Produkten der Abfallproduktgruppe 05, 04 und 02 möglich, die im weiteren untersucht werden.

Für jede Abfallproduktgruppe sind die notwendigen Prüfungen und der Faktor für die radiologische Signifikanz Delta, sofern er relevant ist (vergl. Kap. 3.4.2), angegeben.

Für die Abfallproduktgruppe 05 ist der Summenwert des Störfallsummenkriteriums 0,01. Zu prüfen wäre nach der Prüfliste für die Abfallproduktgruppe 05 (Tabelle 3.4.7) bei der entsprechenden Behandlung, ob der Abfall einbindbar ist und ob die Gasbildung ausreichend begrenzt ist.

Wird der Mischabfall nach entsprechender Konditionierung in die Abfallproduktgruppe 04 eingeordnet, wäre alternativ entweder auf "Metallischer Preßling" zu prüfen oder auf "formstabil kompaktiert" und "Gasbildung". Der Wert des Summenkriteriums beträgt in diesem Fall 0,03 und erlaubt ein Delta von 10 für die Prüfung auf "Metallischer Preßling" und von 30 für die Prüfung auf "formstabil kompaktiert". Dies bedeutet, daß sowohl der nichtmetallische Anteil bei der erstgenannten Prüfvariante als auch der freie, nicht brennbare Anteil bei der anderen Prüfvariante um einen Faktor Delta erhöht sein dürfen.

Bei Einstufung in Abfallproduktgruppe 02 ist lediglich auf "Gasbildung" zu prüfen.

Im zweiten Beispiel in Tabelle 3.4.12 wird auf veraschten Mischabfall eingegangen. Die Beta-/Gammaaktivität beträgt  $6 \cdot 10^9$  Bq, gemäß Störfallkriterium ist damit eine Einstufung bis in die Abfallproduktgruppe 01 möglich. Der Prüfumfang wird angegeben für die Abfallproduktgruppe 05, 04, 02 und 01.

In der Abfallproduktgruppe 05 sind grundsätzlich die "Druckfestigkeit" und die "Aktivitätsverteilung" zu prüfen. Da bei Einstufung in Abfallproduktgruppe 05  $\Delta = 1000$  gilt, kann die Prüfung auf Aktivitätsverteilung entfallen, die Druckfestigkeit darf bei 5 N/mm<sup>2</sup> liegen und der an Abrieb o. ä. gebundene Aktivitätsanteil darf 10% betragen.

Bei Einstufung in die Abfallproduktgruppe 04 existieren die Prüfvarianten "Metallischer Preßling" oder "formstabil kompaktiert". Da es sich um Aschen handelt, kann aufgrund  $\Delta > 10$  bei der Prüfung auf "formstabil kompaktiert" die Prüfung auf den freien, nicht brennbaren Aktivitätsanteil entfallen. Der nichtmetallische Aktivitätsanteil bei der Prüfung auf "Metallischer Preßling" darf 10 % betragen.

Sowohl bei der Abfallproduktgruppe 02 als auch bei der Abfallproduktgruppe 01 ist keine Anforderung zu überprüfen, sofern die Aschen nicht in Zement/Beton fixiert sind.

Als drittes Beispiel wird in Tabelle 3.4.13 der Abfall Metalle mit einer Beta-/Gammaaktivität von  $9 \cdot 10^{11}$  Bq beschrieben. Als Konditionierung sind denkbar:

- unbehandelt, dann ist er in die Abfallproduktgruppe 03 einzustufen,
- kompaktieren mit der Einstufung in die Abfallproduktgruppe 04 oder
- in Zement fixieren mit der Einstufung in die Abfallproduktgruppe 05.

Bei der Einstufung in die Abfallproduktgruppe 05 ist zunächst zu prüfen, ob der Abfall einbindbar ist oder nicht. Zur Prüfung der Produktqualität ist die "Druckfestigkeit" und die "Aktivitätsverteilung" zu prüfen, wobei die maximale Aktivitätskonzentration gegenüber der zulässigen achtfach erhöht sein kann.

Bei der Einstufung in Abfallproduktgruppe 04 ist nur auf "Metallischer Preßling" zu prüfen, wobei ein Aktivitätsanteil nichtmetallischer Materialien von 2 % zulässig ist.

Bleibt der Rohabfall unbehandelt und soll er in Produktgruppe 03 eingestuft werden, müssen die Anforderungen "Metalle" und "Ampullen und Gasflaschen" erfüllt sein.

Als letztes Beispiel werden in Tabelle 3.4.14 Möglichkeiten zur Behandlung und Einstufung von Konzentraten untersucht. Die Beta-/Gammaaktivität beträgt  $3 \cdot 10^{11}$  Bq

Zur Abfallproduktgruppe 06 konditionierte Konzentrate müssen der Anforderung "Druckfestigkeit" und "Brennbarkeit" genügen. Bei einem  $\Delta$  von 25 kann die Druckfestigkeit auf einen Wert von 5 N/mm<sup>2</sup> reduziert sein und der an Abrieb o.ä. gebundene Aktivitätsanteil darf 2,5 % betragen.

Bei einer Einstufung in die Abfallproduktgruppe 04 ist auf "formstabil kompaktiert" mit einem freien, nicht brennbaren Aktivitätsanteil von 7 %, "freie Flüssigkeiten" und "Gasbildung" zu prüfen.

Die dritte Möglichkeit ist die Einstufung in Abfallproduktgruppe 02. In diesem Fall wäre auf "brennbare Abfallstoffe" und auf alle Grundanforderungen zu prüfen.

Anforderung	APG01	APG02	APG03	APG04	APG05	APG06	APG02..06	ABK II
Einbindung/Verfestigung					x			
Metalle			x					
metallischer Pressling				#				
Druckfestigkeit					x	x		
formstabil kompaktiert				+				
formstabil fixiert							x	
thermisch stabil		#						
Aktivitätsverteilung					x			
brennbare Abfallstoffe		+						
Brennbarkeit					1)	x		
Selbstentzündung	x	+	A	A	A	A	S	S
fest	x	+	A	A	A	A	S	<u>x</u>
Ampullen und Gasflaschen	x	+	x	A	A	A	S	S
freie Flüssigkeit	x	x	A	+	x	A	x <sup>2)</sup>	<u>x</u>
Gasbildung	x	x	A	+	x	A	x	x
Spaltmaterialfixierung	x	x	A	A	A	A	x <sup>2)</sup>	S

Erläuterungen: x zu prüfen  
x bei dichten Behältern kann Prüfung entfallen  
# alternativ zu + zu prüfen  
+ alternativ zu # zu prüfen  
A durch Produkthanforderung abgedeckt  
E Nichteinhaltung der Anforderung wird bei Behandlung entdeckt  
S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt

- 1) kann alternativ zur Abfallverteilung geprüft werden, wenn Rohabfall ausschließlich umgossen werden kann  
2) Prüfung kann entfallen, wenn Abfall in Innenbehältern verpackt ist, die mit inaktivem Fixierungsmittel vergossen wurden

**Tabelle 3.4.1: Prüfungen zur Kontrolle der Anforderungen an das Abfallprodukt in Abhängigkeit von Abfallbehälterklasse und Abfallproduktgruppe**



Abfallprodukt- gruppe/ Abfallbehälter- klasse	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container mit Zement/ Beton ver- gossen	Faß in VBA mit Zement Beton ver- gossen	Bitumen fixiert	geschreddert und Faß in VBA bzw. in Container mit Zement/Beton ver- gossen
APG 01	X	X	X	X	X	X	X
APG 02	X	X	X	X	X		X
APG 03	X	X		X	X		
APG 04	X		X	X	X		
APG 05	X	X	X	X	X		
APG 06	X			X	X		
ABK II	X		X			X	

Erläuterungen: unbehandelt: Abfallprodukt gemäß Anforderungen der jeweiligen Produktgruppe in Container oder Rundbehälter

geschreddert: Rohabfall geschreddert und zu Abfallprodukt gemäß Produktgruppe verarbeitet im Container oder Rundbehälter

verascht: Rohabfall verascht und zu Abfallprodukt gemäß Produktgruppe verarbeitet im Container oder Rundbehälter

Fässer in Container mit Zement/Beton vergossen: Abfallprodukt in 200 l- bzw. 400 l-Fässern, die im Container mit inaktivem Zement/Beton vergossen sind

Faß in VBA mit Zement/Beton vergossen: Abfallprodukt in 200 l- bzw. 400 l-Faß, die im Container mit inaktivem Zement/Beton vergossen sind

Bitumen fixiert: Rohabfall zu Abfallprodukt gemäß Produktgruppe in Bitumen fixiert im Container oder Rundbehälter

geschreddert und Faß in VBA bzw. in Container mit Zement/Beton vergossen: Rohabfall geschreddert und zu Abfallprodukt gemäß Produktgruppe verarbeitet in 200 l- bzw. 400 l-Faß, das in VBA bzw. Container mit Zement/Beton vergossen ist

**Tabelle 3.4.2: Maßnahmen, die unter dem Begriff "Behandlung" in Abhängigkeit von der Produktgruppe berücksichtigt werden**

Behandlung:	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container vergossen	Fass in VBA vergossen	Bitumen	geshr. und Fass in VBA bzw. Cont. vergossen
Anforderung							
Einbindung/Verfestigung							
Metalle							
metallischer Pressling							
Druckfestigkeit							
formstabil kompaktiert							
formstabil fixiert							
thermisch stabil							
Aktivitätsverteilung							
brennbare Abfallstoffe							
Brennbarkeit							
Selbstentzündung	x	E	B	S	S	E	E
fest	x	x	B	S	S	B	S
Ampullen und Gasflaschen	x	B	B	S	S	x	B
freie Flüssigkeit	x	x	Z	S	S	B	S
Gasbildung	x	x	Z	x	x	x	x
Spaltmaterialfixierung	x	x	B	S	S	x	S

Erläuterungen: x zu prüfen  
 B Anforderung wird durch Behandlung erreicht  
 E Nichteinhaltung der Anforderung wird bei Behandlung entdeckt  
 S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt  
 Z zu prüfen, falls Abfall zement-/betonfixiert

**Tabelle 3.4.3: Prüfliste für Abfallproduktgruppe 01 (Bit), ABK I**

Behandlung:	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container vergossen	Fass in VBA vergossen	Bitumen	geshr. und Fass in VBA bzw. Cont. vergossen
Anforderung							
Einbindung/Verfestigung							
Metalle							
metallischer Pressling							
Druckfestigkeit							
formstabil kompaktiert							
formstabil fixiert							
thermisch stabil	#	#		S	S	I	S
Aktivitätsverteilung							
brennbare Abfallstoffe	+	+	B			I	
Brennbarkeit							
Selbstentzündung	+	E	B	B	B	I	E
fest	+	+	B	S	S	I	S
Ampullen und Gasflaschen	+	B	B	S	S	I	B
freie Flüssigkeit	x	x	Z	S	S	I	S
Gasbildung	x	x	Z	x	x	I	x
Spaltmaterialfixierung	A	A	B	S	S	I	S

- Erläuterungen:
- # alternativ zu + zu prüfen
  - + alternativ zu # zu prüfen
  - A durch Produkthanforderung abgedeckt
  - B Anforderung wird durch Behandlung erreicht
  - E Nichteinhaltung der Anforderung wird bei Behandlung entdeckt
  - I Behandlung für Abfallbehälterklasse oder Abfallproduktgruppe nicht relevant
  - S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt
  - x zu prüfen
  - Z zu prüfen, falls Abfall zement-/betonfixiert

**Tabelle 3.4.4: Prüfliste für Abfallproduktgruppe 02 (Fest), ABK I**

Behandlung:	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container vergossen	Fass in VBA vergossen	Bitumen	geshr. und Fass in VBA bzw. Cont. vergossen
Anforderung							
Einbindung/Verfestigung							
Metalle	x	x	I	x	x	I	I
metallischer Pressling							
Druckfestigkeit							
formstabil kompaktiert							
formstabil fixiert							
thermisch stabil							
Aktivitätsverteilung							
brennbare Abfallstoffe							
Brennbarkeit							
Selbstentzündung	A	A	I	A	A	I	I
fest	A	A	I	A	A	I	I
Ampullen und Gasflaschen	x	B	I	S	S	I	I
freie Flüssigkeit	A	A	I	A	A	I	I
Gasbildung	A	A	I	A	A	I	I
Spaltmaterialfixierung	A	A	I	S	S	I	I

**Erläuterungen:** x zu prüfen  
A durch Produkthanforderung abgedeckt  
B Anforderung wird durch Behandlung erreicht  
I Behandlung für Abfallbehälterklasse oder Abfallproduktgruppe nicht relevant  
S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt

**Tabelle 3.4.5: Prüfliste für Abfallproduktgruppe 03 (Met), ABK I**

Behandlung:	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container vergossen	Fass in VBA vergossen	Bitumen	geshr. und Fass in VBA bzw. Cont. vergossen
Anforderung							
Einbindung/Verfestigung							
Metalle							
metallischer Pressling	#	I	I	#	#	I	I
Druckfestigkeit							
formstabil kompaktiert	+	i	x	+	+	I	I
formstabil fixiert							
thermisch stabil							
Aktivitätsverteilung							
brennbare Abfallstoffe							
Brennbarkeit							
Selbstentzündung	A	I	A	A	A	I	I
fest	A	I	A	A	A	I	I
Ampullen und Gasflaschen	A	I	A	A	A	I	I
freie Flüssigkeit	+	I	B	S	S	I	I
Gasbildung	+	I	B	+	+	I	I
Spaltmaterialfixierung	B	I	B	S	S	I	I

Erläuterungen: x zu prüfen  
# alternativ zu + zu prüfen  
+ alternativ zu # zu prüfen  
A durch Produkthanforderung abgedeckt  
B Anforderung wird durch Behandlung erreicht  
I Behandlung für Abfallbehälterklasse oder Abfallproduktgruppe nicht relevant  
S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt

**Tabelle 3.4.6: Prüfliste für Abfallproduktgruppe 04 (Pres), ABK I**

Behandlung:	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container vergossen	Fass in VBA vergossen	Bitumen	geshr. und Fass in VBA bzw. Cont. vergossen
Anforderung							
Einbindung/Verfestigung	x		B	x	x	I	I
Metalle							
metallischer Pressling							
Druckfestigkeit	x	x	x			I	I
formstabil kompaktiert							
formstabil fixiert							
thermisch stabil							
Aktivitätsverteilung	x	x	x	S	S	I	I
brennbare Abfallstoffe						I	I
Brennbarkeit	1)		B				
Selbstentzündung	A	A	A	A	A	I	I
fest	A	A	A	A	A	I	I
Ampullen und Gasflaschen	A	A	A	A	A	I	I
freie Flüssigkeit	x	x	x	S	S	I	I
Gasbildung	x	x	x	x	x	I	I
Spaltmaterialfixierung	A	A	A	S	S	I	I

**Erläuterungen:** x zu prüfen  
A durch Produkthanforderung abgedeckt  
B Anforderung wird durch Behandlung erreicht  
I Behandlung für Abfallbehälterklasse oder Abfallproduktgruppe nicht relevant  
S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt

1) kann alternativ zur Abfallverteilung geprüft werden, wenn Rohabfall ausschliesslich umgossen werden kann

**Tabelle 3.4.7: Prüfliste für Abfallproduktgruppe 05 (Zem), ABK I**

Behandlung:	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container vergossen	Fass in VBA vergossen	Bitumen	geshr. und Fass in VBA bzw. Cont. vergossen
Anforderung							
Einbindung/Verfestigung							
Metalle							
metallischer Pressling							
Druckfestigkeit	x	I	I	x	x	I	I
formstabil kompaktiert							
formstabil fixiert							
thermisch stabil							
Aktivitätsverteilung							
brennbare Abfallstoffe							
Brennbarkeit	x	I	I	S	S	I	I
Selbstentzündung	A	I	I	A	A	I	I
fest	A	I	I	A	A	I	I
Ampullen und Gasflaschen	A	I	I	A	A	I	I
freie Flüssigkeit	A	I	I	A	A	I	I
Gasbildung	A	I	I	A	A	I	I
Spaltmaterialfixierung	A	I	I	S	S	I	I

Erläuterungen: x zu prüfen  
A durch Produkthanforderung abgedeckt  
I Behandlung für Abfallbehälterklasse oder Abfallproduktgruppe nicht relevant  
S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt

**Tabelle 3.4.8: Prüfliste für Abfallproduktgruppe 06 (Konz), ABK I**

Behandlung:	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container vergossen	Fass in VBA vergossen	Bitumen	geshr. und Fass in VBA bzw. Cont. vergossen
Anforderung							
Einbindung/Verfestigung							
Metalle							
metallischer Pressling							
Druckfestigkeit							
formstabil kompaktiert							
formstabil fixiert	x	x	x	B	B	B	B
thermisch stabil							
Aktivitätsverteilung							
brennbare Abfallstoffe							
Brennbarkeit							
Selbstentzündung	S	S	B	S	S	S	S
fest	S	S	A	S	S	S	S
Ampullen und Gasflaschen	S	B	S	S	S	S	S
freie Flüssigkeit	x <sup>2)</sup>	x <sup>2)</sup>	x <sup>2)</sup>	S	S	S	S
Gasbildung	x	x	x	x	x	x	x
Spaltmaterialfixierung	E	E	B	S	S	S	S

**Erläuterungen:** x zu prüfen  
A durch Produkthanforderung abgedeckt  
B Anforderung wird durch Behandlung erreicht  
E Nichteinhaltung der Anforderung wird bei Behandlung entdeckt  
S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt

2) Prüfung kann entfallen, wenn Abfall in Innenbehältern verpackt ist, die mit inaktivem Fixierungsmittel vergossen wurden

**Tabelle 3.4.9: Prüfliste für formstabil fixierte Abfälle, ABK I**



Behandlung:	unbehandelt	geschreddert	verascht	Fässer in Container vergossen	Fass in VBA vergossen	Bitumen	geshr. und Fass in VBA bzw. Cont. vergossen
Anforderung							
Einbindung/Verfestigung							
Metalle							
metallischer Pressling							
Druckfestigkeit							
formstabil kompaktiert							
formstabil fixiert							
thermisch stabil							
Aktivitätsverteilung							
brennbare Abfallstoffe							
Brennbarkeit							
Selbstentzündung	S	I	S	I	I	E	I
fest	<u>x</u>	I	B	I	I	B	I
Ampullen und Gasflaschen	S	I	S	I	I	S	I
freie Flüssigkeit	<u>x</u>	I	Z	I	I	B	I
Gasbildung	x	I	Z	I	I	x	I
Spaltmaterialfixierung	S	I	B	I	I	S	I

Erläuterungen: x zu prüfen  
x bei dichten Behältern kann Prüfung entfallen  
B Anforderung wird durch Behandlung erreicht  
E Nichteinhaltung der Anforderung wird bei Behandlung entdeckt  
I Behandlung für Abfallbehälterklasse oder Abfallproduktgruppe nicht relevant  
S Prüfung kann entfallen, da Schutzziel sichergestellt  
Z zu prüfen, falls Abfall zement-/betonfixiert

**Tabelle 3.4.10: Prüfliste für Abfallproduktgruppe 01...06, ABK II**

Rohabfall: Mischabfall  
 Behandlung: Fässer in Container mit Zement/Beton vergossen  
 Aktivität: ca. 7E+10 Bq Beta-/Gammastrahler

Abfallproduktgruppe Summenkriterium	05 0.01		04 0.03		02 0.2	
	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta
Einbindung/Verfestigung	x					
Metalle						
metallischer Pressling			#	10		
Druckfestigkeit						
formstabil kompaktiert			+	30		
formstabil fixiert						
thermisch stabil						
Aktivitätsverteilung						
brennbare Abfallstoffe						
Brennbarkeit						
Selbstentzündung						
fest						
Ampullen und Gasflaschen						
freie Flüssigkeit						
Gasbildung	x		+		x	

Erläuterungen: x Prüfung erforderlich  
 + Prüfung kann durch die mit # gekennzeichnete Prüfung ersetzt werden  
 # Prüfung kann durch die mit + gekennzeichnete Prüfung ersetzt werden

**Tabelle 3.4.11: Prüfumfang von Mischabfällen in Abhängigkeit von der Einstufung in verschiedene Abfallproduktgruppen mit Berücksichtigung der unterschiedlichen radiologischen Signifikanz**

Rohabfall: Mischabfall  
 Behandlung: verascht  
 Aktivität: ca. 6E+9 Bq Beta-/Gammastrahler

Abfallproduktgruppe Summenkriterium	05 0.001		04 0.003		02 0.02		01 0.8	
	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta
Anforderung								
Einbindung/Verfestigung								
Metalle								
metallischer Pressling			#	10				
Druckfestigkeit	x	> 10						
formstabil kompaktiert			+	> 10				
formstabil fixiert								
thermisch stabil								
Aktivitätsverteilung								
brennbare Abfallstoffe								
Brennbarkeit								
Selbstentzündung								
fest								
Ampullen und Gasflaschen								
freie Flüssigkeit	x				Z		Z	
Gasbildung	x				Z		Z	

Erläuterungen: x Prüfung erforderlich  
 + Prüfung kann durch die mit # gekennzeichnete Prüfung ersetzt werden  
 # Prüfung kann durch die mit + gekennzeichnete Prüfung ersetzt werden  
 Z Prüfung erforderlich, falls mit Zement/Beton fixiert

**Tabelle 3.4.12: Prüfumfang von Mischabfällen in Abhängigkeit von der Einstufung in verschiedene Abfallproduktgruppen mit Berücksichtigung der unterschiedlichen radiologischen Signifikanz**

Rohabfall: Metalle  
 Behandlung: Unbehandelt  
 Aktivität: ca. 9E+11 Bq Beta-/Gammastrahler

Abfallproduktgruppe Summenkriterium	05 0.12		04 0.4		03 0.9	
	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta
Einbindung/Verfestigung	x					
Metalle					x	
metallischer Pressling			x	2		
Druckfestigkeit	x					
formstabil kompaktiert						
formstabil fixiert						
thermisch stabil						
Aktivitätsverteilung	x	8				
brennbare Abfallstoffe						
Brennbarkeit						
Selbstentzündung						
fest						
Ampullen und Gasflaschen					x	
freie Flüssigkeit	x					
Gasbildung	x					

Erläuterungen: x Prüfung erforderlich

**Tabelle 3.4.13: Prüfumfang von Metallen in Abhängigkeit von der Einstufung in verschiedene Abfallproduktgruppen mit Berücksichtigung der unterschiedlichen radiologischen Signifikanz**

Rohabfall: Konzentrate  
 Behandlung: unbehandelt  
 Aktivität: ca. 3E+11 Bq Beta-/Gammastrahler

Abfallproduktgruppe Summenkriterium	06 0.04		04 0.13		02 0.9	
	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta	Prüfung	Delta
Einbindung/Verfestigung						
Metalle						
metallischer Pressling						
Druckfestigkeit	x	> 10				
formstabil kompaktiert			x	7		
formstabil fixiert						
thermisch stabil						
Aktivitätsverteilung						
brennbare Abfallstoffe					x	
Brennbarkeit	x					
Selbstentzündung					x	
fest					x	
Ampullen und Gasflaschen					x	
freie Flüssigkeit			x		x	
Gasbildung			x		x	

Erläuterungen: x Prüfung erforderlich

**Tabelle 3.4.14: Prüfumfang von Konzentraten in Abhängigkeit von der Einstufung in verschiedene Abfallproduktgruppen mit Berücksichtigung der unterschiedlichen radiologischen Signifikanz**

## 3.5 Ermittlung von Kenngrößen und Prüfungen für die Verpackung

### 3.5.1 Ermittlung von Kenngrößen

Für die in Kapitel 3.2.2 dargestellten allgemeinen und klassenspezifischen Anforderungen an Abfallbehälter wird nachfolgend festgelegt, ob es sich z.B. um Dichtheits- oder Integritätsanforderungen handelt und durch welche Kenngröße die Anforderung quantifiziert und überprüft werden kann. In Tabelle 3.5.1 sind die Art der Anforderungen für Behälter und die daraus abgeleiteten Kenngrößen zusammengestellt. Im folgenden wird dargelegt, wie die einzelnen Kenngrößen ermittelt wurden.

#### Offensichtliche mechanische und korrosive Schäden

Die Anforderung, daß Behälter keine offensichtlichen mechanischen und korrosiven Schäden aufweisen dürfen, kommt aus Überlegungen zur sicheren Handhabung von Abfallgebinden im Endlager sowie aus den Analysen zu Störfällen in der Betriebsphase und zum bestimmungsgemäßen Betrieb. Als Folge mechanischer und korrosiver Schäden kann die Festigkeit und Integrität verändert werden. Daher dürfen mechanische und korrosive Schäden zu keiner sichtbaren Abnahme der Behälterwandstärke führen, die die Festigkeit und Integrität der Behälter beeinträchtigen. Die Kenngröße "sichtbare Abnahme der Behälterwandstärke" bezieht sich auf etwaige äußere Beschädigungen des Behälters. Mechanische oder korrosive Schäden an der Innenseite des Behälters werden im Rahmen der Bauartprüfungen bzw. der Verfahrensqualifikation behandelt.

#### Innendruck

Bei der Ablieferung an das Endlager müssen die Behälter weitgehend drucklos sein, d.h. der Innendruck darf 1,2 bar nicht überschreiten. Der Innendruck im Behälter ist somit als Kenngröße zu prüfen.

#### Korrosionsschutz

Behälter aus Stahlblech müssen einen Korrosionsschutz besitzen; andere Behälter aus metallischen Werkstoffen können einen Korrosionsschutz besitzen. Für Behälter mit äußeren mechanischen und korrosiven Schäden gelten die bereits diskutierten Punkte. Für Behälter mit Korrosionsschutz ist im Rahmen der Bauartprüfung zu prüfen, ob der Behälter korrosionsschutz geschützt ausgelegt ist.

Beim Verpacken der radioaktiven Abfälle in Behälter mit korrosionsschutzgeschützter Innenwandung ist darauf zu achten, daß die Korrosionsschutzschicht nicht beschädigt wird. Bei Behältern mit korrosionsschutzgeschützter Innenwandung ist daher die Einbringung der radioaktiven Abfälle im Rahmen der Produktkontrolle zu spezifizieren.

#### Spezifizierte Dichtheit

Für Abfallgebinde, die als Verpackung mit spezifizierter Dichtheit nach /1/ klassifiziert sind, werden in Abhängigkeit von der Art des Abfallproduktes (metallische Feststoffe und sonstige Abfallproduktgruppen) und der flüchtigen Radionuklide (z.B. Tritium, Rn-220) Dichtheitsanforderungen gestellt, die aus Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers resultieren. In /1/ ist die Dichtheitsanforderung spezifiziert durch den maximal zulässigen Durchlässigkeitsfaktor.

Als prüfbare Kenngröße für die Dichtheit des Behälters ist in Tabelle 3.5.1 die Leckrate angegeben, die sich auf den gesamten Behälter bezieht und nicht nur auf das Dichtungssystem. In Abhängigkeit von der Anforderung an einen Behälter mit spezifizierter Dichtheit im bestimmungsgemäßen Betrieb wurden drei Leckraten bestimmt, die in Kapitel 7.1.4.2.4 angegeben werden. Stattdessen kann auch der Nachweis geführt werden, daß die im Rahmen der Sicherheitsanalyse unterstellte Freisetzung flüchtiger Radionuklide nicht überschritten wird.

#### Stapelbarkeit

Die Abfallgebinde sollen im Endlager Konrad in den Einlagerungskammern gestapelt werden. Als Anforderung an die Behälter ist daraus abgeleitet worden, daß die mechanische Festigkeit der Behälter bei der Stapelung gegeben sein muß. Dies ist als Kenngröße durch die Stapelhöhe von 6 m quantifiziert.

Bezüglich Dichtheit nach der Stapelung bestehen lediglich bei den Behältern Anforderungen, die eine spezifizierte Dichtheit im bestimmungsgemäßen Betrieb auch bei einer Stapelhöhe von 6 m einhalten müssen. Anforderungen aufgrund der zusätzlichen Belastung durch das Versatzmaterial werden nicht gestellt, da diese Belastung vernachlässigt werden kann.

#### Mechanische Integrität (I)

Die mechanische Integrität (I) bezieht sich auf Behälter der Abfallbehälterklasse I. Bei einem Störfall während der Einlagerung kann der Behälter durch mechanische und thermische Lasten beaufschlagt werden. Die als Kenngrößen definierten mechanischen und thermischen Schäden infolge der Lastbeaufschlagung des Behälters dürfen die Umschließung des Behälters nicht beeinträchtigen, sofern es sich um brennbare Abfälle handelt und diese einer anderen Abfallproduktgruppe als der APG01 zugeordnet werden. Der Behälter darf zwar durch Risse oder Deformationen beschädigt sein, jedoch darf der Deckel nicht abscheren oder Teile des Abfallproduktes freigelegt werden. Eine Dichtheitsanforderung nach der Lastbeaufschlagung wird nicht gestellt.

#### Integrität von Innenbehältern

Die Integrität von Innenbehältern nach einem mechanischen Störfall wird bei Behältern der Abfallbehälterklasse I gefordert, in denen Abfallprodukte störfallfest verpackt sind, bei denen über die Grundanforderungen hinausgehende Anforderungen an das Abfallprodukt nicht gestellt werden. Bei diesen Abfallgebinden muß gewährleistet sein, daß beim Einsatz von Innenbehältern, in denen pulverförmiger Abfall verpackt sein kann, die Innenbehälter nach einem mechanischen Störfall weitgehend unbeschädigt sind. Das bedeutet, daß die Schäden an den Innenbehältern so gering sein müssen, daß der darin verpackte radioaktive Abfall nicht offengelegt wird und eine direkte Freisetzung von radioaktivem Abfall aus Rissen oder Schäden an der äußeren Verpackung vermieden wird.

Bei Behältern der Abfallbehälterklasse II kann diese Anforderung alternativ zur mechanischen Integrität (II) erfüllt werden, sofern es sich um einen formstabil fixierten radioaktiven Abfall handelt.

#### Erhalt der formstabilen Fixierung

Bei Behältern der Abfallbehälterklasse I, in denen Abfallprodukte störfallfest verpackt sind, muß die formstabile Fixierung des Abfallproduktes nach einem mechanischen Störfall erhalten bleiben. Diese Forderung ist immer dann zu erfüllen, wenn das Abfallprodukt ohne Verwendung von Innenbehältern verpackt wurde oder wenn bei Verwendung von Innenbehältern, die "Integrität der Innenbehälter" nicht gewährleistet werden kann. Es bedeutet, daß die Verpackung die in Unterkapitel 7.1.5.5.3 spezifizierten Lasten so abtragen muß, daß der Charakter des Abfallproduktes weitgehend erhalten bleibt und in geringem Umfang abgeplatzt oder zerstörtes Abfallprodukt nicht direkt aus der Verpackung freigesetzt wird.

#### Mechanische Integrität (II)

Die mechanische Integrität für Behälter der Abfallbehälterklasse II bezieht sich ausschließlich auf mechanische Lastbeaufschlagung der Behälter z. B. durch Fall- oder Kollisionsstörfälle. Im Gegensatz zur mechanischen Integrität (I) hat der Behälter bei nicht formstabil fixierten und in Innenbehältern verpackten Abfällen nach der Lastbeaufschlagung eine Dichtheitsanforderung zu erfüllen. Sie ist durch eine Leckrate  $\leq 10^{-4} \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$  bzw. durch Aktivitätsfreisetzungsraten, die sich aus den in Unterkapitel 7.3.3 angegebenen Freisetzungsraten und den zulässigen Aktivitätsinventaren gemäß /I/ ergeben, spezifiziert.

Die Ableitung der Leckrate beruht auf dem Freisetzungsmodell der Diffusion von Radionukliden und der laminaren Strömung von Gasen durch den Dichtungsbereich. Ein wichtiger Aspekt bei der Freisetzungsbeurteilung ist der Zustand der Elastomerdichtungen, da ihre Funktion durch Alterungsprozesse beeinträchtigt werden kann. Es wird davon ausgegangen, daß Elastomerdichtungen nur dann als voll funktionsfähig anzusehen sind, wenn das Alter  $\leq 3$  Jahre ist. Bei Nachweis der Dichtungswirkung von Elastomerdichtungen  $> 3$  Jahre entfällt die Annahme.

Art der Anforderung	Kenngroßen
Offensichtliche mechanische und korrosive Schäden	Mechanische Schäden, korrosive Schäden, sichtbare Abnahme der Wandstärke
Innendruck	Behälterinnendruck
Korrosionsschutz	Korrosionsgeschützte Auslegung
Spezifizierte Dichtheit	Leckrate, Aktivitätsfreisetzung
Stapelbarkeit	Stapelhöhe
Mechanische Integrität (I)	Mechanische Schäden, thermische Schäden
Mechanische Integrität (II)	Leckrate, Aktivitätsfreisetzung
Wärmeleitfähigkeit und Wandstärke des Behälters (II)	Wärmeleitwiderstand
Dichtheit bei thermischer Beanspruchung (II)	Leckrate, Aktivitätsfreisetzung
Dichtheit bei Innendruck	Leckrate, Behälterinnendruck

**Tabelle 3.5.1:**

**Art der Anforderungen und Kenngroßen für Behälter**



### Wärmeleitfähigkeit und Wandstärke

Bei thermischer Belastung von Abfallgebinden der Abfallbehälterklasse II kann eine Aufheizung des Abfallproduktes und damit eine Radionuklidfreisetzung vermieden werden, indem die Wandung des Behälters auf einen ausreichend hohen Wärmewiderstand ausgelegt ist. Der Wärmeleitwiderstand ergibt sich durch Multiplikation der reziproken Wärmeleitfähigkeit mit der Wandstärke des Behälters oder einer entsprechenden Auskleidung. Für die unterstellten thermischen Belastungen ist zur Sicherstellung des mit dem Begriff Wärmeleitfähigkeit verbundenen Schutzziels zu gewährleisten, daß die Wärmeleitfähigkeit durch eine den Lastannahmen des Stichwortes "mechanische Integrität (I)" entsprechende Belastung nicht beeinträchtigt werden darf. Weiterhin ist sicherzustellen, daß der Wärmeleitwiderstand über eine Stunde bei einer lokalen Temperatureinwirkung bis zu 1100 °C aufrecht erhalten wird. Ersatzweise kann nachgewiesen werden, daß an der Außenseite des Abfallproduktes eine Temperatur von 80 °C nicht überschritten wird.

### Dichtheit bei thermischer Beanspruchung (II)

Die Dichtheit bei thermischer Beanspruchung für Behälter der Abfallbehälterklasse II bezieht sich ausschließlich auf thermische Lastbeaufschlagung der Behälter, die mechanisch unbeschädigt sind und die einen Wärmeleitwiderstand von  $< 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  aufweisen. Die Dichtheit des Behälters ist durch Leckratenmessung vor ( $\leq 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ) und nach dem Brandversuch ( $\leq 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ) und durch Messung des Behälterinnen-druckes während des Brandversuches nachzuweisen.

Alternativ hierzu kann gezeigt werden, daß die sich aus den in Unterkapitel 7.3.3 angegebenen Freisetzungsteilen und den zulässigen Aktivitätsinventaren gemäß /1/ ergebenden Aktivitätsfreisetzungsraten nicht überschritten werden. Für die Ableitung der Leckrate sowie den Zustand der Elastomerdichtungen gilt das bereits bei der mechanischen Integrität (II) Angeführte.

## **3.5.2 Prüfungen für Behälter**

Die in Kapitel 3.5.1 diskutierten und quantifizierten Kenngrößen müssen an den Behältern überprüft werden. Diese Prüfungen werden in Kapitel 7 beschrieben.



## **Kapitel**

### **4. Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Genauigkeit bei der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen**

#### **Unterkapitel**

- 4.1 Anforderungen an die Zuverlässigkeit bei der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen
  - 4.1.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb
  - 4.1.2 Handhabungsstörfälle
  - 4.1.3 Thermische Beeinflussung des Wirtsgesteins
  - 4.1.4 Kritikalitätssicherheit
  - 4.1.5 Aktivitätsinventar am Ende der Betriebsphase
  - 4.1.6 Mehrfache Kontrollmaßnahmen
  - 4.1.7 Gesamtbewertung
  
- 4.2 Behandlung von Ungenauigkeiten
  - 4.2.1 Festlegungen von Randbedingungen
    - 4.2.1.1 Quantifizierung möglicher Abweichungen
    - 4.2.1.2 Bezeichnung von Grenzwerten
    - 4.2.1.3 Angabe von Abfalldaten
    - 4.2.1.4 Festlegung zulässiger Abweichungen
  - 4.2.2 Behandlung von Ungenauigkeiten

## 4. Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Genauigkeit bei der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen

In Kapitel 3 wurden die Anforderungen an Abfallprodukte und Verpackungen erläutert und sicherheitsanalytisch bzw. sachtechnisch begründete, zweckmäßige Kontrollmaßnahmen abgeleitet. Weitere Anforderungen an endzulagernde Abfallgebinde werden durch die Endlagerungsbedingungen festgelegt. Die genannten Unterlagen legen keine Anforderungen an die Zuverlässigkeit oder Genauigkeit fest, mit der die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen im Rahmen der Produktkontrolle nachzuweisen ist. Nachfolgend wird dargestellt, welche radiologischen bzw. thermischen Auswirkungen fehlerhafte Gebinde haben könnten und welche Anforderungen an die Zuverlässigkeit, mit der fehlerhafte Gebinde von der Endlagerung auszuschließen sind, gestellt werden. Weiter wird erläutert, wie Ungenauigkeiten von Ermittlungsergebnissen im Rahmen der Produktkontrolle behandelt werden.

### 4.1 Anforderungen an die Zuverlässigkeit bei der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen

Mit Hilfe von Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers, für Störfälle in der Betriebsphase, für die thermische Belastung des Wirtsgesteins, für die Kritikalitätssicherheit und für das Ende der Betriebsphase wurden Aktivitätsbegrenzungen abgeleitet, die für Einzelgebinde oder für eine Summe von Gebinden gelten. Die Auswirkungen möglicher, im Rahmen der Produktkontrolle unentdeckter Fehler sind deshalb einzeln für die jeweiligen Teile der Sicherheitsanalysen zu betrachten.

Als Fehler werden falsche Angaben zum Aktivitätsinventar bzw. zu sonstigen Eigenschaften der Abfallgebinde unterstellt, die im Rahmen der Produktkontrolle nicht erkannt und korrigiert wurden und die möglicherweise radiologische bzw. thermische Auswirkungen haben könnten.

#### 4.1.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb

Mit Hilfe der Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers Konrad wurden Richtwerte der zulässigen Jahresaktivität für die Einlagerung flüchtiger Radionuklide ermittelt. Über die Annahme, daß 10000 Gebinde pro Jahr in Konrad eingelagert werden, wurden Aktivitätswerte abgeleitet (Garantiewerte), die die Gebinde einhalten sollen. Abfallgebinde mit Aktivitätsinventaren über den Garantiewerten bedürfen vor ihrer Einlagerung einer gesonderten Zustimmung des BfS.

Bei dieser Ausgangssituation sind eventuelle Fehler folgendermaßen zu beurteilen:

- Für Abfallgebinde mit Aktivitätsinventaren in der Nähe der Garantiewerte spielt eine unerkannt gebliebene Überschreitung der Garantiewerte keine Rolle, da davon ausgegangen werden kann, daß entsprechend viele Abfallgebinde eine Unterschreitung der Garantiewerte aufweisen bzw. die Zahl der Überschreitungen so gering ist, daß sie, gemessen am Richtwert der jährlich einlagerbaren Aktivität, nicht ins Gewicht fällt.
- Die Bilanzierung der einzulagernden Aktivitäten erfolgt konservativ, da für Radionuklide, bei denen kein dem Stand der Technik entsprechendes Verfahren zur Ermittlung des Erwartungs- bzw. Mittelwertes verfügbar bzw. zu fordern ist, im Rahmen von oberen Abschätzungen ermittelte Werte angesetzt werden.
- Unentdeckt gebliebene Fehler bei Abfallgebänden mit Aktivitätsinventaren in der Nähe der Jahresgrenzwerte werden, wenn sie trotz eines erhöhten Prüfumfanges nach Kapitel 5.1 auftreten sollten, bei der Betriebsüberwachung (Abgabewerte) entweder festgestellt und lassen sich bewerten oder werden radiologisch nicht festgestellt, da die Güte der Gebindeeigenschaften unterschätzt wurde (keine Überschreitung zulässiger Abgabewerte).

Im Falle einer erhöhten Freisetzung wird diese sich nicht sprunghaft, sondern allmählich bemerkbar machen. Dadurch ist genügend Zeit für Gegenmaßnahmen gegeben. Bei Gefahr der Überschreitung der zulässigen Abgabewerte ist z.B. die Errichtung eines zusätzlichen Kammerabschlußbauwerkes möglich.

- Es ist davon auszugehen, daß ein gewisser Anteil eventuell nicht den Endlagerungsbedingungen entsprechender, eingelagerter Abfallgebinde hinsichtlich ihrer radiologischen Auswirkungen z.B. durch Vernachlässigung von Sorptionseffekten für gasförmige Radionuklide im Kammerabschlußbauwerk oder durch

Vernachlässigung von Rückhaltefunktionen des Versatzmaterials und von Verpackungen abgedeckt wird. Eine Quantifizierung dieses Anteils ist allerdings nicht möglich.

- Die Entdeckung von fehlerhaften, bereits eingelagerten, Gebinden könnte zu einer zeitlich begrenzten Nichtverfügbarkeit der Anlage führen. Es ist davon auszugehen, daß die radiologischen Auswirkungen durch geeignete Gegenmaßnahmen insoweit begrenzt werden können, daß die für den bestimmungsgemäßen Betrieb genehmigten Werte eingehalten werden können.

#### 4.1.2 Handhabungsstörfälle

Als Ergebnis der Störfallanalysen wurden Aktivitätsgrenzwerte für Einzelgebäude bzw. für Transporteinheiten abgeleitet. Von daher könnte im Prinzip das Auftreten eines Fehlers zu unerwünschten Folgeerscheinungen führen. Hierbei sind jedoch folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Die Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad /1/ legen fest, daß die Annahme nicht störfallfest verpackter Abfälle, deren "Störfall"-Summenwert größer als 0,1 ist, auf 1% aller Abfallgebäude beschränkt ist. Bei störfallfest verpackten Abfällen wird durch die Verpackung sichergestellt, daß bei einem nicht durch die Auslegung der Anlage ausgeschlossenen Störfall eine radiologisch relevante Freisetzung radioaktiver Stoffe nicht erfolgt.
- Überschreitungen von Störfallplanungswerten sind nur bei gleichzeitigem Eintritt eines Störfalls und einem Versagen der Kontrollmaßnahmen zu unterstellen. Diese Ereignisse sind voneinander unabhängig. Nach gängiger Praxis ist das Auftreten zweier voneinander unabhängiger Ereignisse bei Störfällen nicht zu unterstellen.
- Aufgrund der Begrenzung der Ortsdosisleistung wird das Aktivitätsinventar der Abfallgebäude in den meisten Fällen auf niedrigere Werte begrenzt, als aufgrund der Störfallgrenzwerte. Die Ortsdosisleistung wird am Endlager an jedem angelieferten Abfallgebäude kontrolliert, so daß in den meisten Fällen nicht erkannte Überschreitungen des Aktivitätsinventars allein aufgrund der Eingangskontrollen am Endlager ausgeschlossen werden können.

Zusätzlich wurden im Rahmen der Systemanalyse Konrad Eintrittshäufigkeiten für Handhabungsstörfälle ermittelt. Aus diesen Untersuchungen kann abgeleitet werden, daß Häufigkeit und Auswirkungen von Unfällen mit einer Überschreitung der Auslegungsgrenzen des Endlagers unter der Annahme, daß 5 % der jährlich eingelagerten Abfallgebäude die Störfallgrenzwerte überschreiten, dem Restrisikobereich zugeordnet werden können.

#### 4.1.3 Thermische Beeinflussung des Wirtsgesteins

Als Folge der vorgenommenen Begrenzung der thermischen Belastung des Wirtsgesteins auf 3 K Temperaturerhöhung am Kammerstoß ergeben sich Aktivitätsbegrenzungen für ein Volumenelement der Einlagerungsstrecke, die auf mittlere Aktivitätswerte pro Gebäude umgerechnet wurden. Bei Berücksichtigung von 3 Stapelabschnitten besteht ein solches Volumenelement aus mindestens 15 Containern Typ V (z.B. mit je 28 200 l-Fässern) oder 117 zylindrischen Behältern. Da die Aktivitätsgrenzwerte von einem Gebäude-Ensemble einzuhalten sind, spielt ein einzelnes Abfallgebäude mit höheren Aktivitäten, das bei der Produktkontrolle nicht entdeckt wird, eine untergeordnete Rolle:

- Durch Betriebskontrollen (Einlagerungsbuchführung und Identifizierung der Gebäude durch Inaugenscheinnahme) werden Einlagerungsfehler vermieden, wenn die durch die Endlagerungsbedingungen festgelegten Aktivitätswerte pro Gebäude von Einzelgebäuden überschritten werden sollten.
- Als Grenzwert für die Temperaturerhöhung am Stoß sind 3K festgelegt worden. Dieser Grenzwert ist konservativ, da diese Temperaturerhöhung gering ist im Vergleich zu den Temperaturänderungen des Gebirges, die sich aufgrund der Bewitterung des Grubengebäudes ergeben.
- Die Begrenzung der thermischen Belastung des Wirtsgesteins hat keine unmittelbare radiologische Bedeutung für das Betriebspersonal der Anlage und die Bevölkerung in der Umgebung.

#### 4.1.4 Kritikalitätssicherheit

Als Ergebnis der Analysen zur Kritikalitätssicherheit sind Spaltstoffbegrenzungen pro Gebinde und pro Volumenelement der Einlagerungsstrecke festgelegt worden. Generell gilt:

- Abfälle, die relevante Mengen an Spaltstoffen enthalten, fallen bei einer genau definierten, überschaubaren Anzahl von Ablieferungspflichtigen an. Für das Abfallspektrum der übrigen Ablieferungspflichtigen gilt, daß in den meisten Fällen die Massen spaltbarer Stoffe pro Abfallgebinde um Größenordnungen unterhalb der zulässigen Werte liegen.
- Abfälle mit höheren Inventaren an Spaltstoffen kommen aus Anlagen, in denen neben der Eigenkontrolle des Anlagenbetreibers eine unabhängige Kontrolle durch IAEA/EURATOM im Rahmen der Spaltstoffflußkontrolle durchgeführt wird.
- Bei Abfallgebinden, die die für die Endlagerung zulässigen Massen an spaltbaren Stoffen weitgehend ausschöpfen, werden bereits von der zuständigen Länderbehörde bei der Erteilung der erforderlichen Genehmigungen zum Umgang mit Kernbrennstoffen Festlegungen getroffen, durch die Kritikalitätsstörfälle in diesen Anlagen vermieden werden.

Zusätzlich wird vom BfS die Einhaltung der für das Endlager relevanten Spaltstoffbegrenzungen im Rahmen der Produktkontrolle überprüft. Dabei werden die nachweisliche Herkunft der Abfälle und, soweit zugänglich, die Ergebnisse der obengenannten Kontrollmaßnahmen berücksichtigt. Wie im Rahmen der Analysen zur Kritikalitätssicherheit gezeigt wurde, müßten zum Erreichen einer kritischen Anordnung bei zementierten Abfällen in Containern die Spaltstoffbegrenzungen bei einem oder gleichzeitig bei mehreren Containern in einem Maße überschritten werden, welches ein Versagen sämtlicher Kontrollmaßnahmen voraussetzen würde. Dies gilt auch für Abfälle in Innenbehältern, die vor ihrer Endlagerung in Container eingebracht und mit Zementstein oder Beton vergossen werden, und für eine möglicherweise ungleichmäßige Verteilung spaltbarer Stoffe in Rundbehältern.

Als Vorgaben für die Produktkontrolle kernbrennstoffhaltiger Abfälle wird das BfS in Anlehnung an DIN 25474 /25/ für die Einhaltung von kritikalitätsrelevanten Grenzwerten und für die Durchführung von wiederkehrenden Prüfungen Festlegungen treffen.

Bei Abfallgebinden, deren Spaltstoffinventar die Hälfte des maximal zulässigen Wertes überschreitet, sind die Spaltstoffmassen zur Einhaltung des Störfallprinzips gemäß DIN 25403, Teil 1 /24/, durch unabhängige Doppelkontrollen festzustellen. Als Bestandteil der Doppelkontrolle können beim Nachweis ausreichender Genauigkeit die Prozeßüberwachung, die Prozeßinstrumentierung sowie die Maßnahmen zur Produktkontrolle einbezogen werden.

Um auch dem hypothetischen Fall einer optimalen Wassermoderation Rechnung zu tragen, wird festgelegt, daß bei Containern, die mehr als 50 g durch thermische Neutronen spaltbare Stoffe enthalten, der auf die Einhaltung der zulässigen Massenkonzentration spaltbarer Stoffe bezogene Nachweis der Kritikalitätssicherheit entweder durch Verwendung von Innenbehältern und Vergießen der Zwischenräume mit Zementstein oder Beton erbracht wird, oder daß bei direkt - ohne Verwendung von Innenbehältern - befüllten Containern vom Ablieferungspflichtigen bzw. Konditionierer im Rahmen der Verfahrensqualifikation nachzuweisen ist, daß

- eine Massenkonzentration dieser spaltbaren Stoffe von 50 g pro 100 l Abfallprodukt aufgrund der Art der Abfälle bzw. aufgrund des angewendeten Konditionierungsverfahrens, auch als Folge von Transport- und Handhabungsvorgängen, im Container nicht überschritten wird, oder daß
- bei in Zementstein oder Beton fixierten Abfällen durch das bei
  - der Verfestigung flüssiger oder flüchtiger Abfälle,
  - der Einbindung fester, nicht formstabiler, Abfälle oder
  - der Verfüllung der Hohlräume beim Vergießen fester, formstabiler Abfälle
 angewendete Verfahren sichergestellt ist, daß eine Entmischung oder Aufkonzentration von Spaltstoffen, beispielsweise durch Ausfällung, ausgeschlossen werden kann, oder daß
- aufgrund der Verpackung der Abfälle in den verwendeten Containern, auch bei Unterstellung einer lokal im

Bereich einer Containerecke erhöhten Spaltstoffkonzentration und bei Unterstellung einer gemeinsamen Stapelung mehrerer derartiger Container, eine kritische Anordnung nicht erreicht werden kann.

Der Nachweis kann in den genannten Fällen durch die

- technische Auslegung der Konditionierungsanlage, durch
- Prozeßüberwachung mittels Prozeßinstrumentierung oder durch
- Durchführung unabhängiger betrieblicher Doppelkontrollen

geführt werden, wobei die Art und Zusammensetzung der Abfälle berücksichtigt werden können.

Zusätzlich ist bei Containern mit einer Spaltstoffmasse von mehr als einem Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse sicherzustellen, daß in jedem beliebig angeordneten kubischen 100-l-Volumen im Abfallgebinde maximal ein Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse des betreffenden Spaltstoffes enthalten ist. Hierbei können herangezogen werden:

- die technische Auslegung des Konditionierungsverfahrens oder
- die Prozeßüberwachung mittels Prozeßinstrumentierung oder
- die mindestens zweimalige Ermittlung der lokalen Spaltstoffverteilung.

Die vom Ablieferungspflichtigen bzw. Konditionierer zusätzlich nachzuweisende Einhaltung der zulässigen Aktivitätswerte für spaltbare Stoffe pro Abfallgebinde bleibt hiervon unberührt.

Bei direkt befüllten Containern aus nicht qualifizierten Verfahren wird das BfS dementsprechend prüfen, inwieweit die o.a. Bedingungen erfüllt werden. Falls als Ergebnis dieser Prüfungen die Einhaltung mindestens einer dieser Bedingungen nachgewiesen wird, ist eine weitergehende Prüfung des BfS auf Einhaltung der zulässigen Massenkonzentration spaltbarer Stoffe nicht erforderlich. Wird bei diesen Prüfungen festgestellt, daß die zulässige Massenkonzentration spaltbarer Stoffe überschritten wird, so werden die festgestellten Abweichungen entsprechend Kapitel 5.2.4.1.2 bewertet.

Neben den in diesem Abschnitt betrachteten spaltbaren Stoffen U-233, U-235, Pu-239 und Pu-241 wurde die Bedeutung höherer spaltbarer Aktiniden für die Kritikalitätssicherheit des geplanten Endlagers Konrad mit dem Ergebnis untersucht, daß

- bei Unterschreitung bestimmter Werte für die Aktivität bzw. Masse dieser Radionuklide die entsprechenden Abfallgebinde aus Sicht der Kritikalitätssicherheit unabhängig von der Aktivität bzw. Masse anderer spaltbarer Stoffe endlagerfähig sind und daß
- diese höheren spaltbaren Aktiniden nur mit vernachlässigbaren Massenanteilen in den Abfällen enthalten sind, so daß im Rahmen der Produktkontrolle lediglich Dokumentationsprüfungen für diese Aktiniden durchgeführt werden, ausgenommen es bestehen konkrete Hinweise auf fehlerhafte Deklarationen.

Falls im Einzelfall eine meßtechnische Überprüfung höherer spaltbarer Aktiniden erforderlich ist, werden die in Unterkapitel 4.2 erläuterten Regelungen zur Behandlung von Ungenauigkeiten mit der Maßgabe angewendet, daß die in /1/ angegebenen zulässigen Aktivitäten bzw. Massen dieser Aktiniden wie die für U-233, U-235, Pu-239 und Pu-241 gültigen Kritikalitätsgrenzwerte behandelt werden.

Bei Überschreitung der zulässigen Massenkonzentration spaltbarer Stoffe oder Überschreitung der zulässigen Massen spaltbarer Stoffe (hier insbesondere höherer spaltbarer Aktiniden) ist eine Einzelfallprüfung (besondere Kritikalitätsrechnung) durch das BfS erforderlich. Das BfS wird die Kriterien für diese Einzelfallprüfungen (z.B. die Rechenverfahren und die zulässigen Multiplikationsfaktoren) spätestens vor Einlagerung derartiger Gebinde festlegen.

#### **4.1.5 Aktivitätsinventar am Ende der Betriebsphase**

Im Rahmen der Sicherheitsanalysen für das Endlager Konrad wurden Radionuklide bzw. Radionuklidgruppen ermittelt, deren Aktivität am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad auf maximal einlagerbare Aktivitäten begrenzt wurde. Wie bei den für den bestimmungsgemäßen Betrieb und die thermische Belastung des Wirtsgesteins relevanten Radionukliden ist aufgrund der zur Einlagerung vorgesehenen Abfallmengen von der

gegenseitigen Ausmittelung unentdeckter Abweichungen von den für das einzelne Abfallgebilde angegebenen Aktivitätswerten auszugehen. Weiter ist zu berücksichtigen, daß für eine potentielle Strahlenexposition in der Nachbetriebsphase nach den Untersuchungen zu den radiologischen Langzeitauswirkungen nur die Radionuklide I-129, Th-232, U-236 und U-238 relevant sind.

Die Aufgabe der Produktkontrolle beschränkt sich daher im Regelfall auf die Überprüfung, ob das vom Abfallverursacher angewendete Verfahren geeignet ist, die im Mittel diesbezüglich zu erwartenden Aktivitäten zu bestimmen oder zumindest eine obere Abschätzung dieser Aktivitäten sicherzustellen.

#### 4.1.6 Mehrfache Kontrollmaßnahmen

Radioaktive Abfälle durchlaufen vor ihrer Endlagerung mehrere unabhängige Kontrollmaßnahmen, durch die unbemerkte Grenzwertüberschreitungen auszuschließen sind. Insbesondere sind hier zu nennen:

- Kontrollmaßnahmen des Abfallverursachers, die im Rahmen von Überwachungsmaßnahmen des betrieblichen Strahlenschutzes oder im Rahmen der behördlich genehmigten Zwischenlagerung von Abfällen durchgeführt werden.
- Kontrollmaßnahmen des Abfallkonditionierers, der mit dem Abfallverursacher identisch sein kann, die im Rahmen der Abfallkonditionierung durchgeführt werden.
- Kontrollmaßnahmen im Rahmen der gesetzlichen Aufsicht der Länder über die kerntechnischen Anlagen, die sich beispielsweise auf die Einhaltung von Grenzwerten für die Zwischenlagerung von Abfällen beziehen.
- Kontrollmaßnahmen des Ablieferers entsprechend den Gefahrgutverordnungen bei der Versendung der Abfallgebilde zum End- oder ggf. zu einem Zwischenlager.
- Vom BfS oder nach Maßgabe des BfS im Rahmen von Stichprobenprüfungen an Abfallgebilden, der Qualifizierung und der nachfolgenden Inspektion von Konditionierungsverfahren durchgeführte Kontrollmaßnahmen.
- Eingangskontrolle der Abfallgebilde am Endlager.
- Überprüfung der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen anhand der Angaben im Abfalldatenblatt am Endlager (Prüfung auf Einhaltung der zulässigen Werte und auf Konsistenz der Angaben).

Bei Abfallgebilden, die die Aktivitätsgrenzwerte nahezu ausschöpfen, wird der Stichprobenumfang/Inspektionsumfang erhöht. Das BfS behält sich vor, in begründeten Fällen auch über den normalen Prüfumfang hinausgehend zu prüfen.

Weiterhin ist darauf zu verweisen, daß die Zuverlässigkeit und Fachkunde verantwortlicher Personen im Rahmen der Aufsicht über kerntechnische Einrichtungen überprüft wird. Bei kampagnenunabhängig qualifizierten Verfahren wird entsprechend Unterkapitel 6.4.1.4 vom BfS die Qualifikation der verantwortlichen Personen zusätzlich geprüft.

#### 4.1.7 Gesamtbewertung

Es ist festzustellen, daß eine Überschreitung von Dosisgrenzwerten der Strahlenschutzverordnung, selbst unter der Annahme, daß Fehler bei der Einlagerung in Kombination mit der Einlagerung nicht endlagergerechter Gebilde auftreten, aufgrund der getroffenen Schadensvorsorgemaßnahmen und genannten Randbedingungen nicht zu erwarten ist. Die aus den Untersuchungen zur Eintrittshäufigkeit von Handhabungsstörfällen zusätzlich ableitbare Forderung, im Rahmen der Stichprobenprüfung für bereits hergestellte endzulagern-de Abfallgebilde nachzuweisen, daß nicht mehr als 5 % der in einem Betriebsjahr eingelagerten Abfallgebilde die Störfallgrenzwerte überschreiten, kann durch die in Kapitel 5 beschriebenen Regelungen zur Freigabe von Prüflosen bei der Stichprobenprüfung erfüllt werden.



## 4.2 Behandlung von Ungenauigkeiten

Quantitative Anforderungen an endzulagernde Abfallgebinde werden durch die Endlagerungsbedingungen festgelegt. Die einzuhaltenden Kenngrößen wurden, soweit notwendig, zusätzlich in Kapitel 3 quantifiziert.

Die vom Ablieferungspflichtigen angegebenen Abfalldaten können z.B. meßtechnisch oder rechnerisch bedingte Ungenauigkeiten enthalten. Soweit es sich hierbei um Kenngrößen handelt, die durch die Endlagerungsbedingungen in Form von Grenzwerten beschränkt werden, wird durch die hier beschriebenen Maßnahmen sichergestellt, daß sowohl betriebliche als auch nachbetriebliche Schutzziele bei der Endlagerung von Abfallgebinden eingehalten werden.

Zu diesen Maßnahmen gehört die Überwachung, daß die Genauigkeit der angewendeten Nachweisverfahren dem jeweiligen Stand der Technik entspricht.

Die Maßnahmen werden so angelegt, daß die Summation des Aktivitätsinventars der Abfallgebinde eines oder mehrerer Stapelabschnitte oder der in einem Einlagerungsjahr endgelagerten Abfallgebinde zu einer Ausmittlung der zusätzlich durch die Störfallgrenzwerte beschränkten Abweichungen führt, die die Sicherheitsbelange voll gewährleistet. Hierzu trägt auch die große Zahl der in einem Einlagerungsjahr endgelagerten Abfallgebinde wesentlich bei.

Radiologische Folgen für Endlagerpersonal oder Umgebung können, wie in Unterkapitel 4.1 erläutert, bei festgestellter erhöhter Radionuklidfreisetzung durch zusätzliche Schutzmaßnahmen ausgeschlossen werden.

Die Sicherheit der Ausmittlung von Einzelabweichungen wird zusätzlich gewährleistet durch die Berücksichtigung möglicher Abweichungen bei der Entscheidung über die Freigabe von Abfallgebinden, vor deren Endlagerung nach /1/ Anhang III die Zustimmung des BfS erforderlich ist.

### 4.2.1 Festlegungen und Randbedingungen

Nachfolgend werden die verwendeten begrifflichen Festlegungen und Randbedingungen erläutert, aus denen Anforderungen an die Genauigkeit der einzuhaltenden Kenngrößen von Abfallgebinden abgeleitet werden.

#### 4.2.1.1 Quantifizierung möglicher Abweichungen

Die Kenngrößen radioaktiver Abfälle können mit unterschiedlichen Nachweisverfahren ermittelt werden. Es ist daher zweckmäßig, verallgemeinerte Begriffe und Definitionen zur Beschreibung möglicher Abweichungen zu verwenden. In Anlehnung an /7/ wird im folgenden als Grenzabweichung die Differenz zwischen dem ermittelten Wert einer Kenngröße und der unteren oder oberen Grenze des Wertebereichs bezeichnet, innerhalb dessen der Wert der Kenngröße erwartet wird. Die untere oder obere Grenze dieses Wertebereichs werden kurz als Prognosegrenzen bezeichnet.

Falls die möglichen Abweichungen von dem ermittelten Wert der Kenngröße als zufällig anzusehen sind und ihre Verteilungsfunktion - zumindest näherungsweise - bekannt ist, wird für die Abschätzung der Prognosegrenzen in Anlehnung an /8/ ein "Vertrauensniveau" von 95 % angesetzt, d.h. es wird gefordert, daß weniger als 5 % der möglichen Werte die diesbezüglich relevante Prognosegrenze überschreiten. In den anderen Fällen werden für die untere oder obere Grenze Werte angesetzt, für die erwartet wird, daß sie nicht überschritten werden.

#### 4.2.1.2 Bezeichnung von Grenzwerten

Zur Abkürzung werden die folgenden Bezeichnungen für Grenzwerte verwendet:

- Obere oder untere Grenzwerte, die für Einzelgebinde gelten, werden als gebindespezifische Grenzwerte bezeichnet.
- Grenzwerte, die für eine gewisse Anzahl von Gebinden gelten, beispielsweise für die Summe der Einzelaktivitäten, werden als Summationsgrenzwerte bezeichnet.

- Die aus den sicherheitsanalytischen Untersuchungen zu unterstellten Störfällen und zur Kritikalitätssicherheit abgeleiteten Grenzwerte für das Aktivitätsinventar von Einzelbinden oder von Transporteinheiten oder für die Masse an spaltbaren Stoffen im Querschnitt einer Einlagerungskammer /1/ werden als Störfall- bzw. Kritikalitätsgrenzwerte bezeichnet. Diese Grenzwerte werden durch Summenkriterien festgelegt.

#### 4.2.1.3 Angabe von Abfalldaten

Die zur Beschreibung der Abfallgebinde erforderlichen Abfalldaten sind vom Ablieferungspflichtigen in das in /1/ enthaltene Abfalldatenblatt einzutragen. In der Regel sollen die vom Ablieferungspflichtigen ermittelten Abfalldaten dem tatsächlichen Wert der betreffenden Kenngrößen so genau wie möglich und erforderlich entsprechen. Zulässig ist auch die Angabe von Mittel- oder Erwartungswerten, von Höchst- oder Mindestwerten oder von Prognosegrenzen. Insbesondere ist bei Unterschreitung der Deklarationsgrenzen der Aktivität die Angabe der Deklarationsgrenze im Sinne eines Höchstwertes oder einer oberen Prognosegrenze zulässig.

#### 4.2.1.4 Festlegung zulässiger Abweichungen

Es wird festgelegt, daß die für Einzelgebinde oder Transporteinheiten gültigen Störfall- bzw. Kritikalitätsgrenzwerte aufgrund der Ungenauigkeit des vom Ablieferungspflichtigen angewendeten Nachweisverfahrens um nicht mehr als 10% überschritten werden dürfen. Eine darüber hinausgehende Beschränkung für Abweichungen von den für den Querschnitt einer Einlagerungskammer abgeleiteten Kritikalitätsgrenzwerten nach /20/, Tabelle 17, ist aus den folgenden Gründen nicht erforderlich:

- Die im Querschnitt einer Einlagerungskammer zulässigen Massen an spaltbaren Stoffen nach /20/, Tabelle 17, sind wesentlich größer als die möglichen Abweichungen, die sich bei der Anwendung von Nachweisverfahren ergeben, die nach dem Kenntnisstand des BfS dem jeweiligen Stand der Technik entsprechen. Die Genauigkeit der angewendeten Nachweisverfahren wird allerdings erst bei der Durchführung der Produktkontrolle ermittelt. Zusätzlich ist die gegenseitige Ausmittlung von Abweichungen bei der gemeinsamen Stapelung von spaltstoffhaltigen Abfallgebänden zu berücksichtigen. Unbemerkte nennenswerte Überschreitungen des Spaltstoffinventars in Abfallgebänden sind aufgrund der Maßnahmen zur Spaltstoffflußkontrolle auszuschließen.
- Durch die Konservativität der Betrachtungen zur Kritikalitätssicherheit in der Nachbetriebsphase werden Überschreitungen der zulässigen Massen an spaltbaren Stoffen abgedeckt. Eine Quantifizierung ist allerdings nicht möglich.

Bei Abfallgebänden, vor deren Endlagerung die Zustimmung des BfS erforderlich ist, entscheidet das BfS unter Berücksichtigung der möglichen Abweichungen der Aktivitätsangaben über die Freigabe zur Endlagerung. Diese Freigabe setzt voraus, daß das Aktivitätsinventar der jährlich, in einem Stapelabschnitt oder in drei Stapelabschnitten endgelagerten Abfallgebinde die zugehörigen Summationsgrenzwerte der Endlagerungsbedingungen einhält. Eine über die o.a. Regelungen hinausgehende Festlegung maximal zulässiger Abweichungen ist aus den folgenden Gründen nicht notwendig:

- Durch das beschriebene Vorgehen wird sichergestellt, daß die Genauigkeit der Aktivitätsangaben dem Stand der Technik entspricht.
- Die Summation über das Aktivitätsinventar der Abfallgebinde eines oder mehrerer Stapelabschnitte führt zur Ausmittlung der Abweichungen. Diese Abweichungen werden zusätzlich durch die Störfallgrenzwerte und durch die nuklidspezifische Aktivität der Abfälle beschränkt, die für die Endlagerung im Endlager Konrad vorgesehen sind.
- Die Summation über das Aktivitätsinventar der in einem Einlagerungsjahr endgelagerten Abfallgebinde führt aufgrund ihrer großen Anzahl zur Ausmittlung der Abweichungen der jeweiligen Aktivitätsangaben. Zusätzlich können bei einer eventuell festgestellten erhöhten Radionuklidfreisetzung geeignete Maßnahmen durchgeführt werden, die radiologische Folgen für das Endlagerpersonal oder die Umgebung ausschließen.
- Durch die Berücksichtigung möglicher Abweichungen bei der Überschreitung der Garantiewerte und der Summenwerte der Wärme und durch die ebenfalls erforderliche Zustimmung des BfS zur Endlagerung derartiger Abfallgebinde wird zusätzlich sichergestellt, daß Überschreitungen von Summationsgrenzwerten durch Ausmittlung verhindert werden.

Entscheidungskriterien für die Zulässigkeit von Abweichungen bei den übrigen Kenngrößen ergeben sich aus den Prüftabellen in Kapitel 3. Beispielsweise ist bei Nichtausschöpfung der Störfallgrenzwerte des Aktivitätsinventars zu berücksichtigen, daß gemäß den Tabellen 3.4.11 bis 3.4.14 in Kapitel 3 größere Aktivitätsanteile zulässig sind, für die die Charakteristika der jeweiligen Abfallproduktgruppe nicht erfüllt werden. Bei Abfallfässern, die in Betonbehältern oder Containern mit inaktivem Zement vergossen werden, werden die sicherheitstechnisch abgeleiteten Anforderungen für bestimmte Kenngrößen bereits durch die Verpackung erfüllt. Für eine vollständige Darstellung wird auf Kapitel 3 bzw. 5.2 verwiesen.

Falls die genannten Begrenzungen aus technischen Gründen ausgeschöpft werden sollen, ist eine durch zufällige oder unbekannt systematische Abweichungen bedingte Über- oder Unterschreitung der genannten Begrenzungen um maximal 20% zulässig.

## 4.2.2 Behandlung von Ungenauigkeiten

Die Genauigkeit der vom Ablieferungspflichtigen angewendeten Nachweisverfahren wird vom BfS bei der Stichprobenprüfung von Abfallgebinden aus nicht qualifizierten Konditionierungsverfahren anhand der Dokumentationen des Ablieferungspflichtigen beurteilt. Im Zusammenhang mit der Festlegung des Stichprobenumfangs nach Kapitel 5.1, bei der primär der Absicherungs- und Detaillierungsgrad der Dokumentation berücksichtigt wird, beurteilt das BfS auch, ob die Genauigkeit der vom Ablieferungspflichtigen angewendeten

Meß-, Rechen- oder Schätzverfahren zum Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen ausreichend ist.

Darüber hinaus überprüft das BfS die vom Ablieferungspflichtigen angegebenen Abfalldaten durch eigene oder von ihm veranlaßte Prüfungen im Rahmen der Stichprobenprüfung, deren Ergebnisse ebenfalls mit Ungenauigkeiten behaftet sind. Dies gilt auch für die im Rahmen der Verfahrensqualifikation und nachfolgenden Inspektion von Konditionierungsanlagen durchgeführten bzw. veranlaßten Maßnahmen des BfS. Im folgenden Text wird daher neben der Bewertung der Genauigkeit der Angaben des Ablieferungspflichtigen auch die gemeinsame Bewertung der genannten Genauigkeiten dargestellt.

Ungenauigkeiten der Werte der Kenngrößen von Abfallgebinden werden unter Berücksichtigung der im vorigen Abschnitt genannten Randbedingungen und unter Verwendung der festgelegten Begriffe und Kurzbezeichnungen wie folgt behandelt:

- Meß-, Rechen- oder Schätzverfahren werden als Nachweis des Ablieferungspflichtigen anerkannt, falls sie, soweit erforderlich, dem jeweiligen Stand der Technik entsprechen. Schätzverfahren können, entsprechend dem jeweiligen Stand der Technik, insbesondere zur Abschätzung der Aktivität bei Abfällen mit geringer radiologischer Relevanz oder bei Radionukliden mit Aktivitäten unterhalb oder im Bereich der Deklarationsgrenzen angewendet werden. Ebenfalls anerkannt werden Schätzverfahren im Sinne statistischer Schätzungen, bei denen die anzugebenden Kenngrößen auf der Grundlage vorhandener Kenntnisse und Erfahrungen aus den Eigenschaften der Rohabfälle, den Betriebsbedingungen der angewendeten Konditionierungsverfahren bzw. den Eigenschaften der Abfallgebände abgeleitet werden.

Bekannte, nicht vernachlässigbare, systematische Abweichungen der angewendeten Nachweisverfahren sind zu korrigieren. Die verbleibenden möglichen Abweichungen können gemäß /8/ in unbekannt systematische und in zufällige Abweichungen unterteilt werden. Unbekannte systematische Abweichungen werden nachfolgend auch kurz als systematische Abweichungen bezeichnet, da die Korrektur bekannter systematischer Abweichungen vorausgesetzt wird.

- Für Gebinde aus qualifizierten Konditionierungsverfahren wird die Genauigkeit der angewendeten Nachweisverfahren bei der Verfahrensqualifikation ermittelt und bei den nachfolgenden Inspektionen des Konditionierungsverfahrens überprüft. Die diesbezüglichen Prüf- und Kontrollmaßnahmen werden so festgelegt, daß durch Abweichungen bedingte Über- oder Unterschreitungen der zugehörigen Begrenzungen im Rahmen der in Abschnitt 4.2.1.4 getroffenen Festlegungen ausgeschlossen werden. Bei der Durchführung von Stichprobenprüfungen wird die Genauigkeit des vom Ablieferungspflichtigen angewendeten Nachweisverfahrens auf der Grundlage der von ihm vorgelegten Dokumentationen und ggf. aufgrund zusätzlich beim BfS vorhandener Kenntnisse und Erfahrungen abgeschätzt bzw. abgeleitet.

- Bei Angaben zum Aktivitätsinventar beurteilt das BfS zusätzlich, ob radiologisch wirksame Überschreitungen der Störfall- oder Kritikalitätsgrenzwerte auszuschließen sind.

Es wird festgelegt, daß die für Einzelbinde oder Transporteinheiten gültigen Störfall- bzw. Kritikalitätsgrenzwerte der Aktivität aufgrund systematischer Abweichungen der angewendeten Nachweisverfahren (z.B. durch "Fehler" der Meßeinrichtungen /8/) um maximal 10% überschritten werden dürfen. Falls die Grenzabweichung der Aktivitätsbestimmung vorwiegend durch zufällige Abweichungen bestimmt wird (z.B. durch die "Streuung" der Meßwerte bei der Untersuchung von Abfallproben aus heterogenen Abfallströmen), wird festgelegt, daß maximal 5% der Aktivitätswerte der zugehörigen Verteilungsfunktion die genannten Grenzwerte um mehr als 10% überschreiten dürfen (Festlegung eines Höchstquantils nach /7/). Die Ausschöpfung dieser Grenzwerte setzt demnach voraus, daß eine obere Abschätzung für die systematischen Abweichungen oder eine bekannte Verteilungsfunktion für die zufälligen Abweichungen vorliegt. Falls die Grenzabweichung der Aktivitätswerte in vergleichbarem Umfang durch systematische und zufällige Komponenten bestimmt wird, wird das o.g. Höchstquantil um den Wert der systematischen Komponente vermindert. Falls vorausgesetzt werden kann, daß die Zufallskomponente näherungsweise normal verteilt ist, darf die Grenzabweichung des Nachweisverfahrens auch durch quadratische Addition der systematischen und zufälligen Komponenten bestimmt werden /8/. Für diesen Fall wird festgelegt, daß die Störfall- und Kritikalitätsgrenzwerte der Aktivität aufgrund der so ermittelten Grenzabweichung des Nachweisverfahrens um maximal 10% überschritten werden dürfen.

Da nach heutigem Stand die Anzahl der Abfallbinde, die die Störfallgrenzwerte annähernd ausschöpfen, klein gegen die Anzahl der insgesamt im Endlager Konrad endzulagernden Abfallbinde ist, kann das BfS im Rahmen der Stichprobenprüfung von Abfallbinden auf die obengenannten strengeren Nachweisforderungen verzichten.

- Falls bei bestimmten Abfallströmen Verteilungsfunktionen für bestimmte Kenngrößen der Abfallbinde bekannt sind, ist auch der Nachweis zulässig, daß 95% der Werte der Verteilung die zugehörigen Begrenzungen einhalten. Dieser Nachweis kann auch für die Einhaltung von Summationsgrenzwerten geführt werden.
- Bei Angaben zum Aktivitätsinventar der Abfallbinde beurteilt das BfS zusätzlich, ob eine Endlagerung im Endlager Konrad grundsätzlich möglich ist, oder ob die durch die Endlagerungsbedingungen festgelegten Summationsgrenzwerte bereits von Einzelbinden überschritten werden.
- Zusätzlich kontrolliert das BfS die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch eigene oder von ihm veranlaßte unabhängige Prüfungen im Rahmen der Stichprobenprüfung oder der Verfahrensqualifikation und nachfolgenden Inspektion von Konditionierungsanlagen. Die Angaben des Ablieferungspflichtigen werden anerkannt, falls sie unter Berücksichtigung der Ungenauigkeit der vom Ablieferungspflichtigen und der unabhängig von ihm angewendeten, u.U. unterschiedlichen Nachweisverfahren bestätigt werden. Über die Notwendigkeit von Nachprüfungen bzw. Korrekturen wird im Rahmen der folgenden Fallunterscheidungen entschieden:
  - Die Genauigkeit des unabhängig angewendeten Nachweisverfahrens ist wesentlich größer als die Genauigkeit des vom Ablieferungspflichtigen angewendeten Nachweisverfahrens. Der vom Ablieferungspflichtigen angegebene Wert wird bestätigt, falls der Betrag der Abweichung zwischen den ermittelten Werten geringer ist als die für das Nachweisverfahren des Ablieferungspflichtigen abgeleitete oder abgeschätzte Grenzabweichung dieses Wertes.
  - Die Genauigkeit der angewendeten Nachweisverfahren ist näherungsweise gleich. Der vom Ablieferungspflichtigen angegebene Wert wird bestätigt, falls der ermittelte Betrag der Abweichung geringer als die positive Wurzel aus der Summe der Quadrate beider Grenzabweichungen ist.
  - Die Genauigkeit eines mit vertretbarem Aufwand unabhängig anwendbaren Nachweisverfahrens ist erheblich kleiner als die Genauigkeit des vom Ablieferungspflichtigen angewendeten Nachweisverfahrens. Der vom Ablieferungspflichtigen angegebene Wert wird bestätigt, falls der ermittelte Abweichungsbetrag geringer als die Grenzabweichung des unabhängig ermittelten Wertes ist.
  - Falls lediglich die Einhaltung eines oberen Grenzwertes zu beurteilen ist, darf der unabhängig ermittelte Wert diesen oberen Grenzwert maximal um die Grenzabweichung dieses Wertes übersteigen. Für die Beurteilung, ob ein unterer Grenzwert eingehalten wird, gilt entsprechend, daß der unabhängig

ermittelte Wert diesen unteren Grenzwert maximal um die Grenzabweichung dieses Wertes unterschreiten darf.

- Falls das unabhängig angewendete Prüfverfahren aufgrund seiner Ungenauigkeit für bestimmte Kenngrößen keine definitive Aussage über die Einhaltung der Grenz- oder Garantiewerte der Endlagerungsbedingungen erlaubt, behält das BfS sich vor, die Gebinde der betreffenden Ablieferungspflichtigen erst dann zur Endlagerung freizugeben, wenn hinreichende Prüferfahrungen vorliegen oder ggf. zusätzliche Untersuchungen eine verlässliche Aussage ermöglichen. Ein derartiges Vorgehen ist nur dann notwendig, wenn die durch die Endlagerungsbedingungen vorgegebenen Grenzwerte ausgeschöpft werden.
- Falls eine Korrektur der Abfalldaten aufgrund der Prüfergebnisse erforderlich ist, sind die unter den o.a. Spiegelstrichen dieses Abschnitts beschriebenen, von der Korrektur betroffenen Beurteilungen erneut vorzunehmen.
- Die überprüften und ggf. korrigierten Abfalldaten bilden die Grundlage für die nachfolgende Fehlerbewertung entsprechend Kapitel 5.2 und die spätere Bilanzierung der Abfalldaten bei der Planung von Einlagerungskampagnen bzw. bei der Einlagerung der Abfallgebände.



## Kapitel

### **5. Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch Stichprobenprüfungen**

#### Unterkapitel

- 5.1 Stichprobensystem zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle
  - 5.1.1 Auswahl und Festlegung eines geeigneten Stichprobensystems
  - 5.1.2 Dokumentationen der Ablieferungspflichtigen
  - 5.1.3 Bildung und Unterstruktur von Prüflosen
  - 5.1.4 Abstufung des Stichprobenumfangs
  - 5.1.5 Quantifizierung des Stichprobenumfangs
  - 5.1.6 Stichprobenanweisung und Freigabe von Prüflosen
  - 5.1.7 Statistische Bewertung der Prüfergebnisse und Einhaltung zulässiger Fehlerquoten
  
- 5.2 Durchführung von Stichprobenprüfungen
  - 5.2.1 Kenngrößen für Abfallprodukte bei Stichprobenprüfungen
  - 5.2.2 Prüfkriterien für konditionierte Abfälle
    - 5.2.2.1 Überprüfung der Grundanforderungen an Abfallprodukte
    - 5.2.2.2 Überprüfung zusätzlicher Anforderungen an Abfallprodukte (APG 02...06 und formstabil fixierte Abfälle der ABK I und II)
    - 5.2.2.3 Überprüfung der Gesamtaktivität und der Aktivität relevanter Radionuklide
    - 5.2.2.4 Überprüfung sonstiger Anforderungen
  - 5.2.3 Festlegung des Prüfumfanges für konditionierte Abfälle
  - 5.2.4 Bewertungskriterien für fehlerhafte Abfallgebände
    - 5.2.4.1 Fehlerhafte Angaben zum Aktivitätsinventar von Abfallgebänden
    - 5.2.4.2 Fehlerhafte Angaben zu Abfallprodukt- bzw. Behältereigenschaften
    - 5.2.4.3 Sonstige Abweichungen von den Endlagerungsbedingungen

## 5. Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch Stichprobenprüfungen

Abfallgebinde aus nicht qualifizierten Verfahren werden vom BfS nach ihrer Herstellung auf Einhaltung der Endlagerungsbedingungen kontrolliert. Aus prüftechnischen Gründen werden dabei Abfallfässer nach Möglichkeit vor ihrer endgültigen Einbringung in Container geprüft. Abfälle, die ohne Verwendung von Fässern als Innenbehälter in Container eingebracht werden, sollen nach Möglichkeit ausschließlich unter Anwendung qualifizierter Verfahren (s. Kapitel 6) konditioniert werden.

Art und Umfang der Kontrollmaßnahmen richten sich danach, inwieweit aus den vom Ablieferungspflichtigen vorgelegten Dokumentationen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen hervorgeht. Falls erforderlich, werden Stichprobenprüfungen an den Abfallgebinden bzw. Abfallfässern<sup>1)</sup> durchgeführt. Hierzu werden Prüflose aus Abfallchargen unter Berücksichtigung der Herkunft der Abfälle, der Abfallart und der angewendeten Konditionierungsverfahren zusammengestellt. Der relative Stichprobenumfang richtet sich nach der Losgröße, die unter anderem von der radionuklidspezifischen Aktivität der Abfallgebinde abhängt. Die Auswahl der Abfallgebinde einer Stichprobe erfolgt nach statistischen Verfahren bzw. aufgrund der Ergebnisse der Inaugenscheinnahme der Abfallgebinde im Abfallager. Das für die Endlagerung radioaktiver Abfälle im Endlager Konrad entwickelte Stichprobensystem wird in Kapitel 5.1 erläutert.

An den Abfallgebinden einer Stichprobe werden, soweit notwendig, verschiedene Prüfmethode angewendet, wobei jeweils die Methode eingesetzt wird, die den geringsten Aufwand zur Erreichung des Prüfzieles erfordert. Es wird zwischen zerstörungsfreien und zerstörenden Prüfungen unterschieden, bei letzteren sind vor der Endlagerung zusätzliche Konditionierungsmaßnahmen durchzuführen. Die technische Durchführung der Prüfungen wird in Kapitel 5.2 beschrieben.

### 5.1 Stichprobensystem zur Produktkontrolle radioaktiver Abfälle

Die Qualitätsprüfung durch Stichprobenprüfungen ist ein in der Industrie bewährtes und für gleichartig gefertigte Massenprodukte häufig angewandtes Verfahren. In der Regel wird durch Vorgabe eines Stichprobenplanes ein maximaler Anteil fehlerhafter Einheiten festgelegt, bei dessen Einhaltung das Stichprobenverfahren bei der Mehrzahl der Prüflose zu deren Annahme führt. Im Falle der radioaktiven Abfälle liegen keineswegs gleichartig gefertigte Massenprodukte vor. Eine sicherheitsanalytisch begründete Festlegung maximaler Fehlerquoten ist nur teilweise möglich, so daß ein abweichendes Vorgehen notwendig und zweckmäßig ist.

#### 5.1.1 Auswahl und Festlegung eines geeigneten Stichprobensystems

Bei der Auswahl bzw. Festlegung eines geeigneten Stichprobensystems ergab sich, daß übliche Stichprobensysteme nicht sinnvoll anwendbar sind, da sie rein statistisch arbeiten und da bei diesen Systemen Stichprobenumfang und Stichprobenanweisungen auf der Grundlage zuvor vereinbarter zulässiger Fehlerquoten festgelegt werden. Gegen eine Anwendung üblicher Stichprobensysteme ist weiter anzuführen, daß weder die Berücksichtigung von Informationen über die zu erwartende Qualität des zu prüfenden Loses noch die als wesentlich anzusehende gezielte Suche nach fehlerhaften Gebinden. Es erwies sich, daß bei einem streng mathematisch begründeten Vorgehen ein insbesondere aus Strahlenschutzgründen nicht vertretbarer Prüfumfang resultiert, während bei Berücksichtigung zusätzlichen technischen Wissens statistisch begründete Aussagen über den Fehleranteil in der geprüften Gesamtmenge nur unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen möglich sind.

Aus den genannten Gründen wurde das nachfolgend beschriebene Stichprobensystem mit der Zielsetzung entwickelt, bei vertretbarem Prüfumfang möglichst diejenigen Abfallgebinde, die die Endlagerungsbedingungen nicht erfüllen, zu entdecken und von der Endlagerung auszuschließen. Dabei erfolgt keine rein statistische Auswahl der Stichproben aus der Gesamtheit der Abfallgebinde. Vielmehr wird gezielt nach möglicherweise fehlerhaften Gebinden gesucht. Hierzu werden die über die Dokumentation bereitgestellten Informationen zu den einzelnen Abfallgebinden ausgewertet, Prüferfahrungen von anderen Stichprobenprüfungen und auch visuelle Kontrollen berücksichtigt. Dieses Stichprobensystem kann kurz wie folgt umrissen werden:

-----

<sup>1)</sup> Bei der Beschreibung der Stichprobenprüfungen wird nachfolgend nicht zwischen Abfallfässern und Abfallgebinden unterschieden. Soweit Abfallfässer der Stichprobenprüfung unterworfen werden, wird ihre vorgesehene Einbringung in Container bei der Bewertung der Prüfergebnisse berücksichtigt.



I. Ausgangspunkt für die Stichprobenprüfung von Abfallgebinden aus nicht qualifizierten Konditionierungsverfahren sind die Dokumentationen des Ablieferungspflichtigen/Konditionierers. Aufgrund der vorgelegten Dokumentationen werden die zu beurteilenden Abfallgebinde nach folgender Rangordnung von Kriterien zu einem hinreichend großen Prüflös zusammengefaßt:

1. Gleiche Konditionierungscharge
2. Gleichartige Konditionierungschargen
3. Gleiche Rohabfall- und Konditionierungsart bei Behältern der Abfallbehälterklasse I, gleiche Rohabfallart und Verpackung bei Behältern der Abfallbehälterklasse II.
4. Gleicher Abfallkonditionierer
5. Gleicher Abfallverursacher
6. Näherungsweise gleicher Prüfumfang

Ein Prüflös ist hinreichend groß, falls sein Umfang größer als der Reziprokwert des zugehörigen relativen Stichprobenumfanges ist<sup>\*)</sup>. Nach obiger Rangordnung werden die im Rahmen einer Konditionierungskampagne hergestellten Abfallgebinde zu einem Prüflös zusammengefaßt. Es ist aber auch möglich, aus den Abfallgebinden mehrerer gleichartiger Konditionierungschargen oder aus Gebinden der gleichen Rohabfall- und Konditionierungsart Prüflöse zusammenzustellen (usw.).

Für die Zusammenfassung von Abfallgebinden zu einem Prüflös existieren demnach zwei wesentliche Randbedingungen:

- Es wird ein möglichst großer Übereinstimmungs- oder Korrelationsgrad der zu erwartenden endlagerrelevanten Eigenschaften der Abfallgebinde im Prüflös gefordert.
- Die Anzahl der zu einem Prüflös zusammengefaßten Abfallgebinde muß hinreichend groß sein, damit die Stichprobe bei gegebenem relativen Stichprobenumfang wenigstens ein Abfallgebinde enthält.

II. Zur Festlegung des Stichprobenumfanges werden die zu einem Prüflös zusammengefaßten Abfallgebinde entsprechend den folgenden Kriterien bewertet:

1. Radiologische Relevanz.
2. Absicherungsgrad der Dokumentation.
3. Nachqualifizierung des angewendeten Konditionierungsverfahrens.
4. Gleichheit der zu einem Prüflös zusammengefaßten Abfallgebinde.
5. Prüfergebnisse vorheriger Stichprobenprüfungen oder ersatzweise Beurteilung, ob die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen für den jeweiligen Abfallstrom erwartet werden kann.

Der Stichprobenumfang wird, ausgehend von einem relativen Stichprobenumfang von 3%, über Ab- oder Zuschlagsfaktoren errechnet, die aus den genannten Bewertungskriterien resultieren. Sämtliche Prüflöse mit gleichem Stichprobenumfang werden einer bestimmten Prüfklasse zugeordnet. Eine Prüfklasse wird demzufolge aus Prüflösen annähernd gleicher Größe gebildet, aus denen jeweils mindestens ein Gebinde entnommen und geprüft wird.

---

<sup>\*)</sup> Der absolute Stichprobenumfang ist demnach im Regelfall 1, d. h. es wird jeweils ein Gebinde eines Prüflöses prüftechnisch auf Einhaltung der Endlagerungsbedingungen kontrolliert. Im folgenden wird der relative Stichprobenumfang auch kurz als Stichprobenumfang bezeichnet, soweit Verwechslungen nicht zu befürchten sind.

- III. Für jedes Einlagerungsjahr und jede Prüfklasse wird aus den Ergebnissen der Stichprobenprüfung unter Anwendung von Rechenverfahren der mathematischen Statistik sowohl
- der zu erwartende Anteil wie auch
  - der maximal zu erwartende Anteil

wesentlich fehlerhafter Gebinde bestimmt. Der in der Gesamtheit der jährlich eingelagerten Gebinde maximal zu erwartende Fehleranteil wird unter Einbeziehung der mit qualifizierten Verfahren hergestellten Gebinde nach einem Fehlerfortpflanzungsgesetz errechnet. Die Gebinde werden zum Abruf freigegeben, falls der maximal zu erwartende Anteil wesentlich fehlerhafter Abfallgebinde so gering ist, daß eine Überschreitung der Störfallplanungswerte vermieden wird. Mit qualifizierten Verfahren hergestellte Abfallgebände werden bei positivem Inspektionsergebnis als nicht mit wesentlichen Fehlern behaftet eingestuft.

- IV. Ein wesentlicher Bestandteil des Stichprobensystems ist seine von konventionellen Systemen abweichende Stichprobenanweisung. Falls bei einer Prüfung ein Abfallgebände mit wesentlichen Fehlern gefunden wird, ist
- das betreffende Gebinde nachzukonditionieren und
  - die zugehörige Abfallcharge zu identifizieren und gesondert zu prüfen oder, falls das Gebinde einer bestimmten Abfallcharge nicht zugeordnet werden kann,
  - die Stichprobenprüfung einmalig zu wiederholen.

### 5.1.2 Dokumentationen der Ablieferungspflichtigen

Anforderungen an die Dokumentation endzulagernder Abfallgebände werden durch das Abfalldatenblatt festgelegt, welches Bestandteil der Endlagerungsbedingungen ist. Eine eventuell notwendige Ergänzung fehlender Angaben fällt in den Verantwortungsbereich des Ablieferers. Das für die Erstellung der Dokumentationen verantwortliche Personal hat nach dem Atomgesetz seine Zuverlässigkeit und Fachkunde nachzuweisen. Die Dokumentationen werden daher als hinreichend zuverlässig und richtig angesehen, um die Zusammenfassung von Abfallgebänden zu Prüflosen unterschiedlicher Größe zu begründen. Falls aufgrund der vorgelegten Dokumentationen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen nicht beurteilt werden kann, sind vom Ablieferungspflichtigen bzw. Konditionierer die Ergebnisse von

- Prüfungen am Rohabfall bzw. Abfallgebände oder
- Eignungsuntersuchungen am Rohabfall bzw. Konditionierungsverfahren

zu ergänzen, so daß entsprechend der Nachweispflicht des Ablieferers Angaben über die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen für alle endzulagernden Abfallgebände vorliegen.

Das Abfalldatenblatt enthält insbesondere die für die Zusammenfassung von Abfallgebänden zu Prüflosen und für die Festlegung des Stichprobenumfangs notwendigen grundlegenden Informationen. Falls der Ablieferungspflichtige oder Konditionierer die Angaben des Abfalldatenblattes zusätzlich durch weitergehende Informationen oder Unterlagen belegt, kann der Prüfumfang in der Regel nach den nachfolgend erläuterten Kriterien für die Zusammenfassung von Abfallgebänden zu Prüflosen und für die Festlegung des relativen Stichprobenumfangs vermindert werden.

Die Dokumentationen der Ablieferungspflichtigen/Konditionierer sind also eine notwendige Voraussetzung für die Anwendung des für die Prüfung von Abfallgebänden entwickelten Stichprobensystems und die Überprüfung der Dokumentationen ist ein wesentlicher Bestandteil der Kontrolle. Insbesondere ermöglichen diese Dokumentationen gezielte Kontrollmaßnahmen, falls fehlerhafte Gebinde festgestellt werden, indem von den Prüfergebnissen an kontrollierten Abfallgebänden auf andere gleichartige, nicht kontrollierte Gebinde geschlossen wird.

### 5.1.3 Bildung und Unterstruktur von Prüflosen

Nach Überprüfung der Dokumentationen werden anhand dieser die radioaktiven Abfallgebinde in einzelne Prüflose aufgeteilt. Die Prüflos-Aufteilung wird in der Art vorgenommen, daß die Gebinde innerhalb eines Prüfloses hinsichtlich ihrer endlagerrelevanten Eigenschaften möglichst weitgehend korreliert sind. Durch eine Staffelung des Übereinstimmungsgrades der Eigenschaften der Gebinde wird eine Unterstruktur eines Prüfloses festgelegt. Mit der Unterstruktur ergeben sich Untermengen, die bei Feststellung wesentlicher Fehler gemäß Kapitel 5.1.6 gezielt überprüft werden. Werden in den Stichproben fehlerhafte Gebinde gefunden, wird über die Korrelationen ein Hinweis auf möglicherweise weitere fehlerhafte Gebinde gegeben. Wesentlich fehlerhafte Gebinde müssen nachkonditioniert und erneut zur Kontrolle vorgelegt werden.

Welche Kenngrößen der Abfallgebinde für die Endlagerung im Endlager Konrad relevant sind, welche Grenzwerte für diese Kenngrößen gelten und welche davon zu prüfen sind, ist in Kapitel 3 bzw. 5.2 für die einzelnen Abfallproduktgruppen und -behälterklassen erläutert. Für ein Prüflos wird der auf die zu prüfenden Kenngrößen bezogene Stichprobenumfang als fester Prozentsatz gemäß Kapitel 5.1.5 festgelegt.

Der Stichprobenumfang kann für unterschiedliche Kenngrößen der Abfallgebinde, also auch unterschiedlich festgelegt werden. Dies kann bedeuten, daß bestimmte Kenngrößen der Abfallgebinde nicht an allen zu einer Kontrolle ausgewählten Gebinden geprüft werden müssen.

Ein Prüflos soll im Regelfall nur Gebinde eines Abfallverursachers umfassen. Eine gesonderte Betrachtung ist für Klein-Verursacher mit geringem Abfallaufkommen notwendig, insbesondere diejenigen, die ihre radioaktiven Abfälle an Landessammelstellen abliefern. Die Landessammelstellen sammeln die Abfälle und konditionieren sie erforderlichenfalls selbst oder lassen sie von Dritten konditionieren, wenn sie selbst nicht über die dafür notwendigen Einrichtungen verfügen. Durch den Konditionierungsprozeß können Abfälle verschiedener Ablieferer vermischt werden (z.B. Verdampfung von Flüssigkeiten oder Veraschung von brennbaren Rückständen mit jeweils anschließender Einbindung in Zement). Die Landessammelstellen liefern auch die Gebinde an das Endlager ab und sind, obwohl sie die Abfälle nicht selbst verursacht haben, für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen verantwortlich. Die Klein-Verursacher haben den Landessammelstellen gegenüber die Verpflichtung, ausreichende Information zu ihren Abfällen mit abzuliefern. Im folgenden werden für einen vereinfachten Sprachgebrauch die Landessammelstellen ebenfalls als Verursacher bezeichnet.

Damit auch hier ein im Vergleich zu anderen Verursachern gleichwertiger Stichprobenumfang festgesetzt werden kann, werden ggf. Gebinde mehrerer kleiner Landessammelstellen oder Klein-Verursacher zusammengefaßt. Dabei werden möglichst Gebinde mit etwa gleichem notwendigem Prüfaufwand - gleichem Stichprobenumfang und gleicher Prüftiefe - jeweils einem Prüflos zugeordnet. Die Möglichkeit der Zusammenfassung von Abfallgebänden zu einem Prüflos besteht auch dann, wenn durch den Konditionierungsprozeß Rohabfälle verschiedener Verursacher vermischt und dann Abfallgebinde hergestellt oder wenn für gleiche Rohabfallarten zur Konditionierung gleiche Konditionierungsanlagen verwandt wurden.

Falls Gebinde mit unterschiedlichem Stichprobenumfang zu einem Prüflos zusammengefaßt werden, ist jeweils das Gebinde mit dem größten errechneten Stichprobenumfang für die Festlegung des Stichprobenumfangs und die Zuordnung des Prüfloses zu einer Prüfklasse maßgebend. Dies gilt auch, falls der Stichprobenumfang für unterschiedliche Kenngrößen der Abfallgebinde unterschiedlich festgelegt wird.

Unter den genannten Randbedingungen werden die zur Prüfung vorgelegten Abfallgebinde zu einem Prüflos hinreichender Größe zusammengefaßt. Die Größe eines Prüfloses ist hinreichend, falls die Anzahl der zugehörigen Gebinde größer als der Reziprokwert des nach Kapitel 5.1.5 ermittelten relativen Stichprobenumfangs ist. Prüflose, die diesen Reziprokwert um mehr als die Hälfte überschreiten, werden unterteilt, so daß sämtliche einer Prüfklasse zugeordneten Prüflose annähernd gleich groß sind und näherungsweise dem Reziprokwert des Stichprobenumfangs entsprechen. Bei der Bildung von Prüflosen wird daher wie folgt vorgegangen:

- Grundsätzlich ist zu erwarten, daß die Abfallgebinde der gleichen Konditionierungscharge, beispielsweise die bei der Zementierung flüssiger Rohabfälle aus einem gemeinsamen Vorlagebehälter hergestellten Gebinde, in ihren endlagerrelevanten Eigenschaften weitgehend übereinstimmen. Ein Prüflos wird daher möglichst aus den Abfallgebänden der gleichen Konditionierungscharge gebildet.
- Falls die Anzahl der zugehörigen Abfallgebinde kein Prüflos hinreichender Größe ergibt, werden gleichartige Konditionierungschargen, beispielsweise die Abfallgebinde mehrerer Verarbeitungskampagnen, zu

einem Prüflös zusammengefaßt. Bei gleicher Abfallart und -herkunft ist auch hier eine weitgehende Übereinstimmung der endlagerrelevanten Eigenschaften der Abfallgebinde zu erwarten.

- Falls eine Zuordnung der Abfallgebinde zu bestimmten Abfallchargen nicht sinnvoll möglich ist, beispielsweise bei heterogenen, kompaktierten Abfällen, werden bei Verwendung von Behältern der Abfallbehälterklasse I gleichartig konditionierte Abfälle gleicher Abfallart und -herkunft zu einem Prüflös zusammengefaßt. Bei Verwendung von Behältern der Abfallbehälterklasse II werden stattdessen gleichartig verpackte Abfälle gleicher Abfallart und -herkunft zu einem Prüflös zusammengefaßt. Dieses unterschiedliche Vorgehen bei Verpackungen der Abfallbehälterklassen I und II wird dadurch gerechtfertigt, daß die Freisetzung radioaktiver Stoffe bei Störfällen in Abfallbehälterklasse I weitgehend durch die Eigenschaften des Abfallprodukts und in Abfallbehälterklasse II weitgehend durch die störfallfest ausgelegte Verpackung der Abfälle begrenzt wird.
- Bei Klein-Verursachern mit geringem Abfallaufkommen bzw. bei Abfällen mit geringer radiologischer Relevanz kann eine weitergehende Zusammenfassung von Abfallgebinden zur Bildung von Prüflösen hinreichender Größe notwendig werden. Es wird davon ausgegangen, daß die Richtigkeit der die Konditionierung betreffenden Dokumentationen und die durch die Konditionierung bestimmten Eigenschaften der Abfallgebinde weitgehend von der Sorgfalt und den Fachkenntnissen des Konditionierers abhängen, so daß es sinnvoll und zweckmäßig ist, Abfallgebinde, die vom gleichen Konditionierer hergestellt wurden, zu einem Prüflös zusammenzufassen.
- Ähnliches gilt für den Abfallverursacher, der als Ablieferungspflichtiger für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen und insbesondere für die Bereitstellung ordnungsgemäßer Dokumentationen verantwortlich ist. Endlagerrelevante Eigenschaften der Abfälle (z.B. die Zusammensetzung der Rohabfälle) werden häufig vom Abfallverursacher selbst kontrolliert und dokumentiert, so daß die Zusammenfassung von Abfallgebinden des gleichen Abfallverursachers zu einem Prüflös sinnvoll und zweckmäßig ist.
- Ebenfalls vorgesehen ist eine Zusammenfassung von Abfallgebinden verschiedener Verursacher bzw. Konditionierer mit näherungsweise gleichem Prüfumfang, falls sich die bisher genannten Kriterien zur Bildung eines Prüflöses hinreichender Größe als ungeeignet erweisen. Ein derartiges Vorgehen kann bei Abfallarten mit geringem Mengenaufkommen sinnvoll und zweckmäßig sein, die bei verschiedenen Verursachern anfallen und für die ähnliche Eigenschaften erwartet werden. Da für die Festlegung des Stichprobenumfangs für ein Prüflös diejenigen Abfallgebinde maßgeblich sind, die nach Kapitel 5.1.5 den größten Stichprobenumfang erfordern, ist ein derartiges Vorgehen nur zweckmäßig, falls der Stichprobenumfang für die zusammengefaßten Abfallgebinde näherungsweise gleich ist.

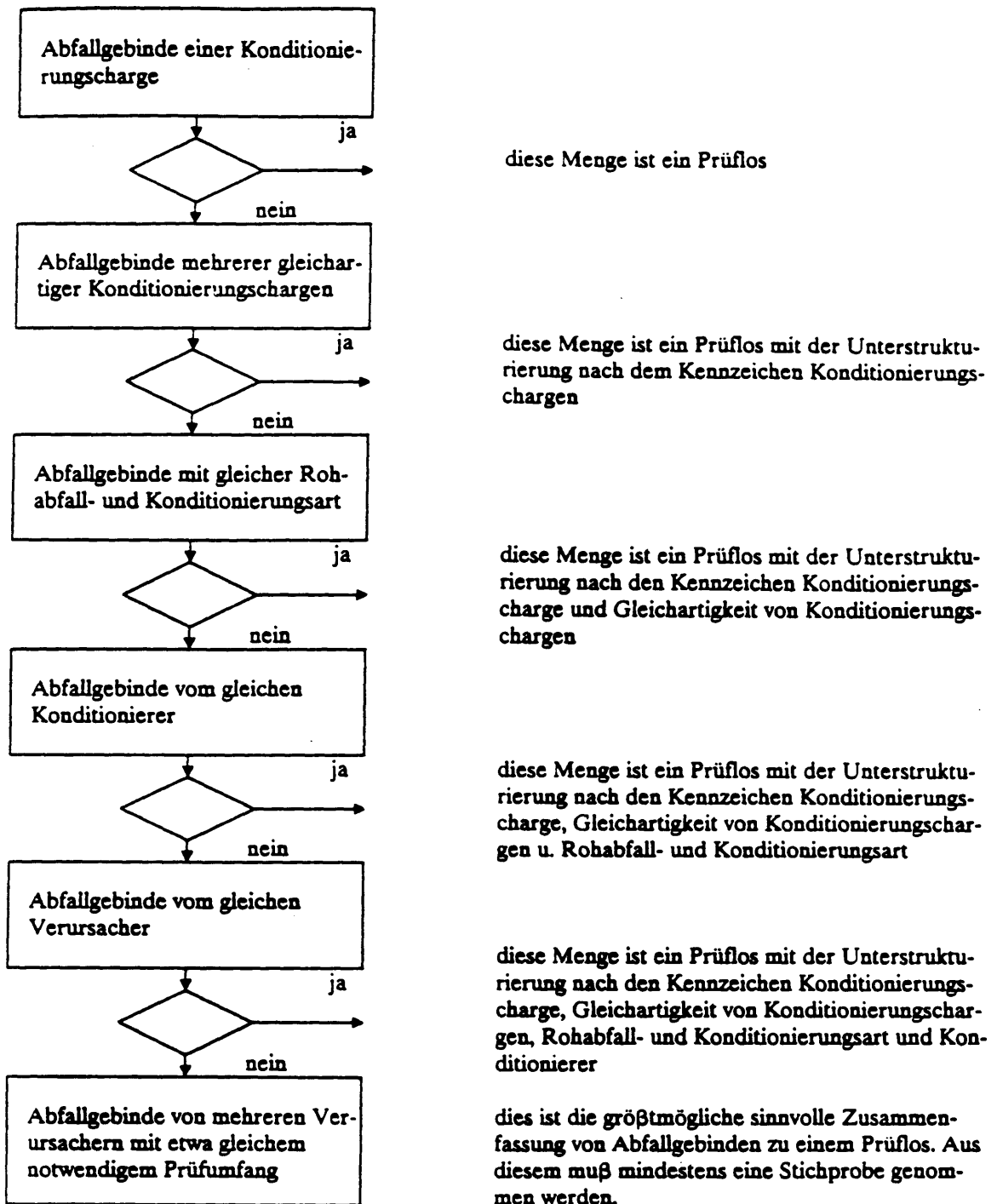
Die erläuterten, für die Bildung von Prüflösen maßgeblichen Kriterien legen gleichzeitig die Unterstruktur eines Prüflöses fest, so daß bei Feststellung wesentlich fehlerhafter Abfallgebinde gezielte Nachprüfungen durchgeführt werden können. Die beschriebene Vorgehensweise zur Festlegung eines Prüflöses und seiner Unterstruktur wird für Abfallbehälterklasse I in Abbildung 5.1 und für Abfallbehälterklasse II in Abbildung 5.2 nochmals schematisch dargestellt. Die Konsequenzen, die sich aus dem beschriebenen Vorgehen für die Ermittlung des Anteils wesentlich fehlerhafter Gebinde ergeben, werden in Kapitel 5.1.7 behandelt.

#### 5.1.4 Abstufung des Stichprobenumfangs

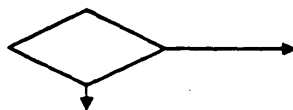
Es ist jeweils festzulegen, in welchem Umfang Prüfungen an den Abfallgebinden eines Prüflöses durchzuführen sind. Oberstes Ziel ist es, die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen sicherzustellen. Zusätzlich sind die folgenden Randbedingungen zu beachten:

- Die Anzahl der geprüften Abfallgebinde ist auf den sicherheitstechnisch notwendigen Umfang zu beschränken, um die mit den Prüfungen verbundene radiologische Belastung des Prüf- bzw. Hilfspersonals und die Entstehung von Sekundärabfällen möglichst gering zu halten.
- Insbesondere sind, soweit möglich, zerstörende Prüfungen oder Prüfungen, die große Strahlenexpositionen des Prüfpersonals erfordern, zu vermeiden.

Um die genannten Zielsetzungen zu erreichen, wird der Stichprobenumfang anhand der vom Ablieferungspflichtigen vorgelegten Dokumentationen und ggf. zusätzlicher Informationen abgestuft festgelegt. Ein erhöhter Stichprobenumfang wird insbesondere bei näherungsweise Ausschöpfung von Grenzwerten oder bei



Bedeutung der Abfrage



: ist die Gebindeanzahl der Menge größer oder gleich dem reziproken Wert des festzulegenden prozentualen Stichprobenumfangs

**Abbildung 5.1:**

**Festlegung eines Prüfloses und seiner Unterstruktur; Abfallbehälterklasse I**

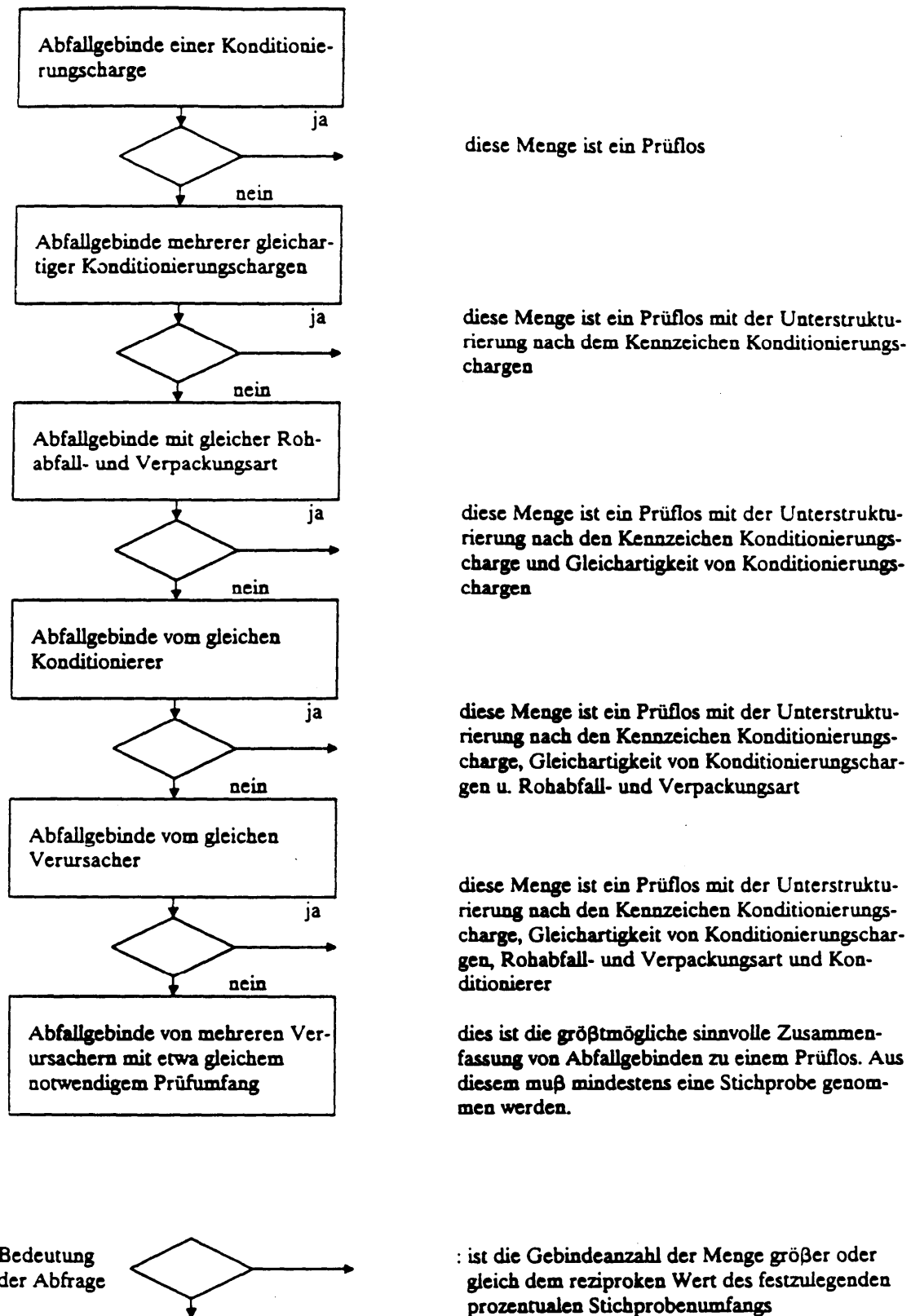


Abbildung 5.2:

Festlegung eines Prüfloses und seiner Unterstruktur; Abfallbehälterklasse II

Überschreitung von Garantiewerten der Aktivität, bei nicht nachvollziehbar abgeschätzten Abfalldaten, bei heterogenen Prüflosen und bei negativen Prüfergebnissen vorheriger Stichprobenprüfungen festgelegt. Demnach werden Eigenschaften oder Abfallgebände, deren Daten auf wesentlich fehlerhafte Gebände hinweisen könnten oder bei denen die Gleichheit der Gebände bzw. ihrer Eigenschaften geringer ist, häufiger als andere Eigenschaften oder Gebände geprüft.

Die genannten Zielsetzungen werden weiter dadurch erreicht, daß der Stichprobenumfang für unterschiedliche Kenngrößen der Abfallgebände unterschiedlich festgelegt werden kann. Daher brauchen gut dokumentierte Kenngrößen (beispielsweise das Aktivitätsinventar) weniger häufig kontrolliert zu werden als solche mit lückenhafter Dokumentation.

Insbesondere sind für Kenngrößen, die nur mit dem hohen Meßaufwand geprüft werden können (zerstörende Prüfungen, große Meßzeiten, ungerechtfertigt hohe Exposition des Prüfpersonals), Abstufungen im Stichprobenumfang gegenüber solchen mit geringem Meßaufwand anzustreben.

Eine solche Abstufung ist beispielsweise für den Nachweis der Druckfestigkeit von zementierten Abfällen denkbar. Die Nachprüfung kann z.B. nur durch zerstörende Prüfungen erfolgen. Da diese Druckfestigkeit bei gängigen Zementierverfahren eingehalten wird, kann unter Berücksichtigung der Verifizierung durch eine entsprechende Dokumentation und ggf. über eine diesbezügliche Nachqualifikation ein entsprechend vermindertem Prüfumfang erreicht werden.

Die Kriterien oder Einflußgrößen für die Festlegung des Stichprobenumfangs werden nachfolgend erläutert, die Quantifizierung des Stichprobenumfangs nach diesen Kriterien wird in Kapitel 5.1.5 beschrieben. Als Einflußgrößen des Stichprobenumfangs werden festgelegt:

#### 1. Radiologische Relevanz

Um eine Bewertung der radiologischen Relevanz innerhalb der jeweiligen Abfallproduktgruppen/Abfallbehälterklassen vornehmen zu können, wurden 3 radiologische Relevanzklassen R1 bis R3 definiert, in die die Abfälle gemäß der folgenden Tabelle nach ihrem Aktivitätsinventar eingestuft werden. Dabei wird der Ausschöpfungsgrad der aus den Sicherheitsanalysen zum bestimmungsgemäßen Betrieb, den Auslegungstörfällen, der Wärmebelastung des Wirtsgesteins und zur Kritikalität abgeleiteten Aktivitätsbegrenzungen berücksichtigt.

Relevanzklasse	RW/GW	S <sub>s</sub>	S <sub>w</sub>	S <sub>k</sub>
R1	< 10%	< 1%	< 10%	< 10%
R2	(10-100)%	(1-10)%	(10-100)%	(10-100)%
R3	>100%	(10-100)%	>100%	>100 %

Es gelten die folgenden Abkürzungen:

RW: Aktivitätsinventar des/der unter Zugrundelegung der zugehörigen Tabelle für den bestimmungsgemäßen Betrieb (/1/, Tab. 2) restriktivsten Radionuklids/-gruppe im Abfallgebände

GW: Zugehöriger Garantiewert nach /1/ Tab. 2 für das Aktivitätsinventar dieses Abfallgebändes

S<sub>s</sub>: Summenwert der Aktivität der zugehörigen Abfallproduktgruppe/-behälterklasse entsprechend Störfallanalyse (/1/)

S<sub>w</sub>: Summenwert der Aktivität entsprechend der Analyse zur thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins (/1/)

S<sub>k</sub>: Summenwert der Aktivität entsprechend der Analyse zur Kritikalitätssicherheit (/1/)

Abfallgebände, die je nach Anforderung in unterschiedliche Relevanzklassen fallen, werden der höchsten dabei auftretenden Relevanzklasse zugeordnet.

Aus der Einstufung eines Prüflosen in eine höhere Relevanzklasse resultiert nicht automatisch ein erhöhter Stichprobenumfang. Kann beispielsweise das Aktivitätsinventar für die Radionuklide des bestimmungsgemä-

ßen Betriebs unabhängig von Stichprobenprüfungen nachgewiesen werden, dann wird dieses Aktivitätsinventar bei der Festlegung des Stichprobenumfangs nicht weiter berücksichtigt.

## 2. Dokumentation

Neben den notwendigen Angaben in den Abfalldatenblättern zur Einstufung nach den Abfallproduktgruppen/Abfallbehälterklassen und zum Aktivitätsinventar ist der Detaillierungs- und Absicherungsgrad der Angaben von Bedeutung. Es besteht die Möglichkeit, daß der Detaillierungs- und Absicherungsgrad der Angaben unterschiedlich ist, so daß die zugehörigen Kenngrößen falls sinnvoll auch unterschiedlich häufig geprüft werden können. Es werden 4 Unterscheidungen getroffen:

- D1: Die dokumentierten Abfalldaten werden durch Prüfergebnisse bestätigt, die im Rahmen der gesetzlichen Aufsicht oder im Zusammenhang mit internationalen Vereinbarungen durch vom Ablieferungspflichtigen und Konditionierer unabhängige Sachverständige oder Institutionen im Auftrag oder in Abstimmung mit dem BfS erzielt wurden. Die gleiche Einstufung erhalten Abfalleigenschaften, deren Einhaltung nach dem allgemeinen technischen Verständnis als gegeben anzusehen ist.
- D2: Die dokumentierten Abfalldaten können auf voneinander unabhängigen Wegen überprüft und als gesichert anerkannt werden. Dies kann beispielsweise der Fall sein, falls ein bestimmter Abfallstrom bei verschiedenen Abfallverursachern mit ähnlichen Abfalldaten anfällt und falls die angegebenen Daten durch rechnerische Ableitung belegt oder durch Stichprobenprüfungen bei einem oder mehreren Verursachern verifiziert werden können.
- D3: Die dokumentierten Abfalldaten sind Meßergebnisse des Verursachers oder anderer, bei der Verarbeitung der Abfälle Beteiligter. In gleicher Weise werden Abfalldaten eingestuft, die aus solchen Meßergebnissen nachvollziehbar rechnerisch abgeleitet werden.
- D4: Die dokumentierten Abfalldaten sind Abschätzungen, die nicht durch Meßergebnisse belegt sind. Eine Übertragung von an anderer Stelle gewonnen Meßergebnissen ist nicht nachvollziehbar.

## 3. Nachqualifizierung bereits angewendeter Konditionierungsverfahren

Bei der Festlegung des Stichprobenumfangs wird berücksichtigt, falls ein angewendetes Konditionierungsverfahren nachträglich ganz oder teilweise qualifiziert und damit die Qualität der so hergestellten Abfallgebinde entsprechend demonstriert werden kann.

## 4. Gleichheit der Abfallgebinde in ihren einzelnen Eigenschaften

Die Abfallgebinde sind i.a. in ihrer Gleichheit nicht mit industriell gefertigten Massenprodukten zu vergleichen. Eine derartige Gleichheit ist auch keine Voraussetzung dieses Stichprobensystems. Allerdings muß eine solche Korrelation zwischen den Gebinden einer Untermenge bestehen, falls von den kontrollierten Gebinden auf die Eigenschaften der anderen, nicht geprüften Gebinde geschlossen werden soll. Es werden 3 Grade der Gleichheit unterschieden:

- G1: Die Abfallgebinde entstammen einer Konditionierungscharge, wobei der Rohabfall gleichmäßig auf die bei der Konditionierung hergestellten Gebinde verteilt wurde.
- G2: Der Rohabfall ist im gleichen Prozeßabschnitt oder Anwendungsbereich angefallen, in dem die gleichen radioaktiven Materialien durchgesetzt wurden und er wurde mit dem gleichen Verfahren vom gleichen Konditionierer konditioniert.
- G3: Rohabfall und Konditionierung sind vergleichbar und die Aktivitätsinventare halten gemeinsame obere Grenzwerte ein.

## 5. Prüfergebnisse vorheriger Stichprobenprüfungen

Die Prüfergebnisse geben Hinweise auf die Zuverlässigkeit der Verursacher und Konditionierer oder auch auf prinzipielle Schwierigkeiten bei bestimmten Rohabfall- oder Konditionierungsarten, die Endlagerungsbedingungen einzuhalten. Es werden die folgenden Bewertungen unterschieden:

- P1: Die Zuverlässigkeit von Verursacher und Konditionierer ist dann gegeben, wenn bei der hintereinan-



der folgenden Stichprobenprüfung von 5 Prüflösen keine Gebinde mit wesentlichen Abweichungen entdeckt wurden. Die gleiche Bewertung kann ersatzweise auch für Abfallgebinde gegeben werden, bei denen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen als unproblematisch angesehen wird.

- P2: Es wurden bisher bei dem Verursacher oder Konditionierer keine wesentlichen fehlerhaften Gebinde entdeckt und ein Hinweis auf prinzipielle Schwierigkeiten der Rohabfall- oder Konditionierungsart ist nicht gegeben.
- P3: Es wurde in einer Untermenge ein wesentlich fehlerhaftes Gebinde entdeckt oder es bestehen Hinweise, daß prinzipielle Schwierigkeiten bei der Rohabfall- oder Konditionierungsart bestehen, Endlagerungsbedingungen einzuhalten.

### 5.1.5 Quantifizierung des Stichprobenumfangs

Wie bereits in den einleitenden Betrachtungen zur Auswahl und Festlegung eines geeigneten Stichprobensystems erläutert wurde, ist eine mathematisch-statistisch begründete Quantifizierung des Stichprobenumfangs nur für die Einhaltung der Störfallgrenzwerte möglich. Bei der Quantifizierung des Stichprobenumfangs wird daher so vorgegangen, daß der festgelegte Stichprobenumfang und seine Abstufungen zunächst ausschließlich sachtechnisch begründet werden. Anschließend wird in Kapitel 5.1.7 gezeigt, daß damit auch die aus den Störfallanalysen abgeleiteten Anforderungen erfüllt werden.

Wie in Kapitel 5.1.3 erläutert werden die Gebinde anhand der vorgelegten Dokumentationen so in Prüflöse aufgeteilt, daß die Gebinde in ihren endlagerrelevanten Eigenschaften möglichst weitgehend übereinstimmen, so daß aus technischen Gründen zu erwarten ist, daß die zusammengefaßten Gebinde entweder endlagerfähig sind, oder bestimmte Anforderungen des Endlagers nicht einhalten. Unter dieser Voraussetzung ist es für die Beurteilung der Endlagerfähigkeit eines Prüflöses ausreichend, ein beliebiges Gebinde zu prüfen. Mögliche Abweichungen der Abfallgebinde in ihren endlagerrelevanten Eigenschaften innerhalb eines Prüflöses werden dadurch berücksichtigt, daß Abfallgebinde, die die Grenzwerte des Endlagers annähernd ausschöpfen, häufiger geprüft werden. Dies gilt auch, falls die Eigenschaften der Gebinde entsprechend den vorgelegten Dokumentationen stärker als bei gleichförmig anfallenden Abfällen variieren.

Eine sachtechnische Begründung für die quantitative Festlegung des Stichprobenumfangs wird daher in erster Linie über die aus der Quantifizierung resultierenden Losgrößen abzuleiten sein.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Informationen wird als Ausgangswert ein relativer Stichprobenumfang von 3% entsprechend einer Losgröße von mindestens 33 Gebinden (vor der Einbringung von Abfallfässern in Container) festgelegt. Dieser Prozentsatz wird durch die Bewertung der dokumentierten Daten und der Prüferfahrungen von vorangegangenen Kontrollen gleichartiger Gebinde (Einflußgrößen), wie beschrieben, erhöht oder erniedrigt. In welchem Maße Ab- und Zuschläge aufgrund der im Kapitel 5.1.4 aufgeführten Einflußgrößen zu geben sind, faßt Tabelle 5.1 zusammen. Die Ab- oder Zuschläge sind als Faktoren zum Ausgangsprozentsatz angegeben. Welcher Stichprobenumfang unter Berücksichtigung aller genannten Einflußgrößen resultiert, gibt Tabelle 5.2 an.

Die aus diesen Festlegungen resultierenden Abstufungen und Mindestlosgrößen zwischen 8 und 189 Gebinden erlauben nach heutigem Kenntnisstand die Bildung von Prüflösen, die bezüglich der erwartbaren Einhaltung der Endlagerungsbedingungen ausreichend homogen sind. Beispielsweise fallen übliche Konditionierungschargen oder gleichartig über mehrere Betriebsjahre anfallende Abfallströme in diesen Bereich. Die Charakterisierung von Abfallgebinden, die z.B. durch Prüfung mehrerer zufällig ausgewählter Gebinde eines Prüflöses und Auswertung nach statistischen Verfahren erreicht werden könnte, fällt nicht in den Verantwortungsbereich des Endlagerbetreibers. Verantwortlich für die Charakterisierung von Abfallgebinden sind die jeweiligen Ablieferungspflichtigen, die diese Charakterisierung auf der Grundlage ihrer eigenen Dokumentationen und erforderlichenfalls zusätzlicher Prüfungen oder Untersuchungen durchführen. Wie mögliche Abweichungen in den endlagerrelevanten Eigenschaften bei den Prüfungen berücksichtigt bzw. bewertet werden, wird in Kapitel 4.2 beschrieben.

Über den beschriebenen Stichprobenumfang hinausgehend behält es sich das BfS wie im folgenden Kapitel beschrieben vor, in begründeten Fällen auch mehrere Gebinde eines Prüflöses prüfen zu lassen oder Prüflöse mit verringerter Losgröße zu bilden.

Umsetzung von Einflußgrößen in Ab- oder Zuschlagsfaktoren  $f_i$  ( $i = 0, 1, 2, 3$ ) zum Stichprobenumfang eines Prüfloses

Einflußgröße	$f_i = *$	$f_i = 1/\sqrt{2}$	$f_i = 1$	$f_i = \sqrt{2}$
Radiologische Relevanz( $f_i$ ) <sub>1</sub>	-	R1	R2	R3
Dokumentation( $f_i$ ) <sub>2</sub>	D1	D2	D3	D4
Nachqualifizierung des Konditionierungsverfahrens ( $f_i$ ) <sub>3</sub>	-	wenn möglich	wenn unmöglich	-
Gleichheit im Prüflos oder in der Untermenge ( $f_i$ ) <sub>4</sub>	-	G1	G2	G3
Prüfergebnisse vorangegangener Stichprobenprüfungen ( $f_i$ ) <sub>5</sub>	-	P1	P2	P3

\*) Stichprobenprüfung nur in begründeten Zweifelsfällen

### **Tabelle 5.1:**

### **Ab- bzw. Zuschlag zum Stichprobenumfang in Abhängigkeit von Einflußgrößen**

Stichprobenumfang eines Prüfloses oder einer Untermenge	Bedingungen
kein Gebinde, ausgenommen in begründeten Zweifelsfällen	Einstufung nach D 1
SP " ( $f_i$ ) <sub>1</sub> " ( $f_i$ ) <sub>2</sub> ... ( $f_i$ ) <sub>5</sub>	Bestimmung der 5 Einflußgrößen ( $f_i$ ) <sub>1</sub> ...( $f_i$ ) <sub>5</sub> entsprechend den Fallunterscheidungen ( $i= 0, 1, 2, 3$ ) nach Tab. 5.1

SP: 3 % (Ausgangsprozentsatz)

### **Tabelle 5.2:**

### **Stichprobenumfang unter Berücksichtigung aller Einflußgrößen**

### 5.1.6 Stichprobenanweisung und Freigabe von Prüflosen

Anschließend an die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebene Zusammenstellung von Abfallgebinden zu Prüflosen wird jeweils ein Gebinde eines Prüfloses zufällig ausgewählt und nach den in Kapitel 5.2 beschriebenen Prüfkriterien untersucht. Falls sich aus den vorgelegten Dokumentationen, aus vorherigen Prüfungen, aus der Inaugenscheinnahme der Abfallgebinde des Prüfloses oder aus sonstigen Informationen Hinweise auf fehlerhafte Gebinde im Prüflos ergeben, behält das BfS sich vor, weitere Gebinde des Prüfloses zufällig oder gezielt auszuwählen und zu untersuchen. Bei Überschreitung der Garantiewerte des bestimmungsgemäßen Betriebes um mehr als das 0.01-fache des Richtwertes der jährlich einlagerbaren Aktivität werden vom BfS auch kleinere Prüflose gebildet, falls die Anzahl derartiger zur Prüfung angemeldeter Abfallgebinde die Bildung eines Prüfloses aus Abfallgebinden mit annähernd gleichen Eigenschaften nicht zuläßt.

Falls entsprechend dem in Kapitel 5.1.3 beschriebenen Vorgehen bei der Bildung von Prüflosen der Stichprobenumfang für unterschiedliche Kenngrößen der Abfallgebinde unterschiedlich festgelegt wurde, werden an dem als Stichprobe ausgewählten Gebinde ggf. nicht alle Kenngrößen prüftechnisch kontrolliert.

Wird bei diesen Kontrollen festgestellt, daß nicht alle geprüften Gebinde den Endlagerungsbedingungen entsprechen, hängt das weitere Vorgehen von der Bewertung der Fehler gemäß Kapitel 5.2.4 ab.

Als wesentlich gelten Fehler, die als Ergebnis der sicherheitsanalytischen Beurteilung bei Handhabung und Endlagerung der betreffenden Abfallgebinde zu unzulässiger Strahlenbelastung, Kontamination oder Radionuklidfreisetzung führen können.

Wird durch eine Stichprobe aus einem Prüflos festgestellt, daß nicht alle Abfallgebinde ohne wesentliche Fehler sind, müssen die als fehlerhaft identifizierten Gebinde nachkonditioniert werden. Prüflose ohne fehlerhafte Gebinde werden unter Beachtung der in Kapitel 5.1.7 beschriebenen Regelungen zur Endlagerung freigegeben.

Falls Hinweise auf fehlerhafte Gebinde im Prüflos vorliegen und dementsprechend mehrere Gebinde eines Prüfloses überprüft wurden, können auch Teillose, d.h. Teilmengen des Prüfloses, die sich aus der in Kapitel 5.1.3 beschriebenen Unterstruktur ergeben, zur Endlagerung freigegeben werden, falls bei der Prüfung wesentlich fehlerhafte Gebinde nicht gefunden wurden. Nach Identifikation eines wesentlich fehlerhaften Gebindes kann der Ablieferungspflichtige das betreffende Prüflos bzw. Teillos überprüfen und ggf. nachkonditionieren. Andernfalls wird aus dem betreffenden Prüflos bzw. Teillos eine weitere Stichprobe gezogen. Enthält diese kein wesentlich fehlerhaftes Gebinde, so wird das zugehörige Prüflos bzw. Teillos unter Beachtung der in Kapitel 5.1.7 beschriebenen Regelungen zur Endlagerung freigegeben. Andernfalls wird das betreffende Prüflos bzw. Teillos nicht freigegeben. Es ist vom Ablieferungspflichtigen zu überprüfen und ggf. nachzukonditionieren. An nachkonditionierten Prüflosen bzw. Teillosen wird die Stichprobenprüfung wiederholt.

Lassen sich Abfallgebinde mit wesentlichen Fehlern nicht bestimmten Teillosen zuordnen, erfolgt eine erneute Stichprobenprüfung an dem Prüflos.

Nicht wesentliche Fehler werden entsprechend Kapitel 5.2 ggf. unter Anordnung zusätzlicher Maßnahmen toleriert.

### 5.1.7 Statistische Bewertung der Prüfergebnisse und Einhaltung zulässiger Fehlerquoten

Es ist noch darzulegen, wie im Rahmen des Stichprobensystems sichergestellt wird, daß eine auf die Einhaltung der Störfallgrenzwerte bezogene Fehlerquote von 5% für die jährlich eingelagerten Abfallgebinde unterschritten wird. Derartige mathematisch-statistische Aussagen können aus dem bisher dargestellten, sachtechnisch begründeten Vorgehen bei der Stichprobenprüfung von Gebinden auf folgende Weise abgeleitet werden.

Die Gesamtmenge der in einem Einlagerungsjahr endzulagernden Gebinde wird als statistische Grundgesamtheit der Größe (Umfang)N betrachtet und es wird angenommen, daß in dieser Grundgesamtheit X wesentlich fehlerhafte Gebinde enthalten sind. Damit ist die Wahrscheinlichkeit P für das Auftreten wesentlich fehlerhafter Gebinde in der Grundgesamtheit durch die Beziehung  $P=X/N$  gegeben. Wird aus dieser Grundgesamtheit eine Zufallsstichprobe vom Umfang n gezogen, dann ist die Wahrscheinlichkeit  $W(x)$  dafür,

in dieser Probe  $x$  wesentlich fehlerhafte Gebinde zu finden, bis zu einem relativen Stichprobenumfang von etwa 10 % näherungsweise durch die Binomialverteilung gegeben, also durch

$$(1) \quad W(x) = \binom{n}{x} \cdot P^x \cdot (1-P)^{n-x}$$

Da die obere Vertrauensgrenze für den Anteil wesentlich fehlerhafter Gebinde bei gegebenem Vertrauensniveau nachfolgend unter Zugrundelegung der Binomialverteilung berechnet wird, ist abzuschätzen, inwieweit die bei zufälliger Auswahl der Stichproben gültige Verteilung (1) durch die beschriebene, sachtechnisch begründete Unterteilung der Grundgesamtheit in Prüfklassen und Prüflose verändert wird. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, daß die Fehlerwahrscheinlichkeit  $P$  in den einzelnen Prüfklassen bzw. Prüflosen unterschiedlich ist, da dieses die Zielsetzung der genannten Unterteilung ist.

Zur Abschätzung der hieraus resultierenden Konsequenzen wird der folgende Fall betrachtet:

- Die Grundgesamtheit wird in  $n$  Prüflose der Größe  $N/n$  unterteilt, aus denen jeweils 1 Gebinde zufällig entnommen und überprüft wird.
- Es wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit angenommen, daß die  $X$  wesentlich fehlerhaften Gebinde in einer Teilmenge der Grundgesamtheit enthalten sind, die aus  $m$  Prüflosen gebildet wird. Für  $m$  gilt die Bedingung  $(X \cdot n/N) \leq m \leq n$ .
- Weiter wird angenommen, daß die Wahrscheinlichkeit  $P_m$  für das Auftreten wesentlich fehlerhafter Gebinde in den  $m$  fehlerhaften Prüflosen gleich ist, so daß demzufolge  $P_m = X \cdot n/(N \cdot m)$  gilt.

Unter diesen Randbedingungen ist die Wahrscheinlichkeit  $W_m(x)$  für die Auffindung  $x$  wesentlich fehlerhafter Gebinde identisch mit der Wahrscheinlichkeit für die Auffindung  $x$  wesentlich fehlerhafter Gebinde in den  $m$  fehlerhaften Prüflosen, da die Wahrscheinlichkeit für die Auffindung weiterer wesentlich fehlerhafter Gebinde in den restlichen  $(n-m)$  Gebinden Null beträgt. Es gilt demnach

$$(2) \quad W_m(x) = \binom{m}{x} \cdot P_m^x \cdot (1 - P_m)^{m-x}$$

Mittelwert und Varianz der Binomialverteilungen (1) und (2) können z.B. nach /9/ berechnet werden. Danach ist der Mittelwert  $M_m\{X\} = m \cdot P_m = X \cdot n/N$  der Verteilung (2) identisch mit dem Mittelwert  $M\{X\} = n \cdot P = n \cdot X/N$  der Verteilung (1). Der aus dem Prüfergebnis abgeleitete Anteil wesentlich fehlerhafter Gebinde ist demnach nicht davon abhängig, ob die Fehlerwahrscheinlichkeit für sämtliche Gebinde der Grundgesamtheit identisch ist, oder ob durch eine sachtechnisch begründete Unterteilung Prüflose mit unterschiedlicher Fehlerwahrscheinlichkeit gebildet werden. Weiter ist die Varianz

$$(3) \quad V_m\{X\} = m \cdot P_m \cdot (1 - P_m) = X \cdot n \cdot (1 - X \cdot n / (N \cdot m)) / N$$

der Verteilung (2) kleiner als die Varianz

$$(4) \quad V\{X\} = n \cdot P \cdot (1 - P) = n \cdot X \cdot (1 - X/N) / N$$

der Verteilung (1), da in jedem Fall  $n \geq m$  und  $X \cdot n/(N \cdot m) \leq 1$  gelten. Demnach wird die Genauigkeit bei der Bestimmung des Fehleranteils in der Grundgesamtheit verbessert, falls es durch das beschriebene, sachtechnisch begründete Vorgehen bei der Unterteilung der Grundgesamtheit gelingt, Prüflose mit erhöhtem bzw. vermindertem Anteil wesentlich fehlerhafter Gebinde zu bilden.

Die Abschätzung zeigt, daß auch bei der Zusammenfassung von Abfallgebinden zu Prüflosen mit unterschiedlichem Fehleranteil der Fehleranteil in der Grundgesamtheit richtig bestimmt wird und daß der Fall der statistischen Gleichverteilung der wesentlich fehlerhaften Gebinde auf diese Prüflose, der identisch mit der Entnahme einer Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit ist, die größte Varianz bei der Bestimmung des Fehleranteils in der Grundgesamtheit zeigt; die Annahme der Binomialverteilung (1) ist daher als konservativ anzusehen, falls aus dem bei den Stichprobenprüfungen ermittelten Anteil  $x$  wesentlich fehlerhafter Gebinde die obere Vertrauensgrenze  $p_o$  für den Anteil wesentlich fehlerhafter Gebinde in der Grundgesamtheit nach /9/, Kapitel 5.3, wie folgt berechnet wird:

$$(5) \quad p_o(1-\alpha) = \frac{(x+1) \cdot F_{1-\alpha}(f_1; f_2)}{(n-x) + (x+1) \cdot F_{1-\alpha}(f_1; f_2)}$$

- (1- $\alpha$ ) : vorgegebenes Vertrauensniveau  
 $p_o(1-\alpha)$  : obere Vertrauensgrenze bei dem Vertrauensniveau 1- $\alpha$   
 $x$  : in Stichproben beobachtete wesentlich fehlerhafte Gebinde  
 $n$  : Stichprobenumfang  
 $F_{1-\alpha}(f_1; f_2)$  : F-Verteilung für das Vertrauensniveau 1- $\alpha$   
 $f_1 = 2 \cdot (x+1)$ ;  $f_2 = 2 \cdot (n-x)$ : Freiheitsgrade der F-Verteilung

Es ist noch notwendig, aus dem betrachteten Sonderfall der gleichmäßigen Unterteilung der Grundgesamtheit, die als Gesamtmenge der in einem Einlagerungsjahr endzulagernden Gebinde eingeführt wurde, ein Vorgehen abzuleiten, durch welches die Unterschreitung einer Fehlerquote von 5 % für die jährlich eingelagerten Abfallgebände sichergestellt wird. Die Unterschreitung einer Fehlerquote von 5 % wird dadurch nachgewiesen, daß die obere Vertrauensgrenze  $p_o$  für ein Vertrauensniveau von 95 % kleiner als 0,05 ist. Die gleichmäßige Unterteilung einer Grundgesamtheit in Prüflose ist das Kennzeichen der in den vorgehenden Kapiteln bereits eingeführten Prüfklassen, so daß Gleichung (5) zur Berechnung der oberen Vertrauensgrenze für den Anteil wesentlich fehlerhafter Gebinde in einer Prüfklasse anwendbar ist. Die obere Vertrauensgrenze für die Gesamtheit der jährlich eingelagerten Gebinde kann unter Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes aus den Prüfergebnissen der verschiedenen Prüfklassen berechnet werden:

$$(6) \quad P_o(1-\alpha) = k^{-1} \cdot \sum_{t=1}^k p_t + N^{-1} \cdot \sqrt{\sum_{t=1}^k (N_t \cdot \Delta_t)^2}$$

- $t$  : Index für die Prüfklasse  $t$   
 $k$  : Anzahl der Prüfklassen ( $k = 10$ )  
 $p_t$  : Aus den Ergebnissen der Stichprobenprüfungen in Prüfklasse  $t$  ermittelter Fehleranteil ( $p_t = x_t/n_t$ )  
 $N_t$  : Anzahl der Gebinde in der Prüfklasse  $t$   
 $N$  : Anzahl der jährlich eingelagerten Gebinde  
 $\Delta_t$  : Differenz zwischen der nach Gleichung (5) berechneten oberen Vertrauensgrenze der Prüfklasse  $t$  und dem Fehleranteil  $p_t$  für  $\alpha = 0,05$

Dabei ist zu beachten, daß für die Berechnung der oberen Vertrauensgrenzen nach (5) und (6) ausschließlich das nach der Stichprobenanweisung in Kapitel 5.1.6 aus jedem Prüflos zufällig auszuwählende Gebinde zu berücksichtigen ist. Die Prüfergebnisse an weiteren Gebinden, die aufgrund von Hinweisen auf fehlerhafte Gebinde zusätzlich untersucht werden, sind hier nicht einzubeziehen.

Weiter ist zu beachten, daß bei Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes nach Gleichung (6) die zugrunde liegenden Zufallsgrößen jeweils zumindest näherungsweise normalverteilt sind. Im vorliegenden Fall ist von einer jährlich eingelagerten Anzahl von einigen zehntausend Gebinden auszugehen, so daß diese Bedingung durch den zentralen Grenzwertsatz der Statistik sichergestellt wird.

Es wird festgelegt, daß das BfS die endzulagernden Abfallgebände unter dem Vorbehalt zur Endlagerung

freigibt, daß die nach Gleichung (6) berechnete obere Vertrauensgrenze der jährlich endzulagernden Gebinde den Wert von 5 % nicht überschreitet. Falls als Ergebnis der Prüfungen die so berechnete obere Vertrauensgrenze den Wert von 5 % überschreitet, werden ggf. die Prüflose der Prüfklassen mit überdurchschnittlich hoher Fehlerquote nicht freigegeben, so daß bei Anwendung von Gleichung (6) auf die verbleibenden Prüfklassen die obere Vertrauensgrenze von 5 % unterschritten wird und damit eine Freigabe dieser Prüfklassen erfolgen kann.

Nicht freigegebene Prüflose aus Prüfklassen mit überdurchschnittlich hoher Fehlerquote werden nach sachtechnischen Kriterien in Unterklassen unterteilt, falls hierdurch eine Separation der wesentlich fehlerhaften Gebinde möglich erscheint. In diesen Unterklassen werden entweder weitere Stichprobenprüfungen durchgeführt, so daß eine hinreichend geringe Fehlerquote nach Gleichung (5) und (6) nachgewiesen werden kann, oder die Gebinde werden zur Nachkonditionierung bzw. weiteren Zwischenlagerung zurückgewiesen.

## 5.2 Durchführung von Stichprobenprüfungen

Durch das in Kapitel 5.1 erläuterte Stichprobensystem wird festgelegt, mit welcher Häufigkeit Abfallgebinde aus nicht qualifizierten Verfahren vor ihrer Endlagerung geprüft werden. Nachfolgend werden die Kenngrößen und Prüfkriterien erläutert, die bei diesen Abfallgebinden überprüft oder zugrunde gelegt werden. Grundsätzlich wird bei der Durchführung von Stichprobenprüfungen wie folgt vorgegangen:

- Grundlage für die Durchführung der Stichprobenprüfungen sind die vom Ablieferungspflichtigen vorgelegten Dokumentationen der Abfallgebinde. Der Mindestumfang und die Bewertung dieser Dokumentationen für die Festlegung des relativen Stichprobenumfangs wurde bereits in Kapitel 5.1.2 und 5.1.4 erläutert. Darüber hinausgehend wird anhand der Dokumentationen auch festgelegt, welche Kenngrößen eines Abfallgebindes jeweils zu überprüfen sind.
- Fässer, die radioaktive Abfälle enthalten und die für die Endlagerung im Endlager Konrad zusätzlich in Containern verpackt werden, sind nach Möglichkeit vor ihrer endgültigen Einbringung in Container der hier beschriebenen Stichprobenprüfung zu unterwerfen.
- Für die Überprüfung der Kenngrößen eines Abfallgebindes können häufig unterschiedliche Prüfverfahren angewendet werden. Es werden Prüfverfahren eingesetzt, bei denen der Prüfaufwand und die Strahlenbelastung des Prüf- bzw. Hilfspersonals möglichst gering sind. Vorzugsweise sollen zerstörungsfreie Prüfverfahren angewendet werden, bei denen zusätzliche Konditionierungsmaßnahmen vor der Endlagerung nicht erforderlich sind.
- Falls die bei den Prüfungen ermittelten Werte und die vom Ablieferungspflichtigen angegebenen Werte für bestimmte Kenngrößen der Abfallgebinde nicht übereinstimmen, wird gemäß Kapitel 4.2 über die Notwendigkeit einer Korrektur der angegebenen Abfalldaten entschieden.
- Falls die durch die Endlagerungsbedingungen festgelegten Anforderungen von den geprüften Abfallgebinden nicht in vollem Umfang erfüllt werden, hängt das weitere Vorgehen von der Bewertung der festgestellten Fehler ab. Diese Bewertungskriterien werden nachfolgend in Kapitel 5.2.4 erläutert.
- Die Prüfergebnisse werden bei nachfolgenden Stichprobenprüfungen gemäß Kapitel 5.1.4 und 5.1.6 berücksichtigt und gemäß Kapitel 5.1.7 statistisch bewertet.

### 5.2.1 Kenngrößen für Abfallprodukte bei Stichprobenprüfungen

In Kapitel 3.2 wurden die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Beschaffenheit des Abfallproduktes bei Abfallgebinden (produktrelevante Kenngrößen) dargestellt, die bei einer Endlagerung im Endlager Konrad einzuhalten sind. Hier wird erläutert, welche Anforderungen und Kenngrößen für Stichprobenprüfungen an Abfallgebinden aus nicht qualifizierten Verfahren gelten. Dabei werden die folgenden Konditionierungsverfahren berücksichtigt:

- Verpacken
- Schmelzen
- Kompaktieren

- Fixieren
- Trocknen

Das jeweils angewendete Konditionierungsverfahren wird von den Ablieferungspflichtigen in den von ihnen vorgelegten Dokumentationen angegeben, die Richtigkeit der angegebenen Abfalldaten wird durch die Stichprobenprüfungen kontrolliert. Die jeweils einzuhaltenden Kenngrößen ergeben sich aus der Zuordnung der Abfallgebinde zu einer bestimmten Abfallproduktgruppe (APG) und Abfallbehälterklasse (ABK). Gemäß Kapitel 3 sind dabei in APG 02 thermisch stabile Abfallprodukte und Abfälle mit einem begrenzten Anteil brennbarer Abfallstoffe, in APG 04 metallische und formstabil kompaktierte Preßlinge und in ABK I und ABK II störfallfest verpackte und sonstige Abfälle zu unterscheiden.

Tabelle 5.2.1.1 gibt eine Übersicht über die endlagerrelevanten Eigenschaften bei verpackten Abfällen. Die aus den Grundanforderungen abgeleiteten Kenngrößen gelten für alle Abfallproduktgruppen (APG) und Abfallbehälterklassen (ABK). Sie werden daher in den nachfolgenden Tabellen nicht wiederholt.

Falls zusätzlich die brennbaren oder nichtmetallischen Anteile im Abfallprodukt hinreichend begrenzt sind, können gemäß Tabelle 5.2.1.1 durch Verpacken hergestellte Abfallgebinde den Abfallproduktgruppen 02 und 03 zugeordnet werden.

Auf eine Tabellierung der endlagerrelevanten Eigenschaften für durch Schmelzen konditionierte metallische oder sonstige Abfälle wurde verzichtet, da die Endlagerungsbedingungen eine eigenständige Abfallproduktgruppe hierfür nicht festlegen. Derartige Abfallprodukte können den Abfallproduktgruppen 01, 02, 03 oder 06 zugeordnet werden, falls für APG 01 die Grundanforderungen, für APG 02 ein brennbarer Anteil unter 1 %, für APG 03 ein nichtmetallischer Anteil unter 1 ‰ oder für APG 06 die Nichtbrennbarkeit (organischer Abfallanteil  $\leq 1$  % oder Nachweis durch Ofentest) und eine Druckfestigkeit von mehr als 10 N/mm<sup>2</sup> nachgewiesen werden.

Tabelle 5.2.1.2 gibt eine Übersicht über die Kenngrößen, die bei kompaktierten radioaktiven Abfällen über die Grundanforderungen hinausgehend einzuhalten sind, falls diese der APG 02 oder 04 zugeordnet werden.

Die endlagerrelevanten Eigenschaften und Kenngrößen, die bei fixierten radioaktiven Abfällen über die Grundanforderungen hinausgehend einzuhalten sind, enthält Tabelle 5.2.1.3. Diese Kenngrößen sind einzuhalten, falls die Abfallgebinde als Feststoffe oder als zementierte/betonierte Abfälle der Abfallbehälterklasse I oder störfallfest verpackte Abfälle der Abfallbehälterklassen I oder II endgelagert werden sollen.

Tabelle 5.2.1.4 gibt eine Übersicht über die Kenngrößen, die bei Konzentraten über die Grundanforderungen hinausgehend einzuhalten sind.

Die zu den Anforderungen und Kenngrößen der Tabellen dieses Abschnittes gehörigen Prüfkriterien werden nachfolgend zusammen mit den Prüfkriterien, die für sonstige Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle gelten, erläutert.

Endlagerrelevante Eigenschaft	Anforderung/Kenngröße	Gültig für APG/ABK
Produktzustand	keine gefüllten Ampullen und Gasflaschen	alle
	keine Selbstentzündung bei mittleren Temperaturen unterhalb 70 °C im Abfallgebinde	alle
	Anteil nicht gebundener Stoffe mit Schmelzpunkt unter 70 °C unter 1 % bzw. pastös oder stichfest bis zu Temperaturen von 70 °C	alle
	Volumenanteil an Flüssigkeiten unter 1 %	alle
	Gasbildung:	
	- Einhaltung des zulässigen Behälterinnendrucks bis zur sicheren Ablage im Endlager	alle
	- weitgehend drucklose Anlieferung	alle
	Konzentration explosionsgefährlicher Stoffe unter 3 g/200 l	alle
	Spaltstoffkonzentration unter 50 g/100 l	alle
	Maximal 1/20 der kleinsten kritischen Masse eines Spaltstoffs in jedem beliebig angeordneten kubischen 100-l-Volumen	alle
	Spaltmaterialfixierung bei mehr als 1 g Spaltstoff pro Abfallgebinde	I
	Ausschluß einer lokalen Aufkonzentrierung bei thermischer Belastung des Behälters für Abfallgebinde mit mehr als 15 g Spaltstoff	alle
	brennbarer Aktivitätsanteil unter 1 %	02
nichtmetallischer Aktivitäts- und Massenanteil unter 1 ‰	03	
Stapel- und Handhabbarkeit	Schwerpunktsabweichung für horizontale Achsen:	
	- in Längs- und Querrichtung jeweils $\leq 10 \%$	Container
	- in Längsrichtung $\leq 4,3 \%$ und in Richtung der Breitseite $\leq 8 \%$	Tausch- u. Transportpaletten
	Schwerpunktsabweichung für die vertikale Achse:	
	- siehe /1/	Transporteinheiten
	Stapelhöhe $\geq 6\text{m}$	alle

**Tab. 5.2.1.1:****Endlagerrelevante Eigenschaften und Kenngrößen bei verpackten radioaktiven Abfällen**



Endlagerrelevante Eigenschaft	Anforderung/Kenngröße	Gültig für APG
Produktzustand	plastisch verformt	04
	metallischer Preßling:	
	- nichtmetallischer Aktivitäts- und Massenanteil unter 1 %	04
	- Preßdruck $\geq 30$ MPa	04
	formstabil kompaktiert:	
	- Kartuschenwandstärke $\geq 0,75$ mm	04
	- Preßdruck $\geq 30$ MPa	04
	- Rückhaltung brennbarer Abfallbestandteile	04
	- vollständige Umhüllung der Abfälle, freier nichtbrennbarer Aktivitätsanteil unter 1 %	04
	thermisch stabil:	
	- Rückhaltung brennbarer Abfallbestandteile	02

**Tab. 5.2.1.2:**

**Zusätzliche Kenngrößen bei kompaktierten radioaktiven Abfällen**

Endlagerrelevante Eigenschaft	Anforderung/Kenngröße	Gültig für APG/ABK <sup>1)</sup>
Qualität des Fixierungsmittels	Nichtbrennbarkeit	02
	Schmelzpunkt oberhalb 300 °C	02
	hydraulisches Bindemittel (Zement)	02
Durchmischung	Einbindung	05
	thermisch stabil:	
	- Abfall/Matrix-Verhältnis $\leq 1,5$ bis zu einer Tiefe von 10 cm	05
	Aktivitätsverteilung	05
Mengenverhältnis Abfall/Fixierungsmittel/Wasser/Zuschlagstoffe	Thermisch stabil:	
	- Abfall-/Matrix-Verhältnis $\leq 1,5$	02
Abbinde-/Produktzustand	formstabil fixiert:	
	- Formstabilität und Inkompressibilität des Abfallprodukts bei betrieblichen Belastungen	I/II <sup>2)</sup>
	- Formstabile Fixierung des Abfallprodukts in Innenbehältern	II
	Druckfestigkeit $\geq 10 \text{ N/mm}^2$	05

<sup>1)</sup> Gültig für formstabil fixierte Abfälle in Innenbehältern der Abfallbehälterklasse II

<sup>2)</sup> Bei Einhaltung dieser Kenngröße entfallen in Abfallbehälterklasse I die über die Grundanforderungen hinausgehenden Anforderungen der Abfallproduktgruppen 02 bis 06. Dabei können die Aktivitätsgrenzwerte der APG 05 ausgeschöpft werden. In Abfallbehälterklasse II entfällt bei Einhaltung dieser Kenngröße und bei zusätzlicher formstabiler Fixierung des Abfallprodukts in Innenbehältern der Nachweis der mechanischen Integrität (II) nach Kapitel 3.5.1 bzw. Kapitel 7.

### **Tab. 5.2.1.3:**

#### **Zusätzliche Kenngrößen bei fixierten radioaktiven Abfällen**

Endlagerrelevante Eigenschaft	Anforderung/Kenngröße	Gültig für APG/ABK
Produktzustand	Druckfestigkeit $\geq 10 \text{ N/mm}^2$	06
	Brennbarkeit:	
	- organischer Abfallanteil $\leq 1 \%$ oder	06
	- Nachweis der Nichtbrennbarkeit durch Erwärmen	06

**Tab. 5.2.1.4:****Zusätzliche Kenngrößen für Konzentrate**

## 5.2.2 Prüfkriterien für konditionierte Abfälle

Die Einhaltung von Anforderungen kann auch durch Konditionierungsmaßnahmen wie Schmelzen, Kompaktieren, Fixieren, Trocknen oder durch die Art der Vorbehandlung der Abfälle (z.B. Zerkleinern oder Verbrennen) nachgewiesen werden. So ist beim Schmelzen aktivierter bzw. kontaminierter Metalle anzunehmen, daß bei entsprechender Kontrolle der Spaltmaterialkonzentration die Einhaltung der Grundanforderungen durch die Behandlung erreicht wird. Darüber hinaus können nach Kapitel 5.2.1 bei geeigneter Kontrolle brennbarer oder nichtmetallischer Anteile oder bei Nachweis einer hinreichenden Druckfestigkeit eines hergestellten Gußkörpers die Anforderungen der Abfallproduktgruppen 02, 03 oder 06 erfüllt werden.

Grundlage für die Berücksichtigung derartiger, durch die Vorbehandlung oder Konditionierung sichergestellter Anforderungen, sind die von den Ablieferungspflichtigen vorgelegten Dokumentationen. Dabei werden auch durch die Dokumentationen belegte Eigenschaften oder Kenngrößen berücksichtigt, bei deren Einhaltung nach Kapitel 6.1 bis 6.3 Kontrollen am Abfallprodukt oder an Abfallgebinden entfallen können. Es gelten für die Bewertung der Dokumentationen die in Kapitel 5.1.4 unter dem Stichwort "Dokumentation" erläuterten Kriterien, die gemäß Kapitel 5.1.5 für die Häufigkeit und Notwendigkeit von Prüfungen an den Gebinden maßgeblich sind.

Die Richtigkeit der vorgelegten Dokumentationen wird durch die Prüfungen an den gemäß Kapitel 5.1 als Stichproben ausgewählten Abfallgebinden und durch Vergleich der angegebenen Eigenschaften mit erwarteten Eigenschaften der Abfälle überprüft (Konsistenzprüfung). Beispielsweise ist bei der Zementierung flüssiger Abfälle zu erwarten, daß Masse und Ortsdosisleistung der Gebinde innerhalb einer Konditionierungscharge näherungsweise übereinstimmen und daß die Dosisleistung an der Mantelfläche der Abfallgebinde näherungsweise konstant ist. Derartige erwartete Eigenschaften können auch aus vorherigen Prüfungen oder Untersuchungen (z.B. Verhältniszahlen für Radionuklide in Kernkraftwerksabfällen) oder aus der Inaugenscheinnahme der Abfallgebinde eines Prüfloses abgeleitet werden. Insbesondere ist nach der Stichprobenanweisung in Kapitel 5.1.6 vorgesehen, bei Hinweisen auf fehlerhafte Gebinde mehrere Gebinde eines Prüfloses zu untersuchen, so daß die Richtigkeit der Dokumentationen in den genannten Fällen durch einfache Kontrollmaßnahmen (Dosisleistungsmessungen, Gammamessungen, Wägungen oder Sichtprüfungen) überprüft werden kann.

Nachfolgend wird zusammenfassend dargestellt, welche Kriterien bei konditionierten Abfällen zugrunde gelegt werden, um die Einhaltung der Anforderungen zu beurteilen. Sie werden kurz als Prüfkriterien bezeichnet. Das BfS behält sich vor, auch andere Prüfverfahren als die nachfolgend genannten festzulegen, falls diese die Beurteilung der Endlagerbarkeit von Abfallgebinden erlauben.

### 5.2.2.1 Überprüfung der Grundanforderungen an Abfallprodukte

#### Ampullen/Gasflaschen

Anhand der vorgelegten Dokumentationen wird geprüft, ob in dem betreffenden Abfallstrom Ampullen und/oder Gasflaschen vorkommen können. Falls dies der Fall ist, wird überprüft, ob die Produkthanforderung durch die Art der Behandlung (Schmelzen, Kompaktieren) bzw. die Vorbehandlung des Abfalls (Zerkleinern, Verbrennen) sichergestellt wird oder ob durch die dokumentierten Kontrollmaßnahmen belegt wird, daß Ampullen und Gasflaschen entweder geöffnet und entleert oder zerstört wurden.

Ampullen bzw. Gasflaschen werden bei unfixierten Abfällen durch Öffnen des Abfallgebindes und Inaugenscheinnahme des Abfallprodukts festgestellt. Bei fixierten Abfällen werden die Schutzziele des Endlagers gemäß Kapitel 3.4.1 durch die Fixierung erreicht, so daß Prüfungen in der Regel entfallen können.

#### Selbstentzündung

Anhand der vorgelegten Dokumentationen wird geprüft, ob das Konditionierungsverfahren mit einer Erwärmung des Abfalls über 70 °C verbunden ist, oder ob eine Selbstentzündung aufgrund der

- Abfallart
- Vorbehandlung (Shreddern, Verbrennen)
- Behandlung (Kompaktieren, Trocknen) oder
- dokumentierter stofflicher Untersuchungen

auszuschließen ist. Notwendigenfalls wird die Möglichkeit einer Selbstentzündung durch Erwärmen eines inaktiven Abfallsimulates oder einer Probe des Abfallproduktes auf Temperaturen bis zu 200 °C geprüft.

#### Fest

Für konditionierte Abfälle ist sicherzustellen, daß das Abfallprodukt fest ist, d. h., daß der im Abfall vorhandene, nicht durch die Konditionierung gebundene Volumenanteil an Abfallstoffen mit einem Schmelzpunkt  $T_s < 70$  °C kleiner als 1 % ist, bzw. daß das Abfallprodukt bis zu Temperaturen von 70 °C pastös oder stichfest ist.

Bei unbehandelten oder lediglich geschredderten und bei durch Schmelzen oder Trocknen konditionierten Abfällen gilt die Anforderung als erfüllt, falls aufgrund der dokumentierten Herkunft und Art der Abfälle und ggf. aufgrund der dokumentierten Betriebsbedingungen des Konditionierungsverfahrens nach allgemeiner Übereinstimmung erwartet wird, daß der Anteil an Abfallstoffen, die bei Temperaturen unterhalb 70 °C aus dem Abfallprodukt in flüssiger Form austreten könnten, weniger als 1 % beträgt, bzw. daß das Abfallprodukt aus den genannten Gründen bis zu Temperaturen von 70 °C pastös oder stichfest ist. Notwendigenfalls werden am geöffneten Gebinde Sichtprüfungen, Prellhärtemessungen oder Stichprüfungen vorgenommen oder Abfallproben entnommen und bei 70 °C auf Einhaltung der genannten Anforderungen untersucht.

Bei veraschten, fixierten oder in Kartuschen verpreßten Abfällen wird die Einhaltung der Anforderung durch die Behandlung bzw. Konditionierung der Abfälle erreicht, so daß der Nachweis einer entsprechenden Behandlung bzw. Konditionierung der Abfälle ausreichend ist. Notwendigenfalls wird die ordnungsgemäße Konditionierung durch die im vorigen Absatz genannten Prüfungen am geöffneten Gebinde überprüft.

#### Freie Flüssigkeit

Der zulässige Anteil freier Flüssigkeit beträgt 1 % des Nettogebindevolumens. Sofern sich in Senken des Abfallgebundes keine freie Flüssigkeit gesammelt hat, gilt die Anforderung als erfüllt. Notwendige Prüfungen erfolgen durch Inspektion am geöffneten Faß, erforderlichenfalls durch Kippen des Fasses. Korrosionsstellen an Fässern (Durchrostungen) sind ein wichtiger Hinweis auf freie Flüssigkeit bei der Inaugenscheinnahme der Abfallgebände eines Prüfloses.

#### Gasbildung

Die zulässige Gasbildungsrate gilt als überschritten, wenn die Gebindeprüfung ergibt, daß

- das Abfallgebände sichtbare Verformungen aufweist, z.B. eine gegen ein Lineal erkennbare Aufwölbung des Deckels,
- beim Öffnen des Deckels eine erkennbare Druckentlastung stattfindet (z.B. Zischen) oder
- bei der Gasprobenahme durch die Deckeldichtung ein Überdruck festgestellt wird, der unter Berücksichtigung der Lagerzeit und des Leervolumens im Gebinde rechnerisch zu einer Überschreitung des zulässigen Behälterinnendruckes führt oder der der Forderung nach einer weitgehend drucklosen Anlieferung der Abfallgebände an das Endlager widerspricht.

Der zulässige Behälterinnendruck, der bis zum Zeitpunkt der sicheren Ablage der Abfallgebände in einer Einlagerungskammer (d. h. bis zum Versetzen der Gebände) einzuhalten ist, gilt als eingehalten, falls die zulässige Gasbildungsrate nach den obengenannten Prüfkriterien eingehalten wird und falls durch geeignete Maßnahmen bei der Ablieferung an das Endlager sichergestellt wird, daß ein Innendruck von 1,2 bar nicht überschritten wird. Geeignete Maßnahmen können z.B. Sichtprüfungen an den Gebänden auf innendruckbedingte Verformungen oder die Druckentlastung der Gebände durch Öffnen oder geeignete Überdruckventile sein.

#### Explosionsgefährlich

Sofern zu konditionierende Abfälle nicht aus Anlagen stammen, die nach § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz /10/ genehmigungsbedürftig sind, ist davon auszugehen, daß durch Regelungen des Sprengstoffgesetzes /4/ keine die zulässigen Mengen überschreitenden Massen an explosionsgefährlichen Stoffen in die Abfälle ge-

langt sind.

Ansonsten ist von der Einhaltung der Grenzwerte auszugehen, falls aufgrund der Herkunft der Abfälle, der Abfallart und des angewendeten Konditionierungsverfahrens keine Hinweise bestehen, daß explosionsgefährliche Stoffe in den Abfall gelangen bzw. bei der Konditionierung entstehen. Diese Forderung ist gleichfalls durch das Sprengstoffgesetz abgedeckt, so daß Prüfungen auf explosionsgefährliche Stoffe an Abfallgebinden in der Regel nicht durchzuführen sind.

#### Spaltmaterial

Wegen der unabhängigen internationalen Spaltstoffflußkontrolle haben die Spaltmaterialangaben einen hohen Vertrauenswert. Sofern aufgrund der Herkunft der Abfälle offensichtlich ist, daß weniger als 50 g Spaltmaterial pro Abfallgebinde anfallen (z.B. bei Kernkraftwerksabfällen) oder sofern der Abfall aus einem diesbezüglich nachqualifizierbaren Konditionierungsverfahren stammt, wird die Einhaltung der o.a. Konzentration als gegeben angesehen. In Ausnahmefällen besteht die Möglichkeit, den Wert durch zerstörungsfreie Neutronenmessungen oder durch Probenahme und  $\alpha$ -Spektrometrie zu überprüfen.

#### Spaltmaterialfixierung

Anhand der vorgelegten Dokumentationen und ggf. durch Inaugenscheinnahme wird bei Abfallgebinden, die mehr als 1 g brennbare spaltbare Stoffe enthalten, geprüft, ob die betreffenden Abfälle in Fässer verpackt oder in Kartuschen verpreßt sind und zusätzlich

- in einer nicht brennbaren Matrix so fixiert sind, daß von einer Bedeckung der gesamten Abfalloberfläche durch die Matrix auszugehen ist oder ob
- durch die Verpackung sichergestellt wird, daß der Abfall allseitig von einer mindestens 5 cm dicken, wasserfesten, nicht brennbaren Schicht umgeben ist.

Der Nachweis der Umhüllung der Abfälle durch eine hinreichend dicke, wasserfeste und nicht brennbare Schicht kann auch im Rahmen der Bauartprüfung der Abfallbehälter gemäß Kapitel 7 geführt werden.

#### Stapel- und Handhabbarkeit

Sofern eine den Anforderungen entsprechende Stapel- und Handhabbarkeit der Abfallgebinde nicht durch die Bauartprüfung des Behälters nachgewiesen ist, wird geprüft, ob durch die Formstabilität des Abfallprodukts, durch seine Füllhöhe im Behälter und durch seine Verteilung im Behälter die Einhaltung der diesbezüglichen Anforderungen sichergestellt wird.

### **5.2.2.2 Überprüfung zusätzlicher Anforderungen an Abfallprodukte (APG 02...06 und störfallfest verpackte Abfälle der ABK I und II)**

#### Brennbare Abfallstoffe (APG 02 und 04)

Sofern aufgrund der Abfallart oder der Vorbehandlung der Abfälle (z.B. Verbrennen) nicht ausgeschlossen werden kann, daß brennbare Abfallstoffe mit einem Schmelzpunkt unter 300 °C in den Abfällen einen Anteil an der Aktivität von mehr als 1 % aufweisen, wird bei unfixierten Abfällen, die der Abfallproduktgruppe 02 zugeordnet werden, durch Sichtprüfung überprüft, ob der genannte Anteil brennbarer Abfallstoffe nicht überschritten wird.

Hinreichende Kontrollmaßnahmen für kompaktierte Abfälle, die der Abfallproduktgruppe 02 oder 04 zugeordnet werden, werden unter den Stichworten "thermisch stabil" und "formstabil kompaktiert" behandelt.

Bei fixierten Abfällen, die der Abfallproduktgruppe 02 zugeordnet werden, ist der Anteil brennbarer Abfallstoffe auf weniger als 60 % zu begrenzen. Weiter sind brennbare Abfallstoffe so zu verteilen, daß der Volumenanteil der Matrix in einer Tiefe von mindestens 10 cm mehr als 40 % beträgt. Die entsprechenden Prüfkriterien für Abfallgebinde werden unter dem Stichwort "thermisch stabil" behandelt.

Metalle (APG 03)

Bei Abfällen, die der Abfallproduktgruppe 03 zugeordnet werden, ist die in Kapitel 3.3.2 geforderte Stoffreinheit durch die Herkunft der Abfälle (z. B. Corebauteile), ggf. in Verbindung mit spezifizierten Vorbehandlungs- oder Behandlungsmaßnahmen (z. B. Dekontaminieren, Schmelzen), nachweisbar. Die Stoffreinheit muß durch die vom Ablieferungspflichtigen vorgelegten Dokumentationen belegt werden und offensichtlich sein. Dies gilt a priori für Werkstoffe - mit der Ausnahme von Graphit - von Einbauteilen eines Reaktorkerns. Die Gültigkeit der Dokumentationen wird durch zerstörungsfreie Gammamessungen bzw. durch Sichtprüfung an geöffneten Gebinden überprüft. Eine direkte Bestimmung nichtmetallischer Fremdstoffe ist durch Sichtprüfung nur in günstigen Fällen möglich, so daß an die Güte der vorgelegten Dokumentationen hohe Anforderungen zu stellen sind.

Metallischer Preßling (APG 04)

Für metallische Preßlinge wird gemäß Kapitel 3.3.2 die plastische Verformung der Abfälle mit einem Preßdruck über 30 MPa und ein nichtmetallischer Aktivitäts- und Massenanteil unter 1 % gefordert.

Es wird durch Inaugenscheinnahme geprüft, ob bei den hergestellten Preßlingen eine erhebliche Deformation und Volumenreduktion eines formstabilen Rohabfalls erkennbar ist und ob an der Oberfläche nichtmetallische Bestandteile sichtbar sind. Zulässige sichtbare nichtmetallische Bestandteile sind Folienverpackungen, Schutzanstriche u. ä. Falls nichtmetallische Bestandteile sichtbar sind, die Anlaß zu der Vermutung geben, daß im Preßling selbst noch weitere derartige Bestandteile vorhanden sind (z.B. Enden von Textilien), wird die Überschreitung der 1 %-Grenze angenommen. Bei geschlossenen Fässern ist die mittlere Dichte ein wichtiger Hinweis auf den verdichteten Materialzustand.

Formstabil kompaktiert (APG 04)

Für formstabil kompaktierte Preßlinge wird gemäß Kapitel 3.3.2 eine Kartuschenmindestwandstärke von 0,75 mm, ein Preßdruck über 30 MPa, die Rückhaltung brennbarer Abfallbestandteile und eine vollständige Umhüllung der Abfälle gefordert, die lediglich nichtbrennbare freie Aktivitätsanteile unter 1% zuläßt.

Die Einhaltung der Kriterien bzw. Kenngrößen 1 bis 4 gilt als erfüllt, sofern der Abfall aus einem nachqualifizierbaren Verfahren stammt oder sofern beim Preßling bei der Inaugenscheinnahme die Kartusche mit einer erheblichen Volumenreduktion erkennbar ist und keine freien Anteile sichtbar sind. Bei einer Einordnung der Altabfälle in APG04 sind die Kartuschenwandstärke und der Preßdruck zu belegen. Notwendigenfalls wird die Wandstärke der Kartusche an einem Probestück beurteilt.

Thermisch stabil (APG 02)

Bei fixierten, der APG 02 zugeordneten brennbaren Abfällen gelten die Anforderungen als eingehalten, falls in einer 10 cm tiefen Außenschicht des Abfallprodukts der Volumenanteil des Matrixmaterials mindestens 40 % beträgt und die Dichte des Abfallprodukts insgesamt größer als 1600 kg/m<sup>3</sup> ist. Die geforderte Begrenzung des Anteils brennbarer Abfallstoffe auf 60% wird durch Wägung und durch Abschätzung des an der Oberfläche des Abfallprodukts sichtbaren Abfallanteils oder durch zerstörungsfreie Gammamessung an der Außenfläche des Abfallgebindes kontrolliert. Die Anforderungen an das Fixierungsmittel werden nachfolgend behandelt.

Bei Preßlingen, die der APG 02 zugeordnet werden, gilt die Anforderung als eingehalten, sofern die Kartusche erkennbar ist und bei kompressiblen Abfällen eine erhebliche Volumenreduktion ersichtlich ist.

Qualität des Fixierungsmittels (APG 02 und 05)

1. Bei fixierten brennbaren Abfällen mit einem Schmelzpunkt unter 300 °C, die der Abfallproduktgruppe 02 zugeordnet werden, muß das verwendete Fixierungsmittel nicht brennbar sein und einen Schmelzpunkt oberhalb 300 °C aufweisen. Ein ausreichender Nachweis ist gegeben, falls die geforderten Eigenschaften des Fixierungsmittels bekanntermaßen erfüllt werden (z.B. bei Zement) oder falls die Einhaltung dieser Anforderungen aus den Angaben des Herstellers ersichtlich ist. Erforderlichenfalls kann die Brennbarkeit oder der Schmelzpunkt des Fixierungsmittels auch durch Versuche an inaktiven Proben oder gleichwertige Nachweise überprüft werden.

2. Die in Abfallproduktgruppe 05 geforderte Fixierung des radioaktiven Abfalls in Zementstein oder Beton läßt ausschließlich hydraulische Bindemittel (in der Regel Zement) zu. Ein ausreichender Nachweis wird durch die Lieferspezifikation des Herstellers gegeben.

Die Verwendung des angegebenen Fixierungsmittels kann erforderlichenfalls auch durch Wägung oder Sichtprüfung am geöffneten Abfallgebinde kontrolliert werden.

#### Einbindung (APG 05)

Relevant für konditionierte Abfälle ist, ob nicht eingebundener/verfestigbarer Abfall möglicherweise einbindbar/verfestigbar ist (z.B. Aschen in PE-Beutel mit Zement vergossen).

Bei einwandfreier Einbindung ist in der Regel eine homogene oder gleichmäßig ansteigende Aktivitätskonzentration zu erwarten. Starke Schwankungen der Strahlungsintensität bei der Messung der Oberflächendosisleistung oder bei Gammamessungen sind ein Hinweis auf möglicherweise mangelhafte Einbindung.

Erforderlichenfalls wird die Einbindung durch Bohrprobenahme überprüft. Prüfkriterien sind der Widerstand gegen das Eindringen des Bohrers, der bei mangelhafter Einbindung plötzlich nachläßt und die Konsistenz des gefördert Bohrstaubs. Zusätzlich können in ungewöhnlichem Ausmaß Bestandteile von Verpackungen auftreten. Anhand der Beobachtungen bei der Bohrprobenahme wird beurteilt, ob die Einbindung gegeben ist.

#### Aktivitätsverteilung (APG 05)

Bei Abfällen mit einem ausreichend großen Anteil an Gammastrahlern wird die Aktivitätsverteilung durch

- Messung der Ortsdosisleistung oder durch
- spektrometrische Messung der Strahlungsintensität und -energie

an verschiedenen Punkten der Außenfläche des Gebindes bestimmt, so daß eine ausreichende zerstörungsfreie Überprüfung der Einhaltung der maximal zulässigen Aktivitätskonzentration erfolgt.

Bei reinen Betastrahlern werden erforderlichenfalls Aktivitätsmessungen an Bohrproben aus räumlich verschiedenen Stellen im Abfallprodukt vorgenommen.

Bei Abfällen, deren Brennbarkeit ausgeschlossen werden kann, wird eine gleichmäßige Aktivitätsverteilung nicht gefordert.

#### Formstabil fixiert (störfallfest verpackte Abfälle der ABK I und II)

Bei durch formstabile Fixierung störfallfest verpackten Abfällen wird die Einhaltung der Anforderungen in der Regel durch qualifiziertes Vergießen von Innenbehältern (z.B. Fässer oder Metallkartuschen) in Betonbehältern oder Containern nachgewiesen. Die Prüfung der Anforderungen an das Abfallprodukt beschränkt sich daher gemäß Tabelle 3.4.9 in Kapitel 3 in Abfallbehälterklasse I auf die Einhaltung der zulässigen Gasbildungsrate und auf die Existenz der Innenbehälter. Die Störfallfestigkeit der Verpackung ist im Rahmen der Bauartprüfung nach Kapite 17 nachzuweisen.

Bei formstabil fixierten Abfällen, die als störfallfest verpackte Abfälle der Abfallbehälterklasse II zugeordnet werden, ist über die im vorigen Absatz genannten Anforderungen hinausgehend nachzuweisen, daß die Abfälle im Innenbehälter selbst formstabil fixiert sind, so daß die im bestimmungsgemäßen Betrieb an dem Innenbehälter auftretenden Belastungen keine Schäden durch Volumenänderungen des Abfallproduktes verursachen würden. Geprüft wird erforderlichenfalls durch Sichtprüfung bzw. Stichprobe am geöffneten Innenbehälter (Faß), ob die Abfälle fixiert und formstabil sind.

#### Druckfestigkeit (APG 05 und 06)

Falls die Druckfestigkeit des Abfallprodukts nicht durch die vom Ablieferungspflichtigen vorgelegten Dokumentationen hinreichend nachgewiesen ist, wird sie erforderlichenfalls über Prellhärtemessungen am geöffneten Gebinde überprüft.



### Brennbarkeit (APG 05 und 06)

Die Nichtbrennbarkeit des Abfallprodukts ist bei einer Zuordnung zur APG 06 vom Ablieferungspflichtigen durch die vorgelegten Dokumentationen zu belegen. Erforderliche Prüfungen erfolgen durch Analyse des überstehenden Gases auf organische Verbindungen, durch Inaugenscheinnahme des Trockenkörpers (in der Regel mit einer Glasfaseroptik) oder durch Differential-Thermo-Analyse an kleinen Abfallproben.

Bei Nachweis der Nichtbrennbarkeit der, ggf. vorbehandelten, Rohabfälle entfällt bei einer Zuordnung der Abfallgebinde zur APG 05 die Forderung nach einer gleichmäßigen Aktivitätsverteilung. Die Nichtbrennbarkeit der Rohabfälle ist vom Ablieferungspflichtigen zu belegen. Erforderliche Prüfungen erfolgen durch Inaugenscheinnahme des Abfallprodukts, ggf. mit einer Glasfaseroptik in Bohrungen, oder durch Untersuchung von Bohrproben.

### **5.2.2.3 Überprüfung der Gesamtaktivität und der Aktivität relevanter Radionuklide**

Die für endzulagernde Abfallgebinde gültigen Aktivitätsbegrenzungen werden für standardisierte Behälter durch die Endlagerungsbedingungen quantitativ festgelegt. Soweit diese Aktivitätsbegrenzungen von den Außenabmessungen der Behälter abhängen, werden sie bei Verwendung von Abfallbehältern mit abweichenden Außenabmessungen vom BfS nach den im Rahmen der Sicherheitsanalyse angewendeten Verfahren festgelegt. Eine Spezifizierung und Quantifizierung zusätzlicher Kenngrößen für die Produktkontrolle ist daher nicht notwendig. Endlagerrelevante Eigenschaften sind die Gesamtaktivität und die Aktivität relevanter Radionuklide eines individuellen Abfallgebundes oder der in einem oder in drei Stapelabschnitten, der in einem Einlagerungsjahr bzw. der am Ende der Betriebsphase eingelagerten Abfallgebinde.

Sofern aufgrund der Herkunft, der Art oder der Behandlung der Abfälle nicht ausgeschlossen werden kann, daß die Abfälle deklarationspflichtige Radionuklide enthalten bzw. Deklarationsgrenzen überschritten werden, wird die Gesamtaktivität bzw. die Aktivität relevanter Radionuklide bei den zu prüfenden Abfallgebunden durch eines oder notwendigenfalls mehrere der nachfolgenden Ermittlungsverfahren bestimmt:

1. Berechnung oder Abschätzung aufgrund bekannter dokumentierter Daten der Abfälle (z. B. Aktivierungsrechnungen für Corebauteile)
2. Messung der Ortsdosisleistung und Berechnung oder Abschätzung nach anerkannten Berechnungsverfahren bei hinreichend bekannter, gleichbleibender Zusammensetzung der Radionuklide im Abfall.
3. Messung der nuklidspezifischen Aktivität charakteristischer Radionuklide und Berechnung oder Abschätzung nach anerkannten Berechnungsverfahren. Als charakteristische Radionuklide oder Schlüsselnuclide werden Radionuklide bezeichnet, die zu anderen in den Abfällen enthaltenen Radionukliden in festen Verhältnissen stehen, so daß eine Bestimmung der Gesamtaktivität oder der Aktivität relevanter Radionuklide rechnerisch bei bekannter Aktivität dieser charakteristischen Radionuklide möglich ist.
4. Messung der Gesamtaktivität bzw. der Aktivität relevanter Radionuklide mit geeigneten Meßverfahren. Diese Messungen sind notwendigenfalls an Rohabfall- oder Abfallproduktproben durchzuführen.

Als Meßverfahren sind nach heutigem Stand zerstörungsfreie Dosisleistungs-, Gamma- bzw. Neutronenmessungen und nach geeigneter chemischer Aufbereitung von Abfallproben die Aktivitätsbestimmung von Alphastrahlern mit Sperrschichtzählern an dünnen Proben und von Betastrahlern im Flüssigszintillationszähler vorgesehen. Niederenergetische Gammastrahler werden an besonderen Meßplätzen untersucht. In besonderen Fällen werden auch Neutronenmessungen oder Aktivitätsmessungen in der Gasatmosphäre durchgeführt.

### **5.2.2.4 Überprüfung sonstiger Anforderungen**

Durch die Endlagerungsbedingungen werden weitere Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle gestellt, die an Abfallgebunden nach den folgenden Prüfkriterien kontrolliert werden.

1. Die Vermischung endzulagernder radioaktiver Abfälle mit Stoffen, die nach dem Kreislaufwirtschafts- und

Abfallgesetz - KrW -/AbfG- /12/ zu beseitigen sind, wird durch die Kontrolle der Art und Herkunft der verarbeiteten Abfälle ausgeschlossen. Geprüft wird, ob bei dem jeweiligen Abfallverursacher nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz zu beseitigende Stoffe anfallen und ob ggf. durch hinreichende Kontrollmaßnahmen eine Vermischung mit radioaktiven Abfällen ausgeschlossen werden kann oder ob die bestehende Umgangsgenehmigung den Umgang mit derartigen Stoffen ausschließt.

2. Die Einhaltung der zulässigen Werte der Ortsdosisleistung von Abfallgebinden kann durch Einhaltung bestimmter Aktivitätswerte, durch eine geeignete Verteilung der Abfälle im Gebinde, durch Abschirmmaßnahmen bzw. durch Messung der Ortsdosisleistung vom Ablieferungspflichtigen sichergestellt werden. Geprüft wird, ob durch eine oder ggf. mehrere der genannten Maßnahmen sichergestellt wird, daß die zulässigen Werte der Ortsdosisleistung bei Beförderung, Handhabung und Stapelung der Abfallgebinde nicht überschritten werden.
3. Die Einhaltung der zulässigen Flächenkontamination von Abfallgebinden wird durch Vermeidung von Kontamination bei Herstellung, Lagerung, Transport und Befüllung der Behälter oder durch Dekontamination in Verbindung mit meßtechnischen Überprüfungen sichergestellt. Geprüft wird, ob durch eine oder mehrere der genannten Maßnahmen sichergestellt wird, daß die zulässigen Werte der Flächenkontamination bei der Ablieferung der Abfallgebinde an das Endlager nicht überschritten werden.
4. Die Beschädigung des Behälters durch das Abfallprodukt bei Beförderung, Handhabung und Stapelung wird durch sachgerechte Befüllung der Behälter bzw. durch korrosionsgeschützte Oberflächen bei Stahlblechbehältern verhindert. Prüfkriterien für bereits hergestellte Behälter/Verpackungen bzw. für Abfallgebinde werden in Kapitel 3.5 bzw. in Kapitel 7 beschrieben.
5. Die möglichst vollständige Befüllung der Behälter wird ebenfalls durch sachgerechte Befüllung der Behälter sichergestellt (z. B. durch Festlegung zulässiger Bandbreiten bei der Wägung bzw. Dosierung von Abfällen oder durch visuelle Kontrolle des Füllstandes vor dem Verschließen der Behälter). Anhand der vorgelegten Dokumentationen wird geprüft, ob durch die durchgeführten Maßnahmen sichergestellt wird, daß die Behälter möglichst vollständig befüllt sind, so daß die Forderungen nach einer möglichst vollständigen Verfüllung der Einlagerungsbereiche und nach einer ausreichenden Stapeldruckfestigkeit der Abfallgebinde erfüllt werden. Erforderliche Kontrollen werden durch Dosisleistungs- oder Gammamessung an der Mantelfläche der Gebinde, durch Wägung oder durch Inaugenscheinnahme am geöffneten Gebinde durchgeführt.
6. Die Einhaltung der maximal zulässigen Masse von 20 Mg für beladene Tauschpaletten oder für befüllte Container wird in der Regel durch Wägung oder Berechnung bei bekannter Dichte des Abfallprodukts sichergestellt. Geprüft wird, ob durch geeignete Instrumentierungen bzw. Kontrollmaßnahmen sichergestellt wird, daß Transporteinheiten mit einer Masse von mehr als 20 Mg nicht zur Endlagerung abgeliefert werden.

Weitere Anforderungen an Abfallbehälter werden entsprechend Kapitel 3.5 bzw. 7 überprüft.

7. Sonstige Anforderungen betreffen die Einhaltung der Beförderungsvorschriften, die Form der Begleitpapiere, die Kennzeichnung der Abfallgebinde, die Beladung von Tauschpaletten und die trockene Anlieferung von Transporteinheiten. Die Einhaltung dieser Anforderungen wird am Endlager durch Überprüfung der Begleitpapiere bzw. durch Inaugenscheinnahme kontrolliert, so daß zusätzliche, vom Ablieferungspflichtigen unabhängige Kontrollmaßnahmen im Rahmen der Produktkontrolle in der Regel entfallen können.

### 5.2.3 Festlegung des Prüfumfanges für konditionierte Abfälle

Bei der Festlegung des Prüfumfanges für konditionierte Abfälle werden die in Kapitel 5.2.2 erläuterten Prüfkriterien zugrunde gelegt. Insbesondere ist bei der Stichprobenprüfung sicherzustellen, daß die an den als Stichproben ausgewählten Gebinden durchgeführten Prüfungen eine zuverlässige Aussage über die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen erlauben. Die Anforderungen, die bei quantitativ einzuhaltenden Kenngrößen an die Genauigkeit der angewendeten Nachweisverfahren (z.B. Meß- oder Rechenverfahren) gestellt werden, wurden bereits in Kapitel 4.2 behandelt. Hier wird darüber hinausgehend erläutert, wie vom BfS über die Notwendigkeit der Prüfung bestimmter Kenngrößen an den als Stichproben ausgewählten Gebinden entschieden wird.

Generell kann eine direkte Überprüfung von Eigenschaften oder Kenngrößen entfallen, falls die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen bzw. die Erreichung des vorgegebenen Schutzzieles anderweitig sichergestellt wird. Dabei lassen sich die folgenden Fälle unterscheiden:

1. Die Einhaltung der betreffenden Eigenschaften wird im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Aufsicht oder aufgrund internationaler Vereinbarungen geprüft. Zu diesem Bereich werden auch die Eigenschaften von Abfallbehältern gezählt, für die der Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen im Rahmen von Bauartprüfungen erbracht wird und weiter die Eigenschaften von Materialien oder Stoffen, die bei der Vorbehandlung bzw. Konditionierung der Abfälle verwendet werden und deren Qualität durch deutsche oder internationale Normen oder gleichwertige Liefervereinbarungen in ausreichendem Umfang sichergestellt wird (z. B. für Abschirmmaterialien, Fixierungsmittel oder Zuschlagstoffe). Die im Rahmen der Stichprobenprüfungen durchgeführten Kontrollen beschränken sich in der Regel auf die Überprüfung der vorgelegten Dokumentationen.
2. Der Roh- bzw. vorbehandelte Abfall besitzt aufgrund seiner Herkunft bzw. aufgrund des angewendeten Vorbehandlungsverfahrens Eigenschaften, die den Verzicht auf bestimmte Prüfungen erlauben. Hierzu werden auch Anforderungen gerechnet, deren Nichteinhaltung bei der Vorbehandlung entdeckt und bei denen durch geeignete Maßnahmen eine Endlagerung nicht spezifikationsgerechter Gebinde ausgeschlossen wird. Entsprechend den Prüfkriterien bzw. Prüflisten in Kapitel 3 gehören hierzu insbesondere
  - Einbauteile eines Reaktorkerns (mit der Ausnahme von Graphit) oder dekontaminierte Baustähle, die die für metallische Feststoffe der APG 03 erforderliche Stoffreinheit aufweisen, und die damit auch sämtliche Grundanforderungen erfüllen, da die betreffenden Abfallströme insbesondere keine Ampullen oder Gasflaschen enthalten,
  - geschredderte Abfälle, bei denen die Selbstentzündung bei der Behandlung entdeckt und gefüllte Ampullen oder Gasflaschen zerstört werden und
  - veraschte Abfälle, bei denen von der Einhaltung sämtlicher Grundanforderungen auszugehen ist.

Diesbezügliche Kontrollen im Rahmen der Stichprobenprüfungen können daher auf die Prüfung, daß die angegebenen Abfälle in den geprüften Gebinden enthalten sind und auf die Prüfung der nicht durch die Herkunft oder Vorbehandlung dieser Abfälle sichergestellten Kenngrößen beschränkt werden.

Die möglichen Reduzierungen des Prüfumfangs bei Nichtausschöpfung der Störfallgrenzwerte der Endlagerungsbedingungen wurden bereits in Kapitel 3.4.2 erläutert. Weitere Reduzierungen können bei Nichtausschöpfung der Garantiewerte des bestimmungsgemäßen Betriebes resultieren. Danach kann auf eine Spezifizierung und Kontrolle der chemischen Form von Tritium, C-14, I-129 oder Ra-226 bzw. des Massenanteils an Wasser bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt verzichtet werden, falls die jeweiligen Garantiewerte der unspezifizierten chemischen Form dieser Radionuklide eingehalten werden oder falls die Abfälle im Rahmen der Regelungen endgelagert werden sollen, die bei Überschreitung der Garantiewerte vorgesehen sind.

3. Durch die Art der Konditionierung wird die Einhaltung weiterer Kenngrößen sichergestellt. Entsprechend den Prüflisten in Kapitel 3.4 werden die folgenden Anforderungen durch die entsprechenden Produktanforderungen abgedeckt:
  - Durch die Fixierung von Abfällen in Bitumen werden freie Flüssigkeiten ausgeschlossen und ein fester Zustand des Abfallprodukts sichergestellt. Die Selbstentzündung des Abfallprodukts kann aufgrund der Verarbeitungstemperatur bei der Konditionierung ausgeschlossen werden.
  - Durch die Stoffreinheit bei metallischen Feststoffen der APG 03 werden auch die Selbstentzündung, freie Flüssigkeiten und die Gasbildung ausgeschlossen und ein fester Zustand des Abfallprodukts sichergestellt und der Anteil brennbarer spaltbarer Stoffe so begrenzt, daß eine "Spaltmaterialfixierung" entfallen kann.
  - Durch die formstabile Kompaktierung oder die Einhaltung der Anforderungen für metallische Preßlinge in APG 04 wird auch die Selbstentzündung des Abfallprodukts ausgeschlossen und die Zerstörung flüssigkeits- oder gasgefüllter Ampullen und Gasflaschen und ein fester Zustand des

Abfallprodukts sichergestellt. Dies gilt auch für kompaktierte Abfälle, die die mit dem Stichwort "thermisch stabil" verbundenen Anforderungen erfüllen. Durch die Kompaktierung in Kartuschen wird auch die Anforderung "Spaltmaterialfixierung" erfüllt, falls die Preßlinge in nicht brennbaren Behältern verpackt werden, wovon nach heutigem Stand auszugehen ist.

- Durch die Einbindung/Verfestigung mit einer hinreichenden Druckfestigkeit und eine hinreichend gleichmäßige Aktivitätsverteilung wird für zementierte/betonierte Abfälle der APG 05 die Selbstentzündung des Abfallprodukts ausgeschlossen, ein fester Produktzustand sichergestellt, spaltbare Stoffe fixiert und das mit dem Ausschluß flüssigkeits- oder gasgefüllter Ampullen und Gasflaschen von der Endlagerung verbundene Schutzziel erreicht. Dies gilt auch für fixierte Abfälle der APG 02, die die mit dem Stichwort "thermisch stabil" verbundenen Anforderungen erfüllen.
- Durch eine hinreichende Druckfestigkeit und durch die Nichtbrennbarkeit bei Konzentraten der APG 06 werden auch die Selbstentzündung, freie Flüssigkeiten, die Gasbildung und Ampullen und Gasflaschen ausgeschlossen und der feste Zustand des Abfallprodukts sowie die Fixierung spaltbarer Stoffe sichergestellt.

Bei der Stichprobenprüfung wird geprüft, ob die angegebenen Konditionierungsverfahren angewendet wurden und ob die genannten Kenngrößen der jeweiligen Abfallproduktgruppe eingehalten werden.

Falls die zulässigen Aktivitätsgrenzwerte nicht ausgeschöpft werden, werden die Prüfungen für Eigenschaften des Abfallprodukts unter Berücksichtigung der gemäß Kapitel 3.4.2 verminderten oder entfallenden Anforderungen festgelegt.

4. Durch die Konditionierung der Abfälle, insbesondere durch ihre Verpackung, werden bestimmte sicherheitstechnische Schutzziele des Endlagers erreicht, so daß Kontrollen entfallen oder in ihrer Häufigkeit vermindert werden können. Entsprechend den Prüflisten bzw. Erläuterungen in Kapitel 3 gehören hierzu:
  - Das Vergießen von Fässern in Betonbehältern oder Containern.
  - Das Verpacken von Abfällen in Behältern der Abfallbehälterklasse II; dabei kann ggf. eine spezifizierte Dichtheit dieser Behälter berücksichtigt werden.
  - Das formstabile Fixieren von Abfällen in Behältern mit hinreichend kleiner Wärmeleitfähigkeit und Aktivitätsfreisetzung bei Störfällen.

Durch das Vergießen von Fässern in Betonbehältern oder Containern werden die sicherheitstechnischen Schutzziele des Endlagers hinsichtlich der Selbstentzündung und des festen bzw. verfestigten Zustandes des Abfallprodukts, flüssigkeits- oder gasgefüllter Ampullen oder Gasflaschen, freier Flüssigkeiten und der Spaltmaterialfixierung erreicht. Diesbezügliche Prüfungen im Rahmen der Stichprobenprüfung können daher entfallen.

Durch Verpacken von Abfällen in Behältern der Abfallbehälterklasse II werden die sicherheitstechnischen Schutzziele des Endlagers hinsichtlich der Selbstentzündung des Abfallprodukts und gefüllter Ampullen oder Gasflaschen und der Spaltmaterialfixierung erreicht, so daß auch hier diesbezügliche Prüfungen entfallen können. Bei dichten Behältern der Abfallbehälterklasse II mit spezifizierter Leckrate werden durch den Behälter zusätzlich auch die Schutzziele erreicht, die durch die Forderungen nach einem festen Zustand des Abfallprodukts und nach dem Ausschluß freier Flüssigkeiten sichergestellt werden. Es können daher auch hier diesbezügliche Prüfungen entfallen.

Durch das formstabile Fixieren von Abfällen in Behältern mit hinreichend geringer Wärmeleitfähigkeit und Aktivitätsfreisetzung bei Störfällen kann die Prüfung der Einhaltung der über die Grundanforderungen hinausgehenden Anforderungen an die Qualität des Abfallprodukts entfallen.

## 5.2.4 Bewertungskriterien für fehlerhafte Abfallgebinde

Gemäß der in Kapitel 5.1.6 erläuterten Stichprobenanweisung sind festgestellte Fehler zu bewerten. Als wesentlich gelten Fehler, die nach dem Ergebnis einer sicherheitsanalytischen Beurteilung bei Handhabung

und Endlagerung der betreffenden Abfallgebinde zu unzulässiger Strahlenbelastung, Kontamination oder Radionuklidfreisetzung führen können. Die Bewertungskriterien ergeben sich aus den Endlagerungsbedingungen, aus der in Kapitel 4.2 erläuterten Behandlung von Ungenauigkeiten und aus den sicherheitsanalytischen Betrachtungen in Kapitel 3. Die möglicherweise im Rahmen der Produktkontrolle festgestellten Fehler werden für die folgende Darstellung zweckmäßig unterteilt in

- fehlerhafte Angaben zum Aktivitätsinventar der Abfallgebinde,
- fehlerhafte Angaben zu Abfallprodukt- bzw. Behältereigenschaften und
- sonstige Abweichungen von den Endlagerungsbedingungen.

Die Grundsätze zur Feststellung, ob fehlerhafte Angaben unter Berücksichtigung von Ungenauigkeiten der angewendeten Nachweisverfahren vorliegen, wurden in Kapitel 4.2 erläutert. Hier wird darüber hinausgehend dargestellt, welche weitergehenden Bewertungskriterien bei der Beurteilung der Endlagerbarkeit von Abfallgebänden zugrunde gelegt werden und unter welchen Randbedingungen Abfallgebinde bei Feststellung von Fehlern zur Endlagerung freigegeben werden können (Feststellung nicht wesentlicher Fehler).

### 5.2.4.1 Fehlerhafte Angaben zum Aktivitätsinventar von Abfallgebänden

Bei der Bewertung fehlerhafter Angaben zur Gesamtaktivität oder zur Aktivität relevanter Radionuklide in einem Abfallgebände werden die folgenden Aktivitätsbereiche unterschieden:

- Aktivitäten, die 1 % der in /1/ angegebenen, auf die einzulagernden Abfallgebinde bezogenen Aktivitätsbegrenzungen unterschreiten
- Aktivitäten zwischen diesen 1 %-Werten und den Garantiewerten des Endlagers
- Aktivitäten oberhalb der Garantiewerte bis zu den Grenzwerten des Endlagers
- Aktivitäten oberhalb der Grenzwerte des Endlagers

Durch die in den Endlagerungsbedingungen /1/ enthaltenen Regelungen zur Deklaration von Radionukliden wird festgelegt, daß Radionuklide, die aufgrund der Sicherheitsanalysen für den bestimmungsgemäßen Betrieb und die Kritikalitätssicherheit (Ausnahme: U-233) begrenzt einlagerbar sind, auch unterhalb der o.a. 1 %-Werte zu deklarieren sind. Weiter sind die gemäß /1/, Tabelle 8, am Ende der Betriebsphase des Endlagers Konrad relevanten Radionuklide und Radionuklidgruppen unabhängig von ihrem jeweiligen Aktivitätswert pro Abfallgebände vom Abfallverursacher zu deklarieren. Diese Aktivitätswerte werden vom BfS gemäß /11/ bilanziert.

#### 5.2.4.1.1 Aktivitätswerte

Grundsätzlich wird bei der Bewertung fehlerhafter Angaben zum Aktivitätsinventar unterschieden zwischen dem

- individuellen Aktivitätsinventar eines einzelnen Abfallgebändes und dem
- im Mittel für die Abfallgebinde eines Prüfloses zu erwartenden Aktivitätsinventar.

Entsprechend den in Kapitel 4 dargelegten Anforderungen an die Zuverlässigkeit und Genauigkeit bei der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen leiten sich diesbezügliche Anforderungen an das Aktivitätsinventar eines einzelnen Abfallgebändes primär aus den Sicherheitsanalysen zu den Handhabungsstörfällen und zur Kritikalitätssicherheit ab. Daher ist bei fehlerhaften Angaben zum Aktivitätsinventar zunächst zu prüfen, ob für das betreffende Radionuklid bzw. die betreffende Radionuklidgruppe das individuelle Aktivitätsinventar oder das im Mittel zu erwartende Aktivitätsinventar relevant ist.

Bei Feststellung signifikanter Abweichungen nach Kapitel 4.2 wird dem Ablieferungspflichtigen auferlegt, seine Angaben zu korrigieren und ein verbessertes Verfahren zur Aktivitätsbestimmung - entweder zur Ermitt-

tlung des individuellen oder des im Mittel zu erwartenden Aktivitätsinventars - anzuwenden.

Bei Nachweis fehlerhafter Angaben überprüft der Ablieferer die vorgelegten Dokumentationen und bessert sie nach. Die beauftragten Sachverständigen stellen entsprechend den Vorgaben durch BfS fest, ob aufgrund der festgestellten signifikanten Abweichungen

- eine Neubewertung der Abfallgebinde des Prüfloses erforderlich ist (z.B. Einstufung in eine andere Relevanzklasse, Abwertung der Dokumentation), so daß ggf. aufgrund der Regelungen des Stichprobensystems zusätzliche Abfallgebinde zu prüfen sind und ob
- die Konservativität bezüglich der Einhaltung der Kritikalitäts- bzw. Störfallgrenzwerte weiterhin gewährleistet ist, oder ob mögliche Abweichungen von den Aktivitätsangaben zumindest so beschränkt sind, daß die genannten Grenzwerte mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von mindestens 95 % eingehalten werden.

Bei Abfallgebinden, die die Garantiewerte des Endlagers überschreiten, wird zusätzlich beurteilt, ob die vom Ablieferer spezifizierte Ungenauigkeit der diesbezüglichen Aktivitätsangaben mit dem von ihm angewendeten Nachweisverfahren erreicht werden kann.

Falls im Rahmen der Prüfungen (gemäß Kapitel 4.2) bzw. von Nachprüfungen durch den Ablieferer eine Überschreitung der Aktivitätsgrenzwerte des Endlagers festgestellt wird, werden die betreffenden Abfallgebinde als wesentlich fehlerhaft eingestuft und zurückgewiesen. Eine Endlagerung im Endlager Konrad ist nicht oder nur nach Durchführung geeigneter Nachkonditionierungsmaßnahmen möglich. Das weitere Vorgehen wurde in Kapitel 5.1.6 beschrieben.

#### **5.2.4.1.2 Massenkonzentration spaltbarer Stoffe**

Die Begrenzung der Massenkonzentration spaltbarer Stoffe resultiert aus Modellvorstellungen zur untertägigen Stapelung von Abfallcontainern und wurde insbesondere unter den folgenden Annahmen abgeleitet:

- Reines Pu-239-Oxid als Spaltstoff
- Konzentration des Spaltstoffs im Bereich der Außenflächen innerhalb des Containers
- Untertägige Stapelung mehrerer Container derart, daß eine möglichst kritische Anordnung modelliert wird.

Aufgrund der genannten Randbedingungen können die Gebinde bei Überschreitungen der zulässigen Massenkonzentration spaltbarer Stoffe, jedoch unter Einhaltung der Kritikalitätsgrenzwerte nach Abschnitt 5.2.4.1.1 in den folgenden Fällen zur Endlagerung freigegeben werden:

- Es wird nachgewiesen, daß aufgrund der Nuklidzusammensetzung bzw. der Matrixeigenschaften der zugehörige Multiplikationsfaktor für ein infinites System in Übereinstimmung mit den im Rahmen der Sicherheitsanalysen vorgegebenen Anforderungen kleiner als 0,6 ist.
- Es wird nachgewiesen, daß Überschreitungen der zulässigen Spaltstoffkonzentration im Bereich der Außenflächen der Abfallgebinde dahingehend ausgeschlossen sind, daß bei einer gemeinsamen Stapelung mit gleichartigen oder sonstigen endlagerfähigen Abfallgebinden die o.a. Anforderung der Sicherheitsanalyse eingehalten wird.
- Die betreffenden Abfallgebinde werden gekennzeichnet und sind nur in Absprache mit dem BfS einlagerbar. Das BfS sorgt dafür, daß die betreffenden Abfallgebinde nur gemischt mit Abfallgebinden eingelagert werden, bei denen aufgrund ihrer Spaltstoffkonzentration gegenseitig induzierte Kernspaltungen vernachlässigt werden können.

Andernfalls werden bei Überschreitung der zulässigen Massenkonzentration spaltbarer Stoffe die betreffenden Abfallgebinde als wesentlich fehlerhaft eingestuft und zurückgewiesen.

### 5.2.4.1.3 Aktivitätskonzentration bei Abfällen der Abfallproduktgruppe 05

Die in Kapitel 3.3 geforderte Beschränkung der maximalen Aktivitätskonzentration auf das zehnfache des zulässigen Mittelwertes bei Abfällen der Abfallproduktgruppe 05 resultiert aus der Sicherheitsanalyse zu Störfällen in der Betriebsphase des Endlagers. Gemäß Kapitel 3.4 kann die Erfüllung dieser Anforderung unter bestimmten Voraussetzungen sicherheitstechnisch durch die Einhaltung anderweitiger Anforderungen ersetzt werden. Bei Überschreitungen der zulässigen Aktivitätskonzentration ist die Freigabe der Gebinde möglich, falls eine oder mehrere der folgenden Voraussetzungen erfüllt werden (Kapitel 3.4, Tabelle 3.4.7):

- Es wird nachgewiesen, daß die betreffende Aktivitätskonzentration nicht an brennbare Abfallstoffe gebunden ist.
- Die Abfälle werden vor ihrer Endlagerung zusätzlich qualifiziert in Betonbehältern oder Containern vergossen oder erfüllen die Anforderungen für formstabil fixierte Abfälle.
- Das Aktivitätsinventar der Abfallgebinde schöpft die Störfallgrenzwerte nicht aus. In diesem Fall darf die maximale Aktivitätskonzentration das zehnfache des zulässigen Mittelwertes übersteigen. Ein Berechnungsbeispiel ist in Kapitel 3.4 in Tabelle 3.4.11 enthalten.

In allen genannten Fällen kann die festgestellte Überschreitung der zulässigen maximalen Aktivitätskonzentration toleriert werden, da radiologische Auswirkungen auszuschließen sind. Andernfalls prüft das BfS, ob die Anforderungen der Sicherheitsanalyse anderweitig, beispielsweise durch eine geeignete Verpackung der Abfälle, erfüllt werden. Bei negativem Prüfergebnis werden die Abfallgebinde zurückgewiesen und können nicht ohne Durchführung weiterer Maßnahmen endgelagert werden.

### 5.2.4.1.4 Spaltmaterialfixierung

Die Forderung nach einer Fixierung brennbarer spaltbarer Stoffe (außer Natururan und abgereichertem Uran) mit einer Masse von mehr als 1 g pro Abfallgebinde resultiert aus Modellvorstellungen zu einem Brandstörfall, bei dem spaltbare Stoffe aus den Abfallgebinden freigesetzt und in zum Löschen verwendeten Wasser bis zum Eintreten eines Kritikalitätsstörfalles aufkonzentriert werden. Wird in einem Abfallgebinde die Masse von 1 g brennbarer spaltbarer Stoffe überschritten, ohne daß das in Unterkapitel 5.2.2.1 angegebene Prüfkriterium für die Spaltmaterialfixierung erfüllt ist, dann ist eine Freigabe des betreffenden Abfallgebundes zur Endlagerung mit Zustimmung des BfS möglich, falls der Abfallverursacher/Konditionierer nachweist, daß z. B. aufgrund einer definierten Verteilung der Abfälle im Brandfall weder durch den Brand noch durch den Löschangriff mehr als 20 % des Spaltmaterialinventares freigesetzt werden. Andernfalls prüft das BfS, ob ein Kritikalitätsstörfall im Endlager aus anderen Gründen ausgeschlossen werden kann (z. B. weil sichergestellt ist, daß die betreffenden Abfallgebinde im Endlager nicht gemeinsam mit anderen Abfallgebinden gehandhabt bzw. gelagert werden, deren im Brandfall möglicherweise freigesetztes Spaltstoffinventar so hoch ist, daß ein Kritikalitätsstörfall eintreten könnte). Bei negativem Prüfergebnis werden die betreffenden Abfallgebinde zurückgewiesen und können nicht ohne Durchführung weiterer Maßnahmen endgelagert werden.

Bei Abfallgebinden mit mehr als 15 g Spaltstoff ist darüber hinaus der Nachweis zu erbringen, daß bei thermischer Belastung des Behälters eine lokale Aufkonzentrierung des Spaltstoffs ausgeschlossen werden kann.

### 5.2.4.2 Fehlerhafte Angaben zu Abfallprodukt - bzw. Behältereigenschaften

Die sicherheitstechnischen Anforderungen an das Abfallprodukt lassen sich unterteilen in

- Grundanforderungen, die unabhängig vom Aktivitätsinventar eines Abfallgebundes gestellt werden und
- Anforderungen, die abhängig von der Zuordnung der Abfallgebinde zu einer bestimmten Abfallproduktgruppe zu erfüllen sind.

Durch die Zuordnung seiner Abfallgebinde zu einer bestimmten Abfallproduktgruppe bzw. Abfallbehälterklasse übernimmt der Abfallablieferer die Gewährleistung, daß die Abfallgebinde die diesbezüglichen Anfor-

derungen einhalten. Sicherheitsanalytisch abgeleitete, hinreichende und zweckmäßige Kontrollmaßnahmen wurden in Kapitel 3.4 und 3.5 bzw. 5.2.2 dargestellt. Damit ergeben sich auch Entscheidungskriterien für die Bewertung von Fehlern, die im Rahmen der Prüfungen durch das BfS festgestellt werden. Die betreffenden Gebinde können zur Endlagerung freigegeben werden, falls eine oder mehrere der folgenden Voraussetzungen erfüllt werden:

- Die im Rahmen der Sicherheitsanalyse definierten Schutzziele werden durch anderweitige Eigenschaften der Abfallprodukte oder ihrer Verpackung sichergestellt. Sicherheitsanalytische Betrachtungen wurden für das Vergießen von Fässern in Containern und in Betonbehältern mit Zement/Beton und für Verpackungen, die die Anforderungen der Abfallbehälterklasse II erfüllen, durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Kapitel 3 in Tabelle 3.4.3 bis 3.4.9 enthalten.
- Die Abfallgebinde schöpfen die durch die Endlagerungsbedingungen vorgegebenen Aktivitätsgrenzwerte nicht aus. Damit vergrößert sich der zulässige Anteil des Abfallprodukts, der die spezifischen Anforderungen der Abfallproduktgruppe nicht erfüllt. Unter dieser Voraussetzung erfüllen die Abfallgebinde die Endlagerungsbedingungen. Dieses Prüfkriterium wird in Kapitel 3.4.2 erläutert und quantifiziert. Anwendungsbeispiele werden in den zugehörigen Tabellen 3.4.10 bis 3.4.13 gegeben.
- Es gelten auch abweichende Anforderungen, die von den Abfallgebinden erfüllt werden. Derartige Möglichkeiten bestehen in den Abfallproduktgruppen 02 und 04. Eine Auflistung der Prüfmöglichkeiten enthält Kapitel 3.4, Tabelle 3.4.4 und 3.4.6.
- Die Abfallgebinde können aufgrund ihrer Eigenschaften einer anderen Abfallproduktgruppe oder Abfallbehälterklasse zugeordnet werden oder den formstabil fixierten Abfällen zugeordnet werden und sie erfüllen die hierfür geltenden Anforderungen.

Falls keine der o. a. Voraussetzungen erfüllt wird, werden die Abfallgebinde zurückgewiesen und können nicht ohne Durchführung weiterer Maßnahmen endgelagert werden.

### **5.2.4.3 Sonstige Abweichungen von den Endlagerungsbedingungen**

Über die im Rahmen der Sicherheitsanalyse abgeleiteten Anforderungen hinaus werden in den Endlagerungsbedingungen weitere Anforderungen an endzulagernde Abfallgebinde festgelegt. Beispiele sind die Form der Begleitpapiere, die Art der Kennzeichnung von Abfallgebinden, die möglichst zentrale bzw. tiefe Lage des Schwerpunktes für Container oder andere Transporteinheiten sowie die möglichst vollständige Befüllung von Abfallbehältern.

Bei Nichteinhaltung dieser Anforderungen ergeben sich keine unzulässigen Strahlenbelastungen, Kontaminationen oder Radionuklidfreisetzungen. Abweichungen werden auch beim Abruf und bei der Annahme der Abfallgebinde am Endlager festgestellt, so daß teilweise mehrfach unabhängige Kontrollmaßnahmen durchgeführt werden. Über administrative Maßnahmen (z. B. Kostenerstattung für notwendige Mehrarbeiten) hinausgehend behält das BfS sich vor, die Nachkonditionierung von Abfallgebinden vorzuschreiben, die aufgrund der Ungleichmäßigkeit ihrer Massenverteilung am Endlager nicht gehandhabt werden können oder bei denen Abweichungen von der Forderung nach einer möglichst vollständigen Befüllung festgestellt werden.



## **Kapitel**

### **6. Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch Qualifizierung und begleitende Kontrolle von Konditionierungsmaßnahmen**

#### **Unterkapitel**

- 6.1 Die Kenngrößen für Abfallprodukte bei qualifizierten Verfahren
- 6.2 Die Prüfkriterien qualifizierter Verfahren
  - 6.2.1 Überprüfung der Grundanforderungen an Abfallprodukte
  - 6.2.2 Überprüfung zusätzlicher Anforderungen an Abfallprodukte (APG 02..06 und formstabil fixierte Abfälle der ABK I und II)
  - 6.2.3 Überprüfung der Gesamtaktivität und der Aktivität relevanter Radionuklide
  - 6.2.4 Überprüfung sonstiger Anforderungen
- 6.3 Festlegung der Betriebsbedingungen bei qualifizierten Verfahren
- 6.4 Nachweisführung bei der verfahrensbezogenen Produktkontrolle
  - 6.4.1 Kampagnenunabhängige Qualifizierung von Konditionierungsverfahren
    - 6.4.1.1 Anforderungen an das Betriebshandbuch eines Konditionierungsverfahrens
    - 6.4.1.2 Testbetrieb/Verfahrensbeurteilung eines Konditionierungsverfahrens
    - 6.4.1.3 Qualifikation und Freigabe eines Konditionierungsverfahrens
    - 6.4.1.4 Betrieb und Inspektion kampagnenunabhängig qualifizierter Konditionierungsverfahren
  - 6.4.2 Kampagnenbezogene Qualifizierung von Konditionierungsverfahren
- 6.5 Qualifizierung und Inspektion ausländischer Konditionierungsverfahren

## 6. Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch Qualifizierung und begleitende Kontrolle von Konditionierungsmaßnahmen

Zur Konditionierung radioaktiver Abfälle sind entsprechend /21/ nach Möglichkeit qualifizierte Verfahren anzuwenden. Ein Konditionierungsverfahren wird vom BfS qualifiziert, wenn die Durchführung der Vorbehandlung und Konditionierung so erfolgt, daß eine sichere und ordnungsgemäße Endlagerung der entstehenden Produkte und Abfallgebinde angenommen werden kann. Dabei wird zwischen der kampagnenunabhängigen, für alle mit dem betreffenden Konditionierungsverfahren zu konditionierenden Abfälle gültigen, und der kampagnenabhängigen Qualifizierung von Konditionierungsverfahren unterschieden, die für eine bestimmte Konditionierungskampagne gültig ist.

Für die kampagnenunabhängige Qualifizierung von Konditionierungsverfahren gelten insbesondere die folgenden Voraussetzungen:

- Die für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen relevanten Betriebsbedingungen des Verfahrens werden vom Abfallverursacher/Konditionierer in einem Handbuch festgelegt. Dieses Handbuch ist mit dem BfS abzustimmen.
- Im Rahmen der Verfahrensqualifikation wird vom BfS festgestellt, ob durch die im Handbuch festgelegten Betriebsbedingungen, insbesondere durch die Prozeßführung und-instrumentierung, die Kontrollmaßnahmen des Verursachers/Konditionierers, die festgelegten Toleranzbereiche der Verfahrensparameter und durch die jeweils erstellte Dokumentation die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen angenommen werden kann. Mit der Freigabe eines Konditionierungsverfahrens durch das BfS verpflichtet sich der Abfallverursacher/Konditionierer, die bei der Verfahrensqualifikation im Betriebshandbuch festgelegten Betriebsbedingungen einzuhalten.
- Im Rahmen späterer Inspektionen wird überprüft, ob die Betriebsbedingungen des Konditionierungsverfahrens eingehalten wurden und ob die hergestellten Abfallgebinde den Endlagerungsbedingungen entsprechen. Insbesondere können zu diesem Zweck Rückstellproben oder vor Ort entnommene Abfallproben untersucht und die vereinbarungsgemäß erstellte Dokumentation geprüft werden.

Die Qualifizierung von Konditionierungsverfahren kann auch kampagnenabhängig, für eine bestimmte Konditionierungskampagne, erfolgen. Dabei informiert der Abfallverursacher das BfS über die bei der jeweiligen Konditionierungskampagne für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen wesentlichen Betriebsbedingungen. Das BfS entscheidet, ob davon auszugehen ist, daß die so konditionierten Abfälle den Endlagerungsbedingungen entsprechen und legt fest, in welchem Umfang verursacherunabhängige Kontrollmaßnahmen bei der Konditionierung der Abfälle zum Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durchzuführen sind.

Sowohl kampagnenunabhängige als auch kampagnenabhängige Verfahrensqualifikationen sind unter Beachtung der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Abfalls im Hinblick auf die Einhaltbarkeit der Endlagerungsbedingungen durchzuführen.

### 6.1 Die Kenngrößen für Abfallprodukte bei qualifizierten Verfahren

In Kapitel 3.2 wurden die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Beschaffenheit des Abfallproduktes bei Abfallgebinden (produktrelevante Kenngrößen) dargestellt, die bei einer Endlagerung im Endlager Konrad einzuhalten sind. Hier wird erläutert, welche Anforderungen und Kenngrößen für die Qualifizierung, betriebliche Kontrolle und Inspektion von Konditionierungsverfahren gelten. Dabei werden die folgenden Verfahren behandelt:

- Verpacken
- Schmelzen
- Kompaktieren
- Fixieren
- Trocknen

Bei qualifizierten Verfahren können über die direkt aus den Endlagerungsbedingungen abgeleiteten produktbezogenen Kenngrößen hinausgehend prozeßbezogene Kenngrößen auftreten (z.B. die Fließfähigkeit des Fixierungsmittels), durch deren Kontrolle die Einhaltung produktbezogener Kenngrößen sichergestellt wird.

Die einzuhaltenden prozeßbezogenen Kenngrößen werden bei der Verfahrensqualifikation individuell für die jeweilige Abfallart und Konditionierungsanlage festgelegt. Dies gilt auch für hier nicht betrachtete, ggf. erst zukünftig zum Einsatz kommende Behandlungs- bzw. Vorbehandlungsverfahren.

Tabelle 6.1.1 gibt eine Übersicht über die endlagerrelevanten Eigenschaften beim Verpacken von Abfällen. Die aus den Grundanforderungen abgeleiteten Kenngrößen gelten für alle Abfallproduktgruppen (APG) und Abfallbehälterklassen (ABK). Sie werden daher in den nachfolgenden Tabellen nicht wiederholt. Dabei ist zu beachten, daß sich diese Kenngrößen bei behandelten Abfällen auf das jeweilige Abfallprodukt beziehen und daß ihre Einhaltung nicht notwendig über die Zusammensetzung des Rohabfalls, sondern auch über andere, bei ihrer Verarbeitung eingehaltene Eigenschaften bzw. Kenngrößen nachgewiesen werden kann.

Falls zusätzlich die brennbaren oder nichtmetallischen Anteile im Rohabfall geeignet kontrolliert werden, können gemäß Tabelle 6.1.1 durch Verpacken auch Abfallgebinde der Abfallproduktgruppen 02 und 03 hergestellt werden.

Auf eine Tabellierung der endlagerrelevanten Eigenschaften für das Schmelzen metallischer oder sonstiger Abfälle wurde verzichtet, da die Endlagerungsbedingungen eine eigenständige Abfallproduktgruppe hierfür nicht festlegen. Derartige Abfallprodukte können den Abfallproduktgruppen 01, 02, 03 oder 06 zugeordnet werden, falls für APG 01 die Grundanforderungen, für APG 02 ein brennbarer Anteil unter 1 %, für APG 03 ein nichtmetallischer Anteil unter 1 ‰ oder für APG 06 die Nichtbrennbarkeit (organischer Abfallanteil  $\leq 1\%$  oder Nachweis durch Ofentest) und eine Druckfestigkeit von mehr als 10 N/mm<sup>2</sup> nachgewiesen werden.

Tabelle 6.1.2 gibt eine Übersicht über die Kenngrößen, die beim Kompaktieren radioaktiver Abfälle über die Grundanforderungen hinausgehend einzuhalten sind.

Die endlagerrelevanten Eigenschaften und Kenngrößen, die beim Fixieren radioaktiver Abfälle über die Grundanforderungen hinausgehend zu beachten bzw. einzuhalten sind, enthält Tabelle 6.1.3. Durch Fixieren können Anforderungen an die Feststoffe oder die zementierten/betonierten Abfälle der Abfallbehälterklasse I oder an die bitumenfixierten Abfälle der Abfallbehälterklasse II erfüllt werden.

Tabelle 6.1.4 gibt eine Übersicht über die Kenngrößen, die bei der Konditionierung von Konzentraten durch Trocknen flüssiger Abfälle über die Grundanforderungen hinausgehend einzuhalten sind.

Die zu den Anforderungen und Kenngrößen der Tabellen dieses Abschnittes gehörigen Prüfkriterien werden nachfolgend zusammen mit den Prüfkriterien, die für sonstige Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle gelten, erläutert.

Endlagerrelevante Eigenschaft	Anforderung/Kenngröße	Gültig für APG/ABK
Zusammensetzung des Rohabfalls bzw. Produktzustand	keine gefüllten Ampullen und Gasflaschen	alle
	keine Selbstentzündung bei mittleren Temperaturen unterhalb 70 °C im Abfallgebinde	alle
	Anteil nicht gebundener Stoffe mit Schmelzpunkt unter 70 °C unter 1 % bzw. pastös oder stichfest bis zu Temperaturen von 70 °C	alle
	Volumenanteil an Flüssigkeiten unter 1 %	alle
	Gasbildung:	
	- Einhaltung des zulässigen Behälterinnendrucks bis zur sicheren Ablage im Endlager	alle
	- weitgehend drucklose Anlieferung	alle
	Konzentration explosionsgefährlicher Stoffe unter 3 g/200 l	alle
	Spaltstoffkonzentration unter 50 g/100 l	alle
	Maximal 1/20 der kleinsten kritischen Masse eines Spaltstoffs in jedem beliebig angeordneten kubischen 100-l-Volumen	alle
	Spaltmaterialfixierung bei mehr als 1 g Spaltstoff pro Abfallgebinde	I
	Ausschluß einer lokalen Aufkonzentrierung bei thermischer Belastung des Behälters für Abfallgebinde mit mehr als 15 g Spaltstoff	alle
	brennbarer Aktivitätsanteil unter 1 %	02
	nichtmetallischer Aktivitäts- und Massenanteil unter 1 ‰	03
Stapel- und Handhabbarkeit	Schwerpunktabweichung für horizontale Achsen:	
	- in Längs- und Querrichtung jeweils $\leq 10\%$	Container
	- in Längsrichtung $\leq 4,3\%$ und in Richtung der Breitseite $\leq 8\%$	Tausch- u. Transportpaletten
	Schwerpunktabweichung für die vertikale Achse:	
	- siehe /1/	Transporteinheiten
Stapelhöhe $\geq 6\text{m}$	alle	

**Tab. 6.1.1:****Endlagerrelevante Eigenschaften und Kenngrößen beim Verpacken radioaktiver Abfälle**

Endlagerrelevante Eigenschaft	Anforderung/Kenngröße	Gültig für APG
Zusammensetzung des Rohabfalls	plastisch verformbar	02 & 04
	Begrenzung brennbarer Anteile mit Schmelzpunkten unter 300 °C	02 & 04
	metallischer Preßling: - Begrenzung des nichtmetallischen Aktivitäts- und Massenanteils auf 1 %	04
Abbinde-/Produktzustand	formstabil kompaktiert:	
	- Kartuschenwandstärke $\geq 0,75$ mm	04
	- Preßdruck $\geq 30$ MPa	04
	- vollständige Umhüllung der Abfälle	04
	- freier nichtbrennbarer Aktivitätsanteil unter 1 %	04
	metallischer Preßling:	
	- Preßdruck $\geq 30$ MPa	04
	thermisch stabil:	
	- In Kartuschen mit hohem Preßdruck verpreßt	02

### Tab. 6.1.2

### Zusätzliche Kenngrößen bei der Kompaktierung radioaktiver Abfälle

Endlagerrelevante Eigenschaft	Anforderung/Kenngröße	Gültig für APG/ABK <sup>1)</sup>
Zusammensetzung des Rohabfalls	Einbindbarkeit	05
	Sorptionseigenschaften	02 & 05 <sup>2)</sup>
	Anteil an Störsubstanzen	02 & 05 <sup>2)</sup>
Qualität des Fixierungsmittels	Nichtbrennbarkeit	02
	Schmelzpunkt $\geq 300$ °C	02
	hydraulisches Bindemittel(Zement)	05
	Lieferspezifikation	02 & 05 <sup>2)</sup>
	Ordnungsgemäße Behandlung und Lagerung	02 & 05 <sup>2)</sup>
	geeignete Konsistenz	02 & 05 <sup>2)</sup>
Durchmischung	Einbindung	05
	Vermeidung von Hohlräumen beim Vergießen brennbarer Abfallstoffe	02
	thermisch stabil: - Abfall/Matrix-Verhältnis $\leq 1,5$ bis zu einer Tiefe von 10 cm	02
	Aktivitätsverteilung	05
Mengenverhältnis Abfall/Fixierungsmittel/Wasser/Zuschlagstoffe	Geeignete Konsistenz des Fixierungsmittels	02 & 05 <sup>2)</sup>
	Thermisch stabil: - Abfall-/Matrix-Verhältnis $\leq 1,5$	02
Abbinde-/Produktzustand	formstabil fixiert: - Formstabilität und Inkompressibilität des Abfallprodukts bei betrieblichen Belastungen - Formstabile Fixierung des Abfallprodukts in Innenbehältern	I/II <sup>3)</sup> II
	Druckfestigkeit $\geq 10$ N/mm <sup>2</sup>	05
	Wassergehalt/Restfeuchte	02 & 05 <sup>2)</sup>
thermisches Verhalten	Vermeidung unzulässiger Temperaturen beim Fixieren oder Abbinden	02 & 05 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Gültig für formstabil fixierte Abfälle der Abfallbehälterklasse II

<sup>2)</sup> Bei Einhaltung bzw. Kontrolle dieser Kenngrößen können Kontrollen am Abfallprodukt in der Regel entfallen

<sup>3)</sup> Bei Einhaltung bzw. Kontrolle dieser Kenngröße entfallen in Abfallbehälterklasse I beim Vergießen von Innenbehältern die über die Grundanforderungen hinausgehenden Anforderungen der Abfallproduktgruppen 02 bis 06. Dabei können die Aktivitätsgrenzwerte der APG 05 ausgeschöpft werden. In Abfallbehälterklasse II entfällt bei Einhaltung dieser Kenngröße und bei zusätzlicher formstabiler Fixierung des Abfallprodukts in Innenbehältern der Nachweis der mechanischen Integrität (II) nach Kapitel 3.5.1 bzw. Kapitel 7.

### **Tab. 6.1.3**

#### **Zusätzliche Eigenschaften und Kenngrößen beim Fixieren radioaktiver Abfälle**

Endlagerrelevante Eigenschaft	Anforderung/Kenngröße	Gültig für APG/ABK
Zusammensetzung des Rohabfalls	organischer Anteil im Trockenrückstand unter 1 %	06 <sup>1)</sup>
	physikalisch-chemische Zusammensetzung	06 <sup>1)</sup>
Durchmischung	Vermeidung von Verkrustungen oder Ablagerungen	06 <sup>1)</sup>
Produktzustand	Druckfestigkeit $\geq 10 \text{ N/mm}^2$	06
	Brennbarkeit:	
	- organischer Abfallanteil $\leq 1 \%$ oder - Nachweis der Nichtbrennbarkeit durch Ofentest	06 06
Wassergehalt/Restfeuchte	Restfeuchte im Abfallprodukt	06 <sup>1)</sup>
thermisches Verhalten	Vermeidung unzulässiger Temperaturen	06 <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Bei Einhaltung bzw. Kontrolle dieser Kenngrößen können Kontrollen am Abfallprodukt in der Regel entfallen

#### **Tab. 6.1.4**

#### **Zusätzliche Eigenschaften und Kenngrößen beim Trocknen radioaktiver Abfälle**

## 6.2 Die Prüfkriterien qualifizierter Konditionierungsverfahren

Die Einhaltung von Anforderungen kann z.T. auch durch Schmelzen, Kompaktieren, Fixieren, Trocknen oder durch die Art der Vorbehandlung der Abfälle (z.B. Zerkleinern oder Verbrennen) nachgewiesen werden. So ist beim Schmelzen aktivierter bzw. kontaminierter Metalle anzunehmen, daß bei entsprechender Kontrolle der Spaltmaterialkonzentration die Einhaltung der Grundanforderungen durch die Behandlung erreicht wird. Darüber hinaus können nach Kapitel 6.1 bei geeigneter Kontrolle brennbarer oder nichtmetallischer Anteile oder bei Nachweis einer hinreichenden Druckfestigkeit die Anforderungen der Abfallproduktgruppen 02, 03 oder 06 erfüllt werden.

Nachfolgend wird zusammenfassend dargestellt, welche Kriterien bei qualifizierten Verfahren zugrundegelegt werden, um die Einhaltung der Anforderungen zu beurteilen. Sie werden kurz als Prüfkriterien bezeichnet.

### 6.2.1 Überprüfung der Grundanforderungen an Abfallprodukte

#### Ampullen/Gasflaschen

Sofern nicht ausgeschlossen werden kann, daß im betreffenden Abfallstrom Ampullen und/oder Gasflaschen vorkommen/vorkommen können, wird überprüft, ob die Produkthanforderung durch die Art der Behandlung (Schmelzen, Kompaktieren) bzw. die Vorbehandlung des Abfalls (Zerkleinern, Verbrennen) abgedeckt wird oder ob durch die spezifizierten Kontrollmaßnahmen sichergestellt ist, daß Ampullen und Gasflaschen entweder geöffnet und entleert oder zerstört werden.

#### Selbstentzündung

Sofern das Konditionierungsverfahren nicht mit einer Erwärmung des Abfalls über 70 °C verbunden ist, wird überprüft, ob angenommen werden kann, daß eine Selbstentzündung aufgrund der

- Abfallart
- Vorbehandlung (Schreddern, Verbrennen)
- Behandlung (Kompaktieren, Trocknen) bzw. aufgrund
- spezifizierter stofflicher Untersuchungen

auszuschließen ist. Falls sich aus der Zusammensetzung des Rohabfalls Hinweise auf selbstentzündliche Stoffe ergeben und die Selbstentzündung nicht durch die Vorbehandlung bzw. Behandlung der Abfälle ausgeschlossen werden kann, ist die Sicherheit gegen Selbstentzündung bis zu lokalen Temperaturen von 200 °C durch stoffliche Untersuchungen nachzuweisen.

#### Fest

Durch das zu qualifizierende Verfahren muß sichergestellt werden, daß das Abfallprodukt fest ist, d.h., daß der im Abfall vorhandene nicht durch die Konditionierung gebundene Volumenanteil an Abfallstoffen mit einem Schmelzpunkt  $T_s < 70$  °C kleiner als 1 % ist, bzw. daß das Abfallprodukt bis zu Temperaturen von 70 °C pastös oder stichfest ist. Je nach Art des Verfahrens/Abfallproduktes ist hierbei zu überprüfen:

- Wird bei erschmolzenen oder unfixierten Abfallprodukten durch geeignete Kontrollen sichergestellt, daß das Abfallprodukt fest ist?
- Wird bei kompaktierten Abfällen durch die Sortierkriterien für den Rohabfall, die Bedingungen beim Kompaktieren und/oder die Kontrolle am Produkt sichergestellt, daß bei Temperaturen unterhalb 70 °C keine geschmolzenen Abfallanteile ausfließen?
- Wird beim Trocknen von Abfällen (Konzentraten) durch die Kontrolle des Rohabfalls, die Einhaltung der Verfahrensparameter und/oder die Kontrolle der Restfeuchte sichergestellt, daß das Abfallprodukt fest ist?
- Wird beim Fixieren mit einem geeigneten Fixierungsmittel ( $T_s \geq 70$  °C) durch Einhaltung der Betriebsbedingungen hinsichtlich der Mengenverhältnisse und der Durchmischung/Einbringungstechnik, in Verbindung mit der Kontrolle des Rohabfalls auf Wechselwirkung mit dem Fixierungsmittel und/oder der Kontrolle des Erstarrungs- bzw. Abbindezustandes sichergestellt, daß das Fixierungsmittel vollkommen



erstartt/abgebunden ist und das Abfallprodukt entsprechend der obengenannten Anforderung fest ist?

#### Freie Flüssigkeit

Sofern ein Volumenanteil an freien Flüssigkeiten unter 1 % nicht durch die Abfallart und/oder die Art der Behandlung (Schmelzen, Bitumieren) gewährleistet ist, wird überprüft, ob durch die festgelegten Betriebsbedingungen des Konditionierungsverfahrens (z.B. Einhaltung von Trocknungszeiten und -temperaturen beim Entwässern/Trocknen von Abfällen, Nachweis der Eignung von Sorptionsmaterialien oder Fixierungsmitteln in Verbindung mit der Einhaltung von Mengenverhältnissen und ausreichender Durchmischung) und/oder durch entsprechende Kontrolle des Rohabfalls das Vorhandensein freier Flüssigkeiten in den Gebinden ausgeschlossen wird.

#### Gasbildung

Sofern im Rohabfall faul- und gärfähige Bestandteile (organische Materialien) vorhanden sind, werden mögliche Faul- und Gärvorgänge bei qualifizierten Konditionierungsverfahren unterbunden bzw. im Ablauf auf das zulässige Maß verlangsamt (z.B. durch Trocknen, pH-Werteinstellung). Bei Gasbildung infolge chemischer Prozesse oder Radiolyse wird durch entsprechende Maßnahmen bei der Konditionierung, z. B. Trocknen, Inertisieren, unter Berücksichtigung von Leervolumen und Dichtheit der Verpackung die Einhaltung des zulässigen Behälterinnendruckes und die weitgehend drucklose Anlieferung der Abfallgebinde sichergestellt.

Die Einhaltung des zulässigen Behälterinnendruckes und die weitgehend drucklose Anlieferung der Abfallgebinde kann ggf. auch durch Druckentlastung der Behälter vor ihrer Ablieferung an das Endlager oder durch andere Maßnahmen (z.B. Entlastungsventile, Bohrungen o.ä.) sichergestellt werden.

#### Explosionsgefährlich

Sofern zu konditionierende Abfälle nicht aus Anlagen stammen, die nach § 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz genehmigungsbedürftig sind, ist davon auszugehen, daß durch Regelungen des SprengG keine die zulässigen Mengen überschreitenden Massen an explosionsgefährlichen Stoffen in die Abfälle gelangen.

Ansonsten muß ein qualifiziertes Verfahren sicherstellen, daß keine explosionsgefährlichen Stoffe in den Abfall gelangen bzw. bei der Konditionierung entstehen. (Diese Forderung ist gleichfalls durch das Sprengstoffgesetz abgedeckt.)

#### Spaltmaterial

Sofern Abfälle Spaltmaterial von über 50g je Gebinde enthalten können, wird überprüft, ob durch die Homogenität des Rohabfalls, durch die spezifizierte Durchmischung/Einbringungstechnik (bei der Verfestigung) und/oder die kontrollierte Aufteilung auf Zwischenprodukte (Preßling/Innenfaß) eine Verteilung des Spaltmaterials auf Werte  $\leq 50$  g/100 l gewährleistet wird. Weitergehende Prüfkriterien wurden in Kapitel 4.1.4 angegeben.

Bei Containern, die mehr als ein Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse eines Spaltstoffs enthalten, wird überprüft, ob durch die Homogenität des Rohabfalls, durch die spezifizierte Durchmischung/Einbringungstechnik (bei der Verfestigung) und/oder die kontrollierte Aufteilung auf Zwischenprodukte (Preßling/Innenfaß) gewährleistet wird, daß in jedem beliebig angeordneten kubischen 100-l-Volumen im Abfallgebinde maximal ein Zwanzigstel der kleinsten kritischen Masse des betreffenden Spaltstoffs enthalten ist.

#### Spaltmaterialfixierung

Sofern Abfallgebinde mehr als 1g brennbare spaltbare Stoffe enthalten können, wird geprüft, ob die betreffenden Abfälle

- in Fässer verpackt oder in Kartuschen verpreßt und zusätzlich in einem nicht brennbaren Abfallbehälter verpackt werden.
- in einer nicht brennbaren Matrix so fixiert werden, daß die gesamte Abfalloberfläche durch das Matrixmaterial bedeckt wird oder ob

- durch die Verpackung sichergestellt wird, daß der Abfall allseitig von einer mindestens 5 cm dicken, wasserfesten und nicht brennbaren Schicht umgeben ist. Dieser Nachweis kann auch im Rahmen der Bauartprüfung der Abfallbehälter gemäß Kapitel 7 geführt werden.

Für die Fixierung brennbarer spaltbarer Stoffe gelten die gleichen Anforderungen, die an die Fixierung brennbarer Stoffe bei einer Zuordnung der Abfallgebilde zur APG 02 gestellt werden (siehe Unterkapitel 6.2.2); davon ausgenommen ist die für APG 02 gültige Begrenzung des Anteils brennbarer Abfallstoffe am Abfallprodukt auf weniger als 60 %, die für die Fixierung brennbarer spaltbarer Stoffe nicht gefordert wird.

#### Stapel- und Handhabbarkeit

Sofern eine den Anforderungen entsprechende Stapel- und Handhabbarkeit der Abfallgebilde nicht durch die Bauartprüfung des Behälters nachgewiesen ist, wird bei qualifizierten Verfahren geprüft, ob durch die Formstabilität der Abfälle bzw. des Abfallprodukts, durch ihre Füllhöhe im Behälter und durch ihre Verteilung im Behälter die Einhaltung der diesbezüglichen Anforderungen sichergestellt wird.

### **6.2.2 Überprüfung zusätzlicher Anforderungen an Abfallprodukte (APG 02...06 und formstabil fixierte Abfälle der ABK I und II)**

#### Brennbare Abfallstoffe (APG 02 und 04)

Sofern aufgrund der Abfallart oder der Vorbehandlung der Abfälle (z.B. Verbrennen) nicht ausgeschlossen werden kann, daß brennbare Abfallstoffe mit einem Schmelzpunkt unter 300 °C in den Abfällen einen Anteil an der Aktivität von mehr als 1 % aufweisen, werden bei qualifizierten Verfahren die folgenden Prüfkriterien angewendet:

- Bei unverarbeiteten Abfällen, die der Abfallproduktgruppe 02 zugeordnet werden, wird überprüft, ob durch die spezifizierten Sortier- und Bewertungskriterien sichergestellt wird, daß der o.a. Anteil brennbarer Abfallstoffe nicht überschritten wird.
- Bei kompaktierten Abfällen, die der Abfallproduktgruppe 02 oder 04 zugeordnet werden, wird überprüft, ob brennbare Abfallbestandteile mit einem Schmelzpunkt unter 300 °C anteilig so begrenzt sind, daß sie bei thermischer Belastung nicht aus dem Abfallprodukt (Preßling) austreten. Erforderlichenfalls werden Sortier- und Bewertungskriterien für die zu kompaktierenden Abfälle festgelegt. Dabei können auch die Sorptionseigenschaften der Abfälle oder ggf. zugegebener Zuschlagstoffe berücksichtigt werden. Weitere Prüfkriterien werden unter dem Stichwort "thermisch stabil" oder "formstabil kompaktiert" behandelt.
- Bei fixierten Abfällen, die der Abfallproduktgruppe 02 zugeordnet werden, ist der Anteil brennbarer Abfallstoffe auf weniger als 60 % zu begrenzen. Weiter sind brennbare Abfallstoffe so zu verteilen, daß der Volumenanteil der Matrix in einer Tiefe von mindestens 10 cm mehr als 40 % beträgt. Die entsprechenden Prüfkriterien werden unter dem Stichwort "thermisch stabil" behandelt.

#### Metalle (APG 03)

Bei Abfällen, die der Abfallproduktgruppe 03 zugeordnet werden, kann der Nachweis der geforderten Stoffreinheit durch die

- Herkunft der Abfälle (z. B. Corebauteile),
- spezifizierte Sortier- und Bewertungskriterien oder durch
- spezifizierte Vorbehandlungs- oder Behandlungsmaßnahmen (z.B. Dekontaminieren, Schmelzen)

erbracht werden. Es ist nachzuweisen, daß der Aktivitätsanteil nichtmetallischer Fremdstoffe weniger als 1 ‰ beträgt.

#### Zusammensetzung des Rohabfalls bei kompaktierten Abfällen (APG 02 und 04)

Sofern aufgrund der Abfallart nicht ausgeschlossen werden kann, daß bei der Herstellung von Preßlingen plastisch nicht verformbare Abfälle kompaktiert werden, werden geeignete Sortier- und Bewertungskriterien festgelegt, die eine ausreichende Kontrolle der Rohabfälle gewährleisten. Ggf. können geeignete Sortier- und Bewertungskriterien auch für die Preßlinge festgelegt werden (z.B. visuelle Endkontrolle, Bestimmung des elastischen Deformationsanteils).

Die Begrenzung brennbarer Abfallanteile wurde unter dem Stichwort "brennbare Abfallstoffe" behandelt.

Bei metallischen Preßlingen, die der Abfallproduktgruppe 04 zugeordnet werden, kann die geforderte Begrenzung des nichtmetallischen Aktivitäts- und Massenanteils auf 1 % wie bei den Metallen der APG 03 durch

- die Herkunft der Abfälle
- spezifizierte Sortier- und Bewertungskriterien oder durch
- spezifizierte Vorbehandlungs- oder Behandlungsmaßnahmen (z.B. Dekontaminieren, Schmelzen)

erbracht werden.

#### Formstabil kompaktiert (APG 04)

Für formstabil kompaktierte Preßlinge gelten die folgenden Prüfkriterien:

1. Es ist sicherzustellen, daß ausschließlich spezifikationsgerechte Kartuschen verwendet werden. Bei Preßlingen, die der Abfallproduktgruppe 04 zugeordnet werden, ist sicherzustellen, daß eine Mindestwandstärke von 0,75 mm eingehalten wird. Die Überprüfung erfolgt anhand der Dokumentation des Kartuschenherstellers oder durch Messung, falls diesbezügliche Angaben fehlen.
2. Der bei der Qualifizierung spezifizierte Mindestpreßdruck muß von der Preßvorrichtung erreicht und durch geeignete technische Einrichtungen (z.B. über Druckschalter) sichergestellt werden. Für APG 04 ist ein Mindestpreßdruck von 30 MPa einzuhalten.
3. Die geforderte Rückhaltung brennbarer Abfallbestandteile kann bei kompressiblen Abfällen als gegeben angesehen werden. Notwendigenfalls kann sie auch unter Berücksichtigung des Anteils brennbarer Abfallstoffe (s. Stichwort "brennbare Abfallstoffe"), der spezifizierten Eigenschaften der Kartusche und des spezifizierten Mindestpreßdruckes der Preßvorrichtung rechnerisch, durch Bezugnahme auf frühere zufriedenstellende und annähernd vergleichbare Nachweise oder durch Versuche mit inaktiven Abfallsimulationen nachgewiesen werden.
4. Die für APG 04 geforderte vollständige Umhüllung brennbarer Abfallbestandteile und die Begrenzung sonstiger nichtumhüllter Abfallbestandteile auf 1 % wird in der Regel durch die spezifizierte Qualität der Kartusche sichergestellt. Bei Abfallarten, bei denen das Abfallprodukt häufig teilweise aus der Kartusche gepreßt wird, werden geeignete Sortier- oder Nachbehandlungsmaßnahmen festgelegt, die die Einhaltung dieser Anforderung sicherstellen. Die Anforderungen an den Produktzustand für Preßlinge der APG 02 werden nachfolgend unter der Kenngröße "thermisch stabil" behandelt.

#### Einbindbarkeit/Einbindung (APG 05)

Es wird überprüft, ob eine Einbindung der Abfälle durch Entnahme aus einer eventuell vorhandenen Verpackung und durch vollständige Durchmischung mit dem Fixierungsmittel erreichbar ist. Weiter wird überprüft, ob durch die konstruktive Gestaltung der Mischeinrichtungen, durch eine geeignete Festlegung der Mischdauer und durch ausreichende Kontrollmaßnahmen bei der Konditionierung sichergestellt ist, daß einbindbare Abfälle auch eingebunden werden. Bei einer Zuordnung fixierter Abfälle zur APG02 wird die Einbindung einbindbarer Abfallstoffe nicht gefordert. Nachzuweisen ist jedoch die Einhaltung einer ausreichend gleichmäßigen Verteilung brenn- bzw. einbindbarer Abfallstoffe (siehe unter "thermisch stabil").

#### Sorptionseigenschaften (APG 02 und 05)

Es wird geprüft, ob der durch Sorption oder kapillar oder chemisch gebundene Flüssigkeitsanteil bei der

Fixierung von Abfällen in ausreichendem Umfang berücksichtigt wird. Insbesondere wird beurteilt, ob zur Festlegung des Mengenverhältnisses Abfall/Fixierungsmittel/Wasser/Zuschlagstoffe chargenweise Probezementierungen erforderlich sind oder ob Erfahrungswerte oder bekannte Abhängigkeiten zugrunde gelegt werden können. Ein ausreichender Kontrollumfang kann auch durch Festlegung von Prüfungen am Abfallprodukt (Inaugenscheinnahme, ggf. Prellhärtemessung) sichergestellt werden.

#### Anteil an Störsubstanzen (APG 02 und 05)

Sofern aufgrund der Abfallart oder der Vorbehandlung der Abfälle nicht ausgeschlossen werden kann, daß Störsubstanzen in den zu verarbeitenden Abfällen enthalten sein können, durch die eine den Anforderungen entsprechende Fixierung der Abfälle beeinträchtigt oder verhindert wird, werden geeignete Kontroll- (z.B. Probezementierungen oder -bitumierungen) oder Gegenmaßnahmen (z.B. pH-Wert-Einstellung bei Flüssigabfällen) festgelegt, die die Herstellung endlagergerechter Abfallprodukte sicherstellen. Ein ausreichender Kontrollumfang kann auch w.o. durch Festlegung von Prüfungen am Abfallprodukt (Inaugenscheinnahme, ggf. Prellhärtemessung) sichergestellt werden.

#### Qualität des Fixierungsmittels (APG 02 und 05 und formstabil fixierte Abfälle)

1. Falls fixierte brennbare Abfälle mit einem Schmelzpunkt unter 300 °C der Abfallproduktgruppe 02 zugeordnet werden sollen, wird geprüft, ob das verwendete Fixierungsmittel nicht brennbar ist. Ein ausreichender Nachweis ist gegeben, falls die Nichtbrennbarkeit des Fixierungsmittels bekannt ist oder falls die Angaben des Herstellers über die chemische Zusammensetzung des Fixierungsmittels einen Anteil organischer Stoffe von weniger als 1 % ausweisen. Erforderlichenfalls kann die Brennbarkeit des Fixierungsmittels auch durch Brandversuche an inaktiven Proben oder gleichwertige Nachweise ausgeschlossen werden.
2. Bei fixierten brennbaren Abfällen der APG 02 mit einem Schmelzpunkt unter 300 °C wird zusätzlich geprüft, ob der Schmelzpunkt des Fixierungsmittels mehr als 300 °C beträgt. Ein ausreichender Nachweis ist gegeben, falls der Schmelzpunkt des Fixierungsmittels bekannt ist oder durch die Angabe des Herstellers belegt wird. Erforderlichenfalls kann der Schmelzpunkt auch durch Messung an inaktiven Proben bestimmt werden.
3. Die in Abfallproduktgruppe 05 geforderte Fixierung des radioaktiven Abfalls in Zementstein oder Beton läßt ausschließlich hydraulische Bindemittel (in der Regel Zement) zu. Ein ausreichender Nachweis wird durch die Lieferspezifikation des Herstellers oder ggf. durch Demonstrationsversuche gegeben.
4. Durch die Lieferspezifikation und die ordnungsgemäße Behandlung und Lagerung wird eine gleichbleibende, den Bedingungen bei der Verfahrensqualifikation entsprechende Qualität des Fixierungsmittels sichergestellt. Geprüft wird, ob die Lieferspezifikationen die relevanten Eigenschaften des Fixierungsmittels in ausreichendem Umfang festlegen und ob die Behandlung und Lagerung des Fixierungsmittels so erfolgt, daß relevante Qualitätsveränderungen nicht zu erwarten sind.
5. Bei der Auswahl des Fixierungsmittels ist sicherzustellen, daß die bei der Verarbeitung und beim Abbinden wirksame Konsistenz des Fixierungsmittels geeignet ist, eine den Anforderungen entsprechende Durchmischung der Abfälle mit dem Fixierungsmittel zu gewährleisten. Falls ein Plausibilitätsnachweis nicht möglich ist und ausreichende Prüferfahrungen, Ergebnisse von Laboruntersuchungen oder gleichwertige Nachweise nicht vorliegen, können bei der Verfahrensqualifikation auch Probezementierungen oder -bituminierungen durchgeführt werden oder Gammamessungen an Abfallgebänden zur Überprüfung der erreichten Durchmischung vorgenommen werden.

Bei qualifizierten Verfahren wird berücksichtigt, daß die Konsistenz des Fixierungsmittels auch vom Mengenverhältnis Abfall/Fixierungsmittel/Wasser/Zuschlagstoffe, vom Wassergehalt oder von der Restfeuchte der Abfälle und von den beim Fixieren oder Abbinden auftretenden Temperaturen abhängt.

#### Thermisch stabil (APG 02)

Für fixierte Abfälle, die der APG 02 zugeordnet werden, gelten die folgenden Prüfkriterien:

1. Bei vergossenen Abfällen soll die gesamte Oberfläche vom Matrixmaterial bedeckt sein, Hohlräume zwischen Abfall und Fixierungsmittel sind zu vermeiden. Es wird geprüft, ob das Fixierungsmittel nicht brennbar und aufgrund seiner Konsistenz ausreichend fließfähig ist, um eine optimale Umschließung des Abfalls

zu erreichen. Die Prüfkriterien für die Beurteilung der Brennbarkeit und einer geeigneten Konsistenz sind unter den Kenngrößen der Qualität des Fixierungsmittels beschrieben.

2. Für brennbare Abfälle ist eine ausreichend gleichmäßige Verteilung im Abfallprodukt zu zeigen. Es wird geprüft, ob durch geeignete Einbringung der Abfälle und durch ein geeignetes Vorgehen beim Vergießen sichergestellt ist, daß ein Volumenanteil der Matrix von mindestens 40 % in der Außenschicht des Abfallprodukts eingehalten wird. Dies kann z.B. durch schichtweises Einbringen, durch Rütteln oder durch geeignete Mischeinrichtungen erreicht werden.
3. Der Anteil brennbarer Abfallstoffe am Abfallprodukt ist auf weniger als 60 % zu begrenzen. Geprüft wird, ob dies durch die nachfolgend unter der Kenngröße Mengenverhältnis Abfall/Fixierungsmittel/Wasser/Zuschlagstoffe erläuterten Maßnahmen sichergestellt wird.

Bei kompaktierten Abfällen, die der APG 02 zugeordnet werden, ist die Rückhaltung brennbarer Abfallbestandteile sicherzustellen. Dies kann bei kompressiblen Abfällen als gegeben angesehen werden. Notwendigenfalls kann sie auch unter Berücksichtigung des Anteils brennbarer Abfallstoffe, der spezifizierten Eigenschaften der Kartusche und des spezifizierten Mindestpreßdruckes der Preßvorrichtung rechnerisch, durch Bezugnahme auf frühere zufriedenstellende und annähernd vergleichbare Nachweise oder durch Versuche mit inaktiven Abfallsimulaten nachgewiesen werden.

#### Aktivitätsverteilung (APG 05)

Für einbindbare fixierte Abfälle ist bei einer Zuordnung zur Abfallproduktgruppe 05 zu zeigen, daß eine ausreichend gleichmäßige Aktivitätsverteilung im Abfallprodukt erreicht wird. Es wird geprüft, ob durch

- die Zusammensetzung des Abfalls, die angewendete Mischtechnik und die durchgeführten Kontrollmaßnahmen sichergestellt ist, daß die erforderliche Durchmischung erreicht wird und ob durch
- die Konsistenz des Fixierungsmittels (Dichte, Zähigkeit) eine Entmischung bei der Verarbeitung und beim Abbinden des Fixierungsmittels ausgeschlossen werden kann.

#### Mengenverhältnis Abfall/Fixierungsmittel/Wasser/Zuschlagstoffe (APG 02 und 05)

Die Mengenverhältnisse von Abfall, Fixierungsmittel, Wasser und Zuschlagstoffen können als Bandbreiten vorgegeben oder pro Charge z.B. durch Probezementierung ermittelt werden. Geprüft wird, ob

- die Bildung freier Flüssigkeiten beim Abbinden ausgeschlossen werden kann,
- eine geeignete Konsistenz des Fixierungsmittels erreicht wird,
- die bei der Dosierung bzw. Portionierung angewendeten Maßnahmen die Einhaltung der vorgegebenen bzw. chargenspezifisch ermittelten Mengenverhältnisse sicherstellen und ob
- bei fixierten Abfällen der APG 02 ein Abfall-/Matrix-Verhältnis kleiner als 1,5 erreicht wird.

Durch die genannten Mengenverhältnisse kann auch, wie nachfolgend beschrieben, die Formstabilität bzw. die Druckfestigkeit des Abfallproduktes beeinflußt werden.

#### Formstabil fixiert (störfallfest verpackte Abfälle der ABK I und II)

Über die Grundanforderungen hinausgehend wird bei durch formstabile Fixierung störfallfest verpackten Abfällen gefordert, daß bei den im bestimmungsgemäßen Betrieb am Endlager auftretenden Druckbelastungen keine Schäden an der Verpackung durch Volumenänderungen des Abfallproduktes verursacht werden. Bei formstabil fixierten Abfällen, die der Abfallbehälterklasse II zugeordnet werden, gilt diese Forderung auch für Innenbehälter, deren Inhalt demzufolge formstabil fixiert sein muß und die zusätzlich durch Vergießen formstabil im Endlagerbehälter zu fixieren sind, falls auf den Nachweis der Dichtheit nach Durchführung der Fallversuche nach Kapitel 7.1.5.5.3 verzichtet wird. In Abfallbehälterklasse I kann die formstabile Fixierung des Abfallprodukts bei qualifizierten Verfahren entweder durch qualifiziertes Verfestigen, Einbinden oder Vergießen von ggf. vorbehandelten Rohabfällen oder durch qualifiziertes Vergießen von Innenbehältern sichergestellt werden, wobei an die Formstabilität des Abfallprodukts im Innenbehälter keine Anforderungen

gestellt werden.

#### Druckfestigkeit (APG 05 und 06)

Bei den zementierten/betonierten Abfällen der APG 05 und bei den Konzentraten der APG 06 wird eine Druckfestigkeit des Abfallproduktes von mehr als 10 N/mm<sup>2</sup> gefordert. Geprüft wird, ob die geforderte Druckfestigkeit durch die gegebenen bzw. zusätzlich kontrollierten endlagerrelevanten Eigenschaften der Abfälle erreicht wird. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Druckfestigkeit insbesondere durch folgende Eigenschaften beeinflusst werden kann:

- Bei der Zementierung von Abfällen durch die Zusammensetzung des Rohabfalls, die Qualität des Fixierungsmittels, die o.g. Mengenverhältnisse, die Durchmischung, den Wassergehalt bzw. die Restfeuchte der zu verarbeitenden Abfälle und durch das thermische Verhalten der Abfälle beim Fixieren bzw. Abbinden.
- Bei der Trocknung von Abfällen durch die Zusammensetzung des Rohabfalls, die Durchmischung, den Wassergehalt bzw. die Restfeuchte im Abfallprodukt und durch das thermische Verhalten der Abfälle beim Trocknen.

Falls nicht angenommen werden kann, daß die geforderte Druckfestigkeit durch Kontrolle der angegebenen prozeßrelevanten Kenngrößen mit hinreichender Zuverlässigkeit erreicht wird, wird geprüft, ob eine unbemerkte Konditionierung fehlerhafter Gebinde durch zusätzliche Prüfungen an Gebinden oder Proben des Abfallproduktes mit hinreichender Zuverlässigkeit auszuschließen ist.

#### Wassergehalt/Restfeuchte (APG 02 und 05)

Der Wassergehalt bzw. die Restfeuchte der zu verarbeitenden Abfälle ist bei der Fixierung radioaktiver Abfälle zu berücksichtigen. Falls die bei der Fixierung auftretenden Temperaturen nicht zu einer Verminderung des Wassergehaltes auf verfahrensspezifisch vernachlässigbare Werte führen, ist der Wassergehalt bzw. die Restfeuchte bei der Festlegung bzw. Kontrolle der Mengenverhältnisse zu berücksichtigen. Geprüft wird:

- Ist der Feststoffanteil bei den zu verarbeitenden Abfällen hinreichend bekannt oder wird er durch geeignete Bestimmungsmethoden mit ausreichender Zuverlässigkeit kontrolliert?
- Wird der Feststoffanteil beim Fixieren bei der Zugabe des Fixierungsmittels, des Wassers und der Zuschlagstoffe geeignet berücksichtigt?

#### Thermisches Verhalten (APG 02 und 05)

Beim Fixieren von Abfällen sind bei der Verarbeitung und beim Abbinden Temperaturen zu vermeiden, die eine dahingehende Veränderung der Eigenschaften des Abfallproduktes bewirken, daß die Anforderungen des Endlagers nicht eingehalten werden. Es ist sicherzustellen, daß die verarbeiteten Abfälle bzw. das Fixierungsmittel bei den auftretenden Temperaturen thermisch und chemisch so stabil sind, daß

- temperaturbedingte chemische Reaktionen (z.B. Zersetzungs- oder Verdampfungsprozesse) nicht zu erwarten sind, die die Zusammensetzung des Rohabfalls, die Durchmischung oder die o. a. Mengenverhältnisse in unerwünschter-nicht berücksichtigter - Weise verändern und daß
- aufgrund der Zusammensetzung der Rohabfälle, des Fixierungsmittels, der Zuschlagstoffe und durch die Wasserzugabe bei der Durchmischung oder beim Abbinden nicht chemische Reaktionen mit einer Wärmeentwicklung auftreten, die den Verarbeitungs- oder Abbindeprozeß stören und die die Erreichung der geforderten thermischen Stabilität bzw. Druckfestigkeit in Frage stellen.

Falls derartige Reaktionen nicht durch die bekannte Zusammensetzung des Rohabfalls, des Fixierungsmittels und der Zuschlagstoffe hinreichend auszuschließen sind, werden entweder Kontroll- oder Vorbehandlungsmaßnahmen (z.B. Thermo-Analysen, pH-Wert-Einstellung) festgelegt, durch die eine Konditionierung fehlerhafter Gebinde verhindert wird, oder es wird durch Kontrollen am Endprodukt sichergestellt, daß eine unbemerkte Konditionierung fehlerhafter Gebinde auszuschließen ist.

#### Zusammensetzung des Rohabfalls beim Trocknen von Abfällen (APG 06)

Bei der Konditionierung von Konzentraten der APG06 durch Trocknen wird geprüft, ob

- durch die Art der Abfälle bzw. durch Kontrollmaßnahmen hinreichend sichergestellt wird, daß ein maximal zulässiger organischer Anteil von 1 % im Trockenrückstand eingehalten wird und ob
- die physikalisch-chemische Zusammensetzung der Rohabfälle hinreichend gleichmäßig ist bzw. hinreichend kontrolliert wird und beim Trocknen zu einer den Anforderungen entsprechenden Druckfestigkeit führt.

#### Durchmischung beim Trocknen von Abfällen (APG 06)

Es wird geprüft, ob durch die technische Auslegung des Konditionierungsverfahrens, durch die Prozeßführung und durch hinreichende Kontrollmaßnahmen sichergestellt wird, daß Verkrustungen oder Ablagerungen vermieden werden, die zu einem nicht den Anforderungen entsprechenden Produktzustand führen könnten.

#### Brennbarkeit beim Trocknen von Abfällen (APG 06)

Die für Konzentrate der APG06 geforderte Nichtbrennbarkeit wird durch eine geeignete Zusammensetzung des Rohabfalls sichergestellt. Es wird geprüft, ob auch unter Berücksichtigung der möglichen Abweichungen in der Zusammensetzung der Rohabfälle ein organischer Anteil von 1 % im Abfallprodukt unterschritten und im Betrieb der Konditionierungsanlage zuverlässig eingehalten wird.

#### Wassergehalt/Restfeuchte beim Trocknen von Abfällen (APG 06)

Die beim Trocknen erreichte Restfeuchte hat wesentlichen Einfluß auf die Festigkeit bei Konzentraten. Geprüft wird, ob die einzuhaltende Restfeuchte durch geeignete Prozeßführung (z.B. Zudosierung von Flüssigabfall, Temperaturverlauf beim Trocknen) oder geeignete Kontrollmaßnahmen am Abfallprodukt sichergestellt wird.

#### Thermisches Verhalten beim Trocknen von Abfällen (APG 06)

Bei der Trocknung von Konzentraten sind unzulässige Temperaturen zu vermeiden, die das Erreichen der erforderlichen Druckfestigkeit in Frage stellen könnten. Insbesondere ist zu prüfen, ob die verarbeiteten Abfälle thermisch und chemisch so stabil sind, daß temperaturbedingte chemische Reaktionen (z.B. Zersetzungs- oder Verdampfungsprozesse) nicht zu erwarten sind, die die Eigenschaften des Abfallprodukts in unerwünschter - nicht berücksichtigter - Weise verändern.

### **6.2.3 Überprüfung der Gesamtaktivität und der Aktivität relevanter Radionuklide**

Die für endzulagernde Abfallgebinde gültigen Aktivitätsbegrenzungen werden für standardisierte Behälter durch die Endlagerungsbedingungen quantitativ festgelegt. Soweit diese Aktivitätsbegrenzungen von den Außenabmessungen der Behälter abhängen, werden sie bei Verwendung von Abfallbehältern mit abweichenden Außenabmessungen vom BfS nach den im Rahmen der Sicherheitsanalyse angewendeten Verfahren festgelegt. Eine Spezifizierung und Quantifizierung zusätzlicher Kenngrößen für qualifizierte Verfahren ist daher nicht notwendig. Endlagerrelevante Eigenschaften sind die Gesamtaktivität und die Aktivität relevanter Radionuklide eines individuellen Abfallgebendes oder der in einem oder in drei Stapelabschnitten, der in einem Einlagerungsjahr bzw. der am Ende der Betriebsphase eingelagerten Abfallgebinde.

Sofern aufgrund der Herkunft, der Art oder der Behandlung der Abfälle nicht ausgeschlossen werden kann, daß die Deklarationswerte überschritten werden, wird überprüft, ob die Gesamtaktivität bzw. die Aktivität relevanter Radionuklide bei den hergestellten Abfallgebinden durch eines oder notwendigenfalls mehrere der nachfolgenden Ermittlungsverfahren mit hinreichender Genauigkeit gemäß Kapitel 4.2 an Rohabfall- oder Abfallproduktproben, an Zwischenprodukten oder an Abfallgebinden bestimmt wird:

1. Berechnung oder Abschätzung aufgrund bekannter dokumentierter Daten der Abfälle (z.B. Aktivierungsrechnungen für Corebauteile).
2. Messung der Ortsdosisleistung und Berechnung oder Abschätzung nach anerkannten Berechnungsverfahren bei hinreichend bekannter, gleichbleibender Zusammensetzung der Radionuklide im Abfall.

3. Messung der nuklidspezifischen Aktivität charakteristischer Radionuklide und Berechnung oder Abschätzung nach anerkannten Berechnungsverfahren. Als charakteristische Radionuklide oder Schlüsselnuklide werden Radionuklide bezeichnet, die zu anderen in den Abfällen enthaltenen Radionukliden in festen

Verhältnissen stehen, so daß die Gesamtaktivität oder die Aktivität relevanter Radionuklide rechnerisch bei bekannter Aktivität dieser charakteristischen Radionuklide bestimmbar ist.

4. Messung der Gesamtaktivität bzw. der Aktivität relevanter Radionuklide mit geeigneten Meßverfahren. Diese Messungen sind notwendigfalls an Rohabfall- oder Abfallproduktproben durchzuführen.

Als Meßverfahren werden nach heutigem Stand zerstörungsfreie Dosisleistungs-, Gamma- bzw. Neutronenmessungen und nach geeigneter chemischer Aufbereitung von Abfallproben die Aktivitätsbestimmung von Alphastrahlern mit Sperrschichtzählern an dünnen Proben und von Beta-Strahlern mittels Flüssigkeitsszintillation angewendet.

## 6.2.4 Überprüfung sonstiger Anforderungen

Durch die Endlagerungsbedingungen werden weitere Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle gestellt, für deren Kontrolle bei qualifizierten Verfahren die folgenden Prüfkriterien gelten:

1. Die Vermischung endzulagernder radioaktiver Abfälle mit Stoffen, die nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz /12/ zu beseitigen sind, wird durch die Festlegung der Art und Herkunft der zu verarbeitenden Abfälle bei der Verfahrensqualifikation und durch die nachfolgenden Kontrollmaßnahmen des Konditionierers und durch die nachfolgenden Inspektionsmaßnahmen ausgeschlossen. Geprüft wird, ob bei dem jeweiligen Abfallverursacher nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz zu beseitigende Stoffe anfallen und ob ggf. durch hinreichende Kontrollmaßnahmen eine Vermischung mit radioaktiven Abfällen ausgeschlossen werden kann.
2. Die Einhaltung der zulässigen Werte der Ortsdosisleistung von Abfallgebinden kann durch Begrenzung des Aktivitätsinventars, durch eine geeignete Einbringung bzw. Verteilung der Abfälle im Gebinde, durch Abschirmmaßnahmen bzw. durch Messung der Ortsdosisleistung sichergestellt werden. Geprüft wird, ob durch eine oder ggf. mehrere der genannten Maßnahmen sichergestellt wird, daß die zulässigen Werte der Ortsdosisleistung bei Beförderung, Handhabung und Stapelung der Abfallgebinde nicht überschritten werden.
3. Die Einhaltung der zulässigen Flächenkontamination von Abfallgebinden wird durch Vermeidung von Kontamination bei der Herstellung und Lagerung, dem Transport und der Befüllung der Behälter oder durch Dekontamination in Verbindung mit meßtechnischen Überprüfungen sichergestellt. Geprüft wird, ob durch eine oder mehrere der genannten Maßnahmen sichergestellt wird, daß die zulässigen Werte der Flächenkontamination bei der Ablieferung der Abfallgebinde an das Endlager nicht überschritten werden.
4. Die Beschädigung des Behälters durch das Abfallprodukt bei Beförderung, Handhabung und Stapelung wird durch Vermeidung von Beschädigungen bei der Befüllung der Behälter bzw. durch korrosionsschutzte Oberflächen bei Stahlblechbehältern verhindert. Prüfkriterien für bereits hergestellte Behälter/Verpackungen bzw. für Abfallgebinde werden in Kapitel 3.5 bzw. in Kapitel 7 beschrieben.
5. Die möglichst vollständige Befüllung der Behälter wird durch sachgerechte Befüllung der Behälter sichergestellt (z.B. durch Festlegung zulässiger Bandbreiten bei der Wägung bzw. Dosierung von Abfällen oder durch visuelle Kontrolle des Füllstandes vor dem Verschließen der Behälter). Geprüft wird, ob durch die bei der Verfahrensqualifikation festgelegten Maßnahmen sichergestellt wird, daß die Behälter entsprechend der Anweisung des Behälterherstellers nach Kapitel 7.1.3, Absatz f, befüllt sind, so daß die Forderungen nach einer möglichst vollständigen Verfüllung der Einlagerungsbereiche und nach einer ausreichenden Stapeldruckfestigkeit der Abfallgebinde erfüllt werden.
6. Die Einhaltung der maximal zulässigen Masse von 20 Mg für beladene Tauschpaletten oder für befüllte Container wird in der Regel durch Wägung oder Berechnung bei bekannter Dichte des Abfallprodukts sichergestellt. Geprüft wird, ob durch geeignete Instrumentierungen bzw. Kontrollmaßnahmen sichergestellt wird, daß Transporteinheiten mit einer Masse von mehr als 20 Mg nicht zur Endlagerung abgeliefert



werden.

Weitere Anforderungen an Abfallbehälter werden entsprechend Kapitel 3.5 bzw. 7 überprüft.

7. Sonstige Anforderungen betreffen die Einhaltung der Beförderungsvorschriften, die Form der Begleitpapiere, die Kennzeichnung der Abfallgebinde, die Beladung von Tauschpaletten und die trockene Anlieferung von Transporteinheiten. Die Einhaltung dieser Anforderungen wird am Endlager durch Überprüfung der Begleitpapiere bzw. durch Inaugenscheinnahme kontrolliert, so daß zusätzliche, vom Ablieferungspflichtigen unabhängige Kontrollmaßnahmen im Rahmen der Produktkontrolle in der Regel entfallen können.

### 6.3 Festlegung der Betriebsbedingungen bei qualifizierten Verfahren

Bei der Festlegung der Betriebsbedingungen qualifizierter Verfahren werden die in Kapitel 6.2 erläuterten, jeweils gültigen Prüfkriterien für produkt- bzw. prozeßrelevante Kenngrößen zugrundegelegt. Insbesondere ist bei der Verfahrensqualifikation zu beurteilen, ob die festgelegten Betriebsbedingungen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen mit hinreichender Zuverlässigkeit sicherstellen. Die Anforderungen, die bei quantitativ einzuhaltenden Kenngrößen an die Genauigkeit der angewendeten Nachweisverfahren (z.B. Meß- oder Rechenverfahren) gestellt werden, wurden bereits in Kapitel 4.2 behandelt. Hier wird darüber hinausgehend erläutert, wie das BfS über die Häufigkeit bzw. Notwendigkeit von Messungen, Kontrollmaßnahmen oder anderweitigen Nachweisen des Konditionierers entscheidet.

Generell kann eine direkte Überprüfung von Eigenschaften oder Kenngrößen entfallen, falls die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen bzw. die Erreichung des vorgegebenen Schutzzieles anderweitig sichergestellt wird. Dabei lassen sich die folgenden Fälle unterscheiden:

1. Die Einhaltung der betreffenden Eigenschaften wird im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Aufsicht oder von ausländischen oder internationalen Organisationen geprüft, die von den Abfallverursachern und Konditionierern unabhängig sind. Zu diesem Bereich werden auch die Eigenschaften von Abfallbehältern gezählt, für die der Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen im Rahmen von Bauartprüfungen erbracht wird und weiter die Eigenschaften von Materialien oder Stoffen, die bei der Vorbehandlung bzw. Konditionierung der Abfälle verwendet werden und deren Qualität durch deutsche oder internationale Normen oder gleichwertige Liefervereinbarungen in ausreichendem Umfang sichergestellt wird (z. B. für Abschirmmaterialien, Fixierungsmittel oder Zuschlagstoffe). Die betrieblichen Kontrollmaßnahmen können in der Regel auf die Überprüfung der zugehörigen Dokumentationen beschränkt werden.
2. Der Roh- bzw. vorbehandelte Abfall besitzt aufgrund seiner Herkunft bzw. aufgrund des angewendeten Vorbehandlungsverfahrens Eigenschaften, die den Verzicht auf bestimmte Prüfungen erlauben. Hierzu werden auch Anforderungen gerechnet, deren Nichteinhaltung bei der Vorbehandlung entdeckt und bei denen durch geeignete Maßnahmen eine Endlagerung nicht spezifikationsgerechter Gebinde ausgeschlossen wird. Entsprechend den Prüfkriterien bzw. Prüflisten in Kapitel 3 gehören hierzu insbesondere
  - Einbauteile eines Reaktorkerns (mit der Ausnahme von Graphit) oder dekontaminierte Baustähle, die die für metallische Feststoffe der APG 03 erforderliche Stoffreinheit aufweisen und die damit auch sämtliche Grundanforderungen erfüllen, da die betreffenden Abfallströme insbesondere keine gefüllten Ampullen und Gasflaschen enthalten.
  - geshredderte Abfälle, bei denen die Selbstentzündung bei der Behandlung entdeckt und gefüllte Ampullen oder Gasflaschen zerstört werden und
  - veraschte Abfälle, bei denen von der Einhaltung sämtlicher Grundanforderungen auszugehen ist.

Diesbezügliche betriebliche Kontrollen haben daher sicherzustellen, daß die genannten Abfälle nicht mit anderen Abfällen vermischt werden, falls auf direkte Prüfungen verzichtet werden soll.

Die möglichen Reduzierungen des Prüfumfanges bei Nichtausschöpfung der Störfallgrenzwerte der Endlagerungsbedingungen wurden bereits in Kapitel 3 erläutert. Weitere Reduzierungen können bei Nichtausschöpfung der Garantiewerte des bestimmungsgemäßen Betriebes resultieren. Danach kann auf eine Spezifizierung und Kontrolle der chemischen Form von Tritium, C-14, I-129 oder Ra-226 bzw. des Massenanteils an Wasser bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt verzichtet werden, falls die jeweiligen Garan-

tiewerte der unspezifizierten chemischen Form dieser Radionuklide eingehalten werden oder falls die Abfälle im Rahmen der Regelungen endgelagert werden sollen, die bei Überschreitung der Garantiewerte vorgesehen sind.

3. Durch die bei der Konditionierung angewendeten Kontroll- oder Behandlungsmaßnahmen für bestimmte Kenngrößen wird die Einhaltung weiterer Kenngrößen sichergestellt. Entsprechend den Prüflisten in Kapitel 3 werden die folgenden Anforderungen durch die entsprechenden Produkthanforderungen abgedeckt:
  - Durch die Fixierung von Abfällen in Bitumen werden freie Flüssigkeiten ausgeschlossen und ein fester Zustand des Abfallprodukts sichergestellt. Die Selbstentzündung des Abfallprodukts kann aufgrund der Verarbeitungstemperatur bei der Konditionierung ausgeschlossen werden.
  - Durch die Kontrolle der Stoffreinheit bei metallischen Feststoffen der APG 03 werden auch die Selbstentzündung, freie Flüssigkeiten und die Gasbildung ausgeschlossen, ein fester Zustand des Abfallprodukts sichergestellt und der Anteil brennbarer spaltbarer Stoffe so begrenzt, daß eine "Spaltmaterialfixierung" entfallen kann.
  - Durch den Nachweis der formstabilen Kompaktierung oder der Einhaltung der Anforderungen für metallische Preßlinge in APG 04 wird auch die Zerstörung flüssigkeits- oder gasgefüllter Ampullen und Gasflaschen und ein fester Zustand des Abfallprodukts sichergestellt. Dies gilt auch für kompaktierte Abfälle, die die mit dem Stichwort "thermisch stabil" verbundenen Anforderungen erfüllen. Durch die Kompaktierung in Kartuschen wird auch die Anforderung "Spaltmaterialfixierung" erfüllt, falls die Preßlinge in nicht brennbaren Behältern verpackt werden, wovon nach heutigem Stand auszugehen ist.
  - Durch den Nachweis der Einbindung/Verfestigung, einer hinreichenden Druckfestigkeit und einer hinreichend gleichmäßigen Aktivitätsverteilung für zementierte/betonierte Abfälle der APG 05 wird die Selbstentzündung des Abfallprodukts ausgeschlossen, ein fester/verfestigter Produktzustand sichergestellt, spaltbare Stoffe fixiert und das mit dem Ausschluß flüssigkeits- oder gasgefüllter Ampullen und Gasflaschen von der Endlagerung verbundene Schutzziel erreicht. Dies gilt auch für fixierte Abfälle der APG 02, die die mit dem Stichwort "thermisch stabil" verbundenen Anforderungen erfüllen.
  - Durch den Nachweis einer hinreichenden Druckfestigkeit und der Nichtbrennbarkeit bei Konzentraten der APG 06 werden auch die Selbstentzündung, freie Flüssigkeiten, die Gasbildung und Ampullen und Gasflaschen ausgeschlossen und der feste Zustand des Abfallprodukts sowie die Fixierung spaltbarer Stoffe sichergestellt.

Bei der Verfahrensqualifikation wird vom BfS geprüft, ob sichergestellt ist, daß die notwendigen Kontroll- oder Behandlungsmaßnahmen für alle hergestellten Abfallgebinde durchgeführt werden. Falls bestimmte Kenngrößen nur stichprobenartig kontrolliert werden können (z.B. die stoffliche Zusammensetzung bei heterogenen Abfallarten) und falls aufgrund der Herkunft bzw. Vorbehandlung der Abfälle die Einhaltung dieser Kenngrößen nicht ohne zusätzliche Kontrollmaßnahmen (z.B. Sortieren) angenommen werden kann, wird die Art und Häufigkeit dieser Kontrollmaßnahmen so festgelegt, daß sicherheitsrelevante Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte des Endlagers nicht zu erwarten sind. Falls aus den stichprobenartigen oder sonstigen Untersuchungen Verteilungsfunktionen für die betreffende Kenngröße ableitbar sind, ist auch der Nachweis zulässig, daß 95 % der Werte dieser Verteilung die zugehörigen Begrenzungen einhalten (siehe Kap. 4.2).

Falls durch die Kontroll- oder Behandlungsmaßnahmen sichergestellt wird, daß die zulässigen Aktivitätsgrenzwerte nicht ausgeschöpft werden, kann die Art und Häufigkeit stichprobenartiger Kontrollmaßnahmen für Eigenschaften des Abfallprodukts auch unter Berücksichtigung der gemäß Kapitel 3.4.2 (Tabellen zum Prüfumfang) verminderten oder entfallenden Anforderungen festgelegt werden.

4. Durch die Konditionierung der Abfälle, insbesondere durch ihre Verpackung, werden bestimmte sicherheitstechnische Schutzziele des Endlagers erreicht, so daß Kontrollen entfallen oder in ihrer Häufigkeit vermindert werden können. Entsprechend den Prüflisten bzw. Erläuterungen in Kapitel 3 gehören hierzu:
  - Das Vergießen von Fässern in Betonbehältern oder Containern.

- Das Verpacken von Abfällen in Behältern der Abfallbehälterklasse II; dabei kann ggf. eine spezifizierte Dichtheit dieser Behälter berücksichtigt werden.
- Das formstabile Fixieren von Abfällen in Behältern mit hinreichend kleiner Wärmeleitfähigkeit und Aktivitätsfreisetzung bei Störfällen.

Durch das Vergießen von Fässern in Betonbehältern oder Containern werden die sicherheitstechnischen Schutzziele des Endlagers hinsichtlich der Selbstentzündung und des festen bzw. verfestigten Zustandes des Abfallprodukts, flüssigkeits- oder gasgefüllter Ampullen oder Gasflaschen und freier Flüssigkeiten und der Spaltmaterialfixierung erreicht. Als betriebliche Kontrollmaßnahmen werden daher auch stichprobenartige Kontrollen anerkannt.

Durch Verpacken von Abfällen in Behältern der Abfallbehälterklasse II werden die sicherheitstechnischen Schutzziele des Endlagers hinsichtlich der Selbstentzündung des Abfallprodukts und gefüllter Ampullen oder Gasflaschen und der Spaltmaterialfixierung erreicht, so daß auch stichprobenartige betriebliche Kontrollen anerkannt werden können. Bei dichten Behältern der Abfallbehälterklasse II mit spezifizierter Leckrate werden durch den Behälter zusätzlich auch die Schutzziele erreicht, die durch die Forderungen nach einem festen Zustand des Abfallprodukts und nach dem Ausschluß freier Flüssigkeiten sichergestellt werden. Es können daher auch hier stichprobenartige Kontrollen anerkannt werden.

Durch das formstabile Fixieren von Abfällen in Behältern mit hinreichend geringer Wärmeleitfähigkeit und Aktivitätsfreisetzung bei Störfällen kann der Nachweis der Einhaltung der über die Grundanforderungen hinausgehenden Anforderungen an die Qualität des Abfallprodukts in den Abfallproduktgruppen 02 bis 06 entfallen.

## 6.4 Nachweisführung bei der verfahrensbezogenen Produktkontrolle

Bei der verfahrensbezogenen Produktkontrolle wird die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen durch die bei der Konditionierung eingehaltenen Betriebsbedingungen nachgewiesen. Dabei werden insbesondere die Eigenschaften der Rohabfälle bzw. vorbehandelten Abfälle, die Auslegung, Instrumentierung und Steuerung der Konditionierungsverfahren und die vom Abfallverursacher bzw. Konditionierer bei der Vorbehandlung und Konditionierung der Abfälle getroffenen Maßnahmen berücksichtigt.

Bei Anwendung geeigneter Kontrollverfahren können verfahrensbezogene Kontrollmaßnahmen auch für bereits konditionierte Abfälle angewendet werden. Eine Kombination mit den in Kapitel 5 beschriebenen Stichprobenprüfungen ist zulässig.

### 6.4.1 Kampagnenunabhängige Qualifizierung von Konditionierungsverfahren

Konditionierungsverfahren, bei denen z.B. aufgrund bekannter, gleichbleibender Eigenschaften der Rohabfälle, aufgrund der Wirksamkeit der routinemäßig durchgeführten Kontrollmaßnahmen oder aufgrund der Toleranz des angewendeten Konditionierungsverfahrens gegenüber möglichen Änderungen in der Zusammensetzung des Rohabfalls die Endlagerungsbedingungen unabhängig von der jeweiligen Konditionierungskampagne eingehalten werden, sollen nach Möglichkeit kampagnenunabhängig qualifiziert werden.

Bei der kampagnenunabhängigen Qualifizierung eines Konditionierungsverfahrens werden die bei der Konditionierung eingehaltenen Betriebsbedingungen in einem Handbuch festgelegt, das im Entwurf vom Abfallverursacher/Konditionierer vorgelegt und vom BfS geprüft und - bei positivem Prüfergebnis - anerkannt wird.

#### 6.4.1.1 Anforderungen an das Betriebshandbuch eines Konditionierungsverfahrens

In einem Handbuch spezifiziert der Konditionierer die Betriebsbedingungen und beschreibt/begründet, daß durch Einhaltung der Betriebsbedingungen die Erfüllung der Endlagerungsbedingungen sichergestellt wird.

Das im Entwurf vom Ablieferer/Konditionierer vorgelegte Handbuch wird vom BfS geprüft und nach einer gegebenenfalls notwendigen Überarbeitung durch den Antragsteller bei der anschließenden Qualifikation

zugrunde gelegt. Dabei wird vom BfS auch anhand von aktiven und/oder inaktiven Testläufen beurteilt, ob durch die beschriebenen Festlegungen und Maßnahmen bei Einhaltung der spezifizierten Bandbreiten die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen für jedes hergestellte Abfallgebilde gewährleistet ist. Erforderlichenfalls werden bei der Verfahrensqualifikation weitergehende oder abweichende Bedingungen festgelegt, die bei der Konditionierung einzuhalten sind und die in dieses Handbuch aufgenommen werden müssen. Nach einem positiven Abschluß der Verfahrensqualifikation wird das so geprüfte und abgestimmte Handbuch vom BfS als Betriebshandbuch des Konditionierungsverfahrens freigegeben bzw. anerkannt. Der Abfallverursacher/Konditionierer verpflichtet sich, die im Betriebshandbuch festgelegten Bedingungen und Anweisungen einzuhalten.

Der Abfallverursacher/Konditionierer verpflichtet sich weiterhin, alle eventuell im späteren Betrieb der Anlage notwendigen Änderungen, die die Nichteinhaltung der Endlagerungsbedingungen zur Folge haben könnten, vorher dem BfS anzuzeigen und sämtliche Änderungen von Bedingungen und Anweisungen im Betriebshandbuch zu dokumentieren.

Um Aufbau und Inhalt für die verschiedenen Konditionierungsverfahren zu harmonisieren, wird eine möglichst gleichartige Strukturierung der Handbücher angestrebt. Die inhaltlichen Anforderungen an das Betriebshandbuch eines Konditionierungsverfahrens sind nachfolgend zusammengestellt. Das BfS behält sich vor, im Einzelfall von diesen Anforderungen abzuweichen, falls der Abfallverursacher/Konditionierer anderweitig nachweist, daß die für seine Anlage gültigen Betriebsbedingungen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen sicherstellen.

- Gültigkeitsbereich / Verantwortlichkeit

Der Gültigkeitsbereich des Handbuches und damit der Verfahrensqualifikation ist durch die Benennung von Anlage/Konditionierungsverfahren, die Eingrenzung der zu verarbeitenden Abfälle und durch die Beschreibung des Endprodukts des zu qualifizierenden Verfahrens, festzulegen.

Falls das Verfahren nur zur Herstellung von Abfällen in Innenbehältern oder von Preßlingen dient, kann auch eine Teilqualifikation durchgeführt werden. Die nachfolgende Verpackung der Innenbehälter oder Preßlinge in standardisierten Behältern ist dann zusätzlich zu qualifizieren.

Falls Konditionierer und Abfallverursacher nicht identisch sind, ist der Aufgaben- und Verantwortungsbereich der beiden Partner durch die Definition von Schnittstellen abzugrenzen.

Im Handbuch ist festzulegen, wer für die Einhaltung der bei der Verfahrensqualifikation festgelegten Bedingungen insgesamt oder für Teilbereiche verantwortlich ist. Schnittstellen sind ggf. zu definieren.

Die Festlegung von verantwortlichen Personen kann namentlich oder funktionsmäßig (z.B. "Betriebsleiter der Konditionierungsanlage") erfolgen.

- Charakterisierung der Abfälle

Die zu konditionierenden Abfälle sind durch Angabe der Herkunft, der Abfallart, der charakteristischen Zusammensetzung und der für die Endlagerung und die vorgesehene Konditionierung relevanten Eigenschaften zu beschreiben.

Insbesondere ist hier, soweit nicht durch die Art des Abfallstromes ausgeschlossen, auf unzulässige Inhalte/Zumischungen und/oder Anteile/Eigenschaften, die die Konditionierung oder die Produkteigenschaften beeinträchtigen können, einzugehen. Es ist anzugeben, in welchem Umfang Voruntersuchungen an den konditionierenden Abfällen notwendig sind, um die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen nachzuweisen, oder es sind ggf. entsprechende Nachweise zu erbringen und die Voraussetzungen und Randbedingungen festzulegen, unter denen auf Voruntersuchungen am zu konditionierenden Abfall verzichtet werden kann. Für die zu kontrollierenden Anteile/Eigenschaften sind Bandbreiten anzugeben, innerhalb welcher sie variieren dürfen.

Die charakteristischen Eigenschaften der herzustellenden Produkte und die typischen Merkmale des Verhaltens beim Konditionieren, die Einfluß auf die Produkteigenschaften haben können und/oder die zum Nachweis der

Einhaltung der Endlagerungsbedingungen herangezogen werden sollen, sind zu beschreiben.

Für die herzustellenden Abfallgebinde ist im Handbuch eine Zuordnung zu Abfallproduktgruppen/Abfallbehälterklassen entsprechend den Endlagerungsbedingungen Konrad vorzunehmen. Falls eine Zuordnung zu verschiedenen Abfallproduktgruppen möglich und vorgesehen ist, ist anzugeben, welche Betriebsbedingungen jeweils eingehalten werden müssen, und es ist zu zeigen, daß die Anforderungen hinsichtlich der Deklaration von Einzelnucliden für die jeweils vorgesehene Abfallproduktgruppe erfüllt werden. Da die Anforderungen des Endlagers z.T. behälterspezifisch gelten, sind der oder die vorgesehenen Endlagerbehälter auch dann anzugeben, wenn der Gültigkeitsbereich der Verfahrensqualifikation z.B. bei der Befüllung von Innenbehältern oder der Herstellung von Preßlingen endet.

- Festlegung der endlagerrelevanten Eigenschaften

Die im Routinebetrieb am Rohabfall, Produkt, Behälter und Gebinde zu prüfenden endlagerrelevanten Eigenschaften sowie die zugehörigen Toleranzen/Bandbreiten der Kenngrößen oder sonstiger Verfahrensparameter sind zu beschreiben und festzulegen.

Es ist zu zeigen/zu begründen, daß bei Einhaltung der festgelegten Toleranzbereiche die in den Endlagerungsbedingungen spezifizierten Grenzwerte/Produktanforderungen eingehalten/erfüllt werden. Bei Eigenschaften/Kenngrößen, bei denen die Einhaltung der zugehörigen Grenzwerte nicht generell als gegeben anzusehen ist, sind die maximal zu erwartenden Werte anzugeben.

Für die Gesamtaktivität und die Aktivität der relevanten Einzelnuclide sind diese Angaben in jedem Fall erforderlich (maximal zu erwartende Werte für die Aktivität relevanter Einzelnuclide und/oder Summenwerte).

- Kontrollmaßnahmen zur Gewährleistung der endlagerrelevanten Eigenschaften

Bezogen auf das zu qualifizierende Verfahren bzw. dessen Endprodukt sind die zur Kontrolle der endlagerrelevanten Eigenschaften notwendigen Maßnahmen, Methoden, Prüfparameter, Prüfverfahren und Belege zu beschreiben.

Die Genauigkeit der jeweils angewendeten Nachweisverfahren ist zu beschreiben und zu quantifizieren, soweit sie für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen relevant ist. Unter Berücksichtigung der ermittelten Genauigkeit ist anzugeben, welche Werte sich maximal ergeben. Es ist zu zeigen, daß Überschreitungen der gebindebezogenen Grenzwerte auszuschließen sind und daß die endlagerrelevanten Eigenschaften der Abfälle mit hinreichender Zuverlässigkeit bestimmt werden.

Soweit die notwendigen Kontrollen mit Hilfe der Prozeßinstrumentierung durchgeführt werden, ist deren Eignung zur Einhaltung der Verfahrensparameter und zur Dokumentation der Ergebnisse zu beschreiben.

Bei Messungen/Prüfungen/Kontrollen, die an Rohabfall, Produkt, Proben oder Probekörpern durchzuführen sind, sind Methode und Häufigkeit und die Eignung der Meß-/Prüfverfahren (bzw. der Bewertungskriterien bei Sichtprüfungen) sowie die Repräsentativität der Ergebnisse zu beschreiben/begründen.

- Meßgeräte und produktrelevante Prozeßinstrumentierung

Auf Basis eines Verfahrensschemas sind die zur Einhaltung der produktrelevanten Verfahrensparameter notwendigen Methoden, Schaltungen und Geräte eindeutig zu beschreiben, ihre Eignung aufzuzeigen und die Art der Ergebnisdokumentation anzugeben.

Verriegelungen, Folgeschaltungen, fest einzustellende Sollwertabschaltungen etc. gehören, soweit hierdurch die Einhaltung der festgelegten Verfahrensabläufe, Verfahrensparameter, Mengenverhältnisse etc. sichergestellt/nachgewiesen werden, ebenfalls zur produktrelevanten Prozeßinstrumentierung und sind daher ebenfalls in ihrer Funktion und Zuverlässigkeit zu beschreiben.

Durchführung, Intervalle und Dokumentation von Kalibrierungen und/oder Wiederholungsprüfungen der

Prozeßinstrumentierung und der übrigen zum Nachweis der endlagerrelevanten Eigenschaften notwendigen Meß- und Analysengeräte sind anzugeben.

- Verfahrensbeschreibung und produktrelevante Fahrweise

Das Konditionierungsverfahren und der technische Ablauf der Konditionierung sind im Handbuch in einem ausreichenden Umfang zu beschreiben. Die für die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen relevanten Verarbeitungsschritte und Maßnahmen sind darzustellen. Das An- und Abfahren der Anlage sowie Maßnahmen bei Fehloperationen und Störungen sind zu beschreiben, mit denen die Einhaltung der verfahrensbedingten Toleranzbereiche und damit der Endlagerungsbedingungen gewährleistet wird. Weiterhin ist zu beschreiben, wie sichergestellt wird, daß produktrelevante Fehloperationen und/oder Betriebsstörungen nicht un bemerkt bleiben und wie Abfallgebinde gekennzeichnet werden, bei deren Konditionierung die festgelegten Betriebsbedingungen nicht eingehalten wurden.

- Dokumentation

Im Handbuch ist anzugeben, welche innerbetrieblich oder extern anfallenden Daten, Ergebnisse oder Bescheinigungen vom Abfallverursacher bzw. Konditionierer zu dokumentieren sind. Weiter ist festzulegen, ob und in welchem Umfang Rückstellproben für Nachprüfungen durch das BfS bereitgestellt werden. Die Entscheidung über Art und Umfang der Dokumentation und über die Notwendigkeit zur Herstellung von Rückstellproben obliegt dem BfS, das sich in der Regel auf die im Rahmen der Verfahrensqualifikation erarbeiteten Vorschläge beauftragter unabhängiger Sachverständiger und Institutionen abstützt.

Als Beleg können außer Analysenbescheinigungen, Meßwertschriften, Herstellerzeugnissen, Herstellerbescheinigungen, Prüfbescheinigungen, z. B. auch EDV-Eingaben (wenn Person und Datum mit der Eingabe verknüpft sind) und Eintragungen im Betriebsbuch (mit Datum und Unterschrift) dienen. Wesentlich für alle Belege ist die verwechslungsfreie Zuordnung zu den Produkten bzw. Chargen.

### 6.4.1.2 Testbetrieb/Verfahrensbeurteilung eines Konditionierungsverfahrens

Nach der formalen und inhaltlichen Abstimmung des Entwurfes für ein Handbuch zwischen dem Abfallverursacher/Konditionierer und dem BfS demonstriert dieser gegenüber dem BfS, daß bei Einhaltung der im Handbuch festgelegten Betriebsbedingungen endlagerfähige Abfallgebinde hergestellt werden. Dieser Nachweis kann z. B. im Rahmen von Testläufen der Konditionierungsanlage geführt werden. Sofern das BfS bei diesen Testläufen nicht selbst anwesend ist, beauftragt es unabhängige Sachverständige oder Institutionen mit der Kontrolle der Testläufe, der Prüfung der Testergebnisse und der Erstellung einer Verfahrensbeurteilung. Zu beurteilen ist, ob bei Einhaltung der im Handbuch festgelegten Betriebsbedingungen von der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen auszugehen ist, wobei insbesondere die nachfolgend genannten Kriterien zugrunde zu legen sind. Das Handbuch ist aufgrund der Ergebnisse des Testbetriebs ggf. vom Abfallverursacher/Konditionierer zu überarbeiten und dem BfS erneut vorzulegen.

Soweit möglich kann dieser Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen vom Abfallverursacher/Konditionierer auch unter Bezugnahme auf die Ergebnisse von Laboruntersuchungen und/oder auf Untersuchungen an vergleichbaren Abfällen und/oder durch Berechnung und/oder durch begründete Analogieschlüsse erbracht werden.

- Eignung von Verfahren und Anlage

Auf der Basis der Ergebnisse des Testbetriebes bzw. sonstiger Nachweise ist bezüglich der Eignung von Verfahren und Anlage zu beurteilen, ob bei Einhaltung von Verfahrensablauf und Verfahrensparametern über den gesamten Bereich der Toleranzen/Bandbreiten für Rohabfall und Verfahrensparameter die Produktanforderungen erfüllt werden, d. h.:

- Sind die im Handbuch beschriebenen/charakterisierten Rohabfälle nach dem beschriebenen Verfahren und ggf. mit dem vorgesehenen Bindemittel/Zuschlagstoff so konditionierbar, daß die Produktanforderungen der angegebenen Abfallproduktgruppe(n) erfüllt werden?

- Ermöglichen Auslegung und Instrumentierung der Anlage eine anforderungsgerechte Konditionierung und sachgerechte Kontrolle von Verfahrensablauf und Verfahrensparametern?

- Eignung der endlagerrelevanten Eigenschaften

Wie aus Kapitel 6.2 ersichtlich, bestehen für den qualifizierten Betrieb einer Konditionierungsanlage verschiedene Möglichkeiten, die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen nachzuweisen. Bei der Verfahrensbeurteilung ist daher zu prüfen, ob die gemäß Handbuch einzuhaltenden Kenngrößen und Verfahrensparameter und die an Rohabfall, Produkt, Behälter und Gebinde zu prüfenden Eigenschaften und die dazu angegebenen Toleranzen/Bandbreiten so ausgewählt/kombiniert sind, daß bei Einhaltung der festgelegten Bandbreiten die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen gewährleistet ist.

- Eignung der Kontrollmaßnahmen

Hinsichtlich der Eignung der Kontrollmaßnahmen ist zu beurteilen, ob bei ordnungsgemäßer Einhaltung/Durchführung der Kontrollmaßnahmen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen gewährleistet ist.

Es ist zu prüfen, ob die für den Routinebetrieb vorgesehenen im Handbuch festgelegten Maßnahmen/ Methoden/ Prüfverfahren, Bewertungskriterien, Instrumentierungen und meßtechnische Ausrüstungen geeignet sind, um mit hinreichender Genauigkeit/Zuverlässigkeit die Einhaltung von Verfahrensablauf/ Verfahrensparametern sicherzustellen und die Einhaltung der Bandbreiten/Toleranzen/Grenzwerte der an Rohabfall/Produkt/ Behälter/Gebinde zu bestimmenden Eigenschaften gewährleisten zu können. Weiterhin wird geprüft, ob die Kontrollmaßnahmen so umfassend und zuverlässig sind bzw. sich so ergänzen, daß sichergestellt ist, daß durch Fehlbedienung und/oder Fehlfunktion fehlerhaft hergestellte Gebinde bemerkt und gekennzeichnet werden.

- Eignung der Meß- oder Bestimmungsmethoden

Bei der Beurteilung der Meß- oder Bestimmungsmethoden ist zu prüfen, ob

- die Einhaltung der festgelegten Bandbreiten durch die Herkunft oder Behandlung der Abfälle bzw. durch die angewendeten Kontrollmaßnahmen ohne Anwendung quantitativer Bestimmungsmethoden mit hinreichender Zuverlässigkeit sichergestellt wird, oder ob
- die genannten Toleranzen/Grenzwerte und die Genauigkeit der Bestimmungsmethoden so aufeinander abgestimmt sind, daß die Überschreitung gebindebezogener Grenzwerte und/oder sonstige unzulässige Abweichungen von den ermittelten Abfalldaten auszuschließen sind.

Die Anforderungen an die Genauigkeit der angewendeten Meß-, Rechen- oder Schätzverfahren wurden in Kapitel 4.2 behandelt.

- Eignung der Dokumentation

Die Dokumentation bildet die Grundlage für die bei nachfolgenden Inspektionsmaßnahmen erfolgende Beurteilung, ob die bei der Verfahrensqualifikation festgelegten Betriebsbedingungen beim Betrieb der Anlage eingehalten wurden.

Zur Beurteilung, ob die vorgesehene Dokumentation als Nachweis/Beurteilungsgrundlage für die Einhaltung der Betriebsbedingungen geeignet ist, sind die Belege hinsichtlich Art/Umfang, Anforderung und Prüfbarkeit zu prüfen:

- *Art und Umfang der Belege*

Hinsichtlich Art und Umfang der Belege wird überprüft, ob alle zur Erstellung der Begleitpapiere notwendigen Daten entsprechend belegt bzw. ableitbar sind und ob die zur Einhaltung der endlagerrelevanten Eigenschaften

spezifizierten Kontrollmaßnahmen hinreichend dokumentiert sind.

- *Anforderungen an die Belege*

Aufgrund der sicherheitstechnischen Relevanz der zu belegenden Kontrollmaßnahmen selbst und/oder der radiologischen Relevanz der Produkte oder aber auch durch die mehr oder minder große Absicherung/Überdeckung durch/mit andere(n) belegte(n) Kontrollmaßnahmen werden an die Belege unterschiedliche Anforderungen gestellt. Bei der Beurteilung der Belege wird überprüft/untersucht:

- Führen die für die Erstellung der Belege verantwortlichen Personen die Kontrollmaßnahmen/Prüfungen/Messungen/Analysen selbst durch oder ist eine entsprechende direkte Weisung/Kontrolle der ausführenden Personen durch die verantwortlichen Personen gegeben/sichergestellt?
  - Sind Registriersysteme/Verriegelungen/Schaltungen hinreichend zuverlässig und gegen unbeabsichtigte Eingriffe abgesichert?
  - Ist eine eindeutige Zuordnung der Belege zum einzelnen Gebinde bzw. zur Charge sichergestellt?
- *Übersichtlichkeit / Prüfbarkeit der Belege*

Hinsichtlich der Übersichtlichkeit/Prüfbarkeit der Belege wird geprüft, ob Ausführung und Aufbewahrung eine Prüfung mit vertretbarem Aufwand ermöglichen und ob die charakteristischen Daten von Chargen so zusammengefaßt sind (Chargenübersicht), daß Unregelmäßigkeiten und/oder fehlerhafte Gebinde erkannt werden können.

- Rückstellproben

Falls als Ergänzung der Dokumentation Rückstellproben erforderlich sind, wird geprüft, ob aufgrund von Herstellung/Probenahme, Form, Anzahl und Zuordnung zu Charge/Einzelgebilde die im jeweiligen Fall erforderliche Repräsentativität der Proben sichergestellt ist.

Als Ersatz oder Ergänzung für Rückstellproben kann bei der Verfahrensqualifikation festgelegt werden, daß die Möglichkeit zur Prüfung einzelner Eigenschaften an Zwischenprodukten (z.B. Innenfaß, Preßling) bestehen muß. Da Zwischenprodukte nach der weiteren Konditionierung (z.B. Containerverguß) nicht mehr zugänglich sind, wird bei der Verfahrensbeurteilung festgelegt, in welchem Umfang und nach welchem Auswahlverfahren Zwischenprodukte bis zur nächsten Inspektion für eine evtl. notwendige Prüfung/Kontrolle zurückgestellt werden sollen. Die Festlegung ist dann in das Betriebshandbuch aufzunehmen.

### 6.4.1.3 Qualifikation und Freigabe eines Konditionierungsverfahrens

Auf der Grundlage der Verfahrensbeurteilung qualifiziert das BfS das Konditionierungsverfahren, falls die in Unterkapitel 6.4.1.2 genannten Kriterien/Bedingungen erfüllt sind, und erstellt ein Inspektionshandbuch bzw. läßt ein Inspektionshandbuch erstellen, das sämtliche im Routinebetrieb aus Sicht der Endlagerung erforderlichen Prüf- und Kontrollschritte unabhängiger Sachverständiger oder Institutionen beinhaltet.

Falls aufgrund der Testläufe und/oder der Verfahrensbeurteilung zusätzliche oder abweichend einzuhaltende Betriebsbedingungen festgelegt wurden, werden diese vom Abfallverursacher/Konditionierer in die endgültige Fassung des Handbuches aufgenommen.

Das BfS entscheidet über die Anerkennung des Konditionierungsverfahrens als qualifiziertes Verfahren und über die Freigabe des Handbuches als Betriebshandbuch.

Der Abfallverursacher/Konditionierer verpflichtet sich, die im Betriebshandbuch festgelegten Bedingungen und Anweisungen einzuhalten.

### 6.4.1.4 Betrieb und Inspektion kampagnenunabhängig qualifizierter Konditionierungsverfahren

Die Durchführung der Konditionierung mit qualifizierten Verfahren ist vom Abfallverursacher/Konditionierer dem BfS zu melden.



Im Routinebetrieb befolgt der Abfallverursacher/Konditionierer die im Betriebshandbuch festgelegten Betriebsanweisungen, wobei er insbesondere den festgelegten Anforderungen entsprechende Dokumentationen erstellt und die im Betriebshandbuch festgelegten Prüf- und Kontrollschritte eigenverantwortlich durchführt.

Die gemäß Inspektionshandbuch vorgesehenen Prüf- und Kontrollschritte erfolgen durch beauftragte unabhängige Sachverständige oder Institutionen. Diese beurteilen, ob die Betriebsbedingungen für bereits konditionierte Abfälle eingehalten wurden bzw. ob sie bei der laufenden Konditionierung eingehalten werden und ob damit die hergestellten Abfallgebinde bzw. Abfallprodukte den Endlagerungsbedingungen entsprechen. Hierzu werden die vom Abfallverursacher/Konditionierer durchgeführten Konditionierungsmaßnahmen, die von ihm an der Konditionierungsanlage und an den Abfällen durchgeführten Prüf- und Kontrollmaßnahmen sowie die vorgelegten Dokumentationen überprüft. Diese Prüf- und Kontrollmaßnahmen, die nachfolgend erläutert werden, werden erforderlichenfalls durch von den unabhängigen Sachverständigen oder Institutionen selbst durchgeführte Prüfungen, Analysen und Messungen ergänzt.

Nach Abschluß der Inspektion wird ein Inspektionsbericht über die dabei erzielten Ergebnisse erstellt. Entsprechen die Ergebnisse den festgelegten Anforderungen, wird vom BfS bestätigt, daß ein hinreichender Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen für die hergestellten Abfallgebinde/ Produkte vorliegt. Damit werden auch Abfallprodukte zur weiteren Konditionierung (z.B. Containerverguß) freigegeben. Falls aus betrieblichen Gründen eine vorgezogene Weiterkonditionierung von Zwischenprodukten (z.B. Innenfaß, Preßling), die nach einem qualifizierten Verfahren hergestellt sind, unumgänglich ist, wird bei der Verfahrensqualifikation festgelegt, in welchem Umfang und nach welchem Auswahlverfahren Zwischenprodukte bis zur nächsten Inspektion zurückzustellen sind.

- Prüfungen / Kontrollen beim Betrieb

Beim laufenden Betrieb der Verfahren wird im Rahmen der vom BfS festgelegten Inspektionen die Einhaltung der im Betriebshandbuch festgelegten Betriebsbedingungen geprüft/kontrolliert/beurteilt, d. h.:

- Werden der Verfahrensablauf und die Toleranzen/Bandbreiten der Verfahrensparameter und der an Rohabfall, Produkt und Proben zu prüfenden Eigenschaften eingehalten?
- Werden die Kontrollmaßnahmen durch den Ablieferer/Konditionierer entsprechend den Festlegungen im Betriebshandbuch durchgeführt und aufgezeichnet/dokumentiert?
- Ist der verarbeitete Rohabfall dem im Betriebshandbuch angegebenen Abfallstrom zugehörig und/ oder stimmt die Zusammensetzung des Rohabfalls mit der dort beschriebenen Charakterisierung überein?
- Werden die Rückstellproben vom Konditionierer sachgemäß entnommen?
- Werden die Prüfungen/Maßnahmen durch die im Handbuch als verantwortlich genannten Personen durchgeführt oder ist eine entsprechend unmittelbare Schulung/Weisung/Kontrolle der mit der Durchführung betrauten Personen durch die verantwortlichen Personen gegeben?
- Wird der Betrieb der Anlage, zumindest soweit es sich um produktrelevante Tätigkeiten handelt, von entsprechend geschultem/eingearbeitetem Personal durchgeführt?
- Sind bezüglich Rohabfalleigenschaften, Verhalten beim Konditionieren und Produkteigenschaften Änderungen/Abweichungen gegenüber dem Testbetrieb erkennbar, die die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen bei den zwischenzeitlich hergestellten Produkten in Frage stellen könnten und/oder langfristig Einfluß auf die Konditionierung und/oder die Produkteigenschaften und/oder die radiologische oder sicherheitstechnische Relevanz der Produkte haben könnten?

- Prüfung / Kontrolle der Prozeßinstrumentierung

Im Rahmen der Inspektion ist zu zeigen, daß die Genauigkeit der Instrumente und die Funktion der Prozeßinstrumentierung den im Betriebshandbuch festgelegten Bedingungen entsprechen. Hierzu kann die Funktion und Genauigkeit der Meß-, Analysen- und Dosiersysteme durch

- Kontrolle der Ergebnisse von Prüfungen externer unabhängiger Institutionen oder
- Kontrolle von Aufzeichnungen des Konditionierers über die vereinbarungsgemäß oder nach Empfehlung des Herstellers durchgeführten Kontroll- oder Kalibriermaßnahmen

überprüft werden.

Verriegelungen werden durch bei der Inspektion vorgenommene Funktionskontrollen überprüft, soweit die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen von der Funktion dieser Verriegelungen abhängt.

- Prüfung / Kontrolle der Dokumentation

Bei der Inspektion wird die Dokumentation der seit der letzten Inspektion konditionierten Abfälle auf Vollständigkeit und auf Unstimmigkeiten geprüft, die auf fehlerhafte Gebinde hinweisen könnten. Ergänzend hierzu können Prüfungen an Rückstellproben oder zurückgestellten Innenbehältern oder Preßlingen durchgeführt werden.

- Chargenübersicht / Chargenanalyse

Anhand der Chargenübersicht und der für die konditionierte Abfallcharge dokumentierten Analyseergebnisse werden die

- charakteristischen Daten der Charge und der hergestellten Produkte auf Einhaltung der Grenzwerte und Bandbreiten und auf
- Unregelmäßigkeiten oder Abweichungen, die auf Konditionierungsfehler oder eine mangelhafte Funktion der Systeme hinweisen,

überprüft.

- Checklisten / Protokollblätter / Betriebsaufzeichnungen

Checklisten, Protokollblätter und sonstige Betriebsaufzeichnungen werden wie folgt geprüft:

- Prüfung auf Vollständigkeit der Eintragungen/Testate der zu protokollierenden Ergebnisse, Tätigkeiten, Abläufe etc.
- Prüfung auf Abweichungen von den zulässigen Betriebsbedingungen und auf Vermerke/Bemerkungen, die auf Unregelmäßigkeiten/Fehler hinweisen.
- Stichprobenprüfung auf Konsistenz der dokumentierten Unterlagen und auf Übereinstimmung mit der Chargenübersicht.

- Rückstellproben / zurückgestellte Zwischenprodukte

Rückstellproben bzw. zurückgestellte Zwischenprodukte werden wie folgt geprüft:

- Prüfung auf ordnungsgemäße Kennzeichnung und Lagerung der Rückstellproben.
- Prüfung von Probekörpern hinsichtlich Aktivitätsinventar und Produkteigenschaften (Option).
- Prüfung einzelner Eigenschaften an zurückgestellten Zwischenprodukten (z.B. Innenbehälter, Preßling), falls bei der Verfahrensqualifikation eine entsprechende Festlegung getroffen wurde.

## 6.4.2 Kampagnenbezogene Qualifizierung von Konditionierungsverfahren

Die kampagnenbezogene Qualifizierung von Konditionierungsverfahren wird für das Endlager Konrad wie folgt durchgeführt:

- 6.4.2.1 Der Ablieferungspflichtige/Konditionierer informiert das BfS bzw. den im Auftrag des BfS tätigen Sachverständigen über das angewendete Konditionierungsverfahren, über die für die Endlagerung relevanten Eigenschaften der Rohabfälle, Abfallprodukte und Abfallbehälter, über die bei der Konditionierung routinemäßig durchgeführten Arbeits- und Prüfschritte (z. B. in Form eines Ablaufplans), über die dabei angewendeten Prüfverfahren und -kriterien, über die jeweils eingehaltenen Grenzwerte oder Bandbreiten, über die bei Fehloperationen oder Störungen durchgeführten Maßnahmen sowie über die bei der Konditionierung dokumentierten Abfalldaten. Diese Informationen über die Betriebsbedingungen des Konditionierungsverfahrens können z. B. in der Form von Verfahrensfließbildern, Labor- oder Arbeitsberichten, Arbeits- oder Prüfanweisungen oder durch Demonstration vor Ort bereitgestellt werden. Diese kampagnenbezogene Verfahrensqualifikation soll bei Vorliegen der diesbezüglichen Voraussetzungen nach Möglichkeit in eine kampagnenunabhängige Verfahrensqualifikation überführt werden (s. Abschnitt 6.4.1).
- 6.4.2.2 Der im Auftrag des BfS tätige Sachverständige prüft aufgrund dieser Informationen, ob bei den so konditionierten Abfällen von der Einhaltung der für das Endlager Konrad gültigen Anforderungen auszugehen ist. Er teilt dem Ablieferungspflichtigen/Konditionierer mit, ob aus seiner Sicht ggf. zusätzliche Maßnahmen zu treffen sind, um eine zuverlässige Einhaltung der Anforderungen des Endlagers zu gewährleisten. Der Sachverständige faßt das Ergebnis seiner Prüfung für das BfS in einer Verfahrensbeurteilung zusammen und teilt dem BfS mit, ob aus seiner Sicht über die vom Konditionierer selbst durchgeführten Maßnahmen hinausgehend unabhängige Prüfungen an Abfallproben oder Abfallgebinden notwendig sind und bei welchen Arbeits- oder Prüfschritten von ihm die Anwesenheit bzw. Beteiligung eines unabhängigen Sachverständigen für erforderlich gehalten wird (z. B. durch Eintragung in den o. a. Ablaufplan).
- 6.4.2.3 Das BfS entscheidet über die Notwendigkeit der Durchführung unabhängiger Prüfungen an Abfallproben oder Abfallgebinden und über den notwendigen Umfang der Beteiligung unabhängiger Sachverständiger bei der Konditionierung. Das BfS legt fest, welche Daten dem BfS nach erfolgter Konditionierung zu übermitteln sind. Weiter entscheidet das BfS auf der Grundlage der obengenannten Verfahrensbeurteilung, ob die mit dem genannten Konditionierungsverfahren hergestellten Abfallgebinde bei Einhaltung der für die Endlagerung relevanten Betriebsbedingungen zur Endlagerung freigegeben werden können.
- 6.4.2.4 Soweit bei nachfolgenden Konditionierungskampagnen abweichende Betriebsbedingungen gelten, werden die unter 6.4.2.1 bis 6.4.2.3 genannten Maßnahmen erneut durchgeführt.
- 6.4.2.5 Nach Abschluß der Konditionierung erhält der Sachverständige des BfS die vollständige Gebindedokumentation zur Überprüfung. Der Sachverständige des BfS erstellt einen Prüfbericht als Entscheidungsgrundlage für das BfS zur Freigabe der Abfälle für die Endlagerung.
- 6.4.2.6 Das BfS gibt die so konditionierten Abfälle zur Endlagerung frei, falls
- die an Abfallproben oder Abfallgebinden durchgeführten unabhängigen Prüfungen,
  - die nach Maßgabe des BfS von unabhängigen Sachverständigen bei der Konditionierung durchgeführten Kontrollmaßnahmen und
  - die vom Abfallverursacher/Konditionierer übermittelten Daten
- die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen bestätigen.
- 6.4.2.7 Bei Auftreten von Fehlern und Mängeln entscheidet das BfS auf der Basis der Empfehlungen des Sachverständigen über weitere Maßnahmen.

In der unter 6.4.2.2 genannten Verfahrensbeurteilung beurteilt der Sachverständige anhand der vom Abfallverursacher bzw. Konditionierer bereitgestellten Informationen, ob zu erwarten ist, daß die mit dem jeweiligen

Konditionierungsverfahren hergestellten Abfallgebinde die Anforderungen des Endlagers Konrad einhalten. Die Verfahrensbeurteilung umfaßt insbesondere die folgenden Beurteilungen:

- Beurteilung der endlagerrelevanten Eigenschaften von Rohabfällen, Zwischen- bzw. Abfallprodukten, Abfallbehältern und Abfallgebinden.
- Beurteilung der Eignung von Anlagen und Verfahren, mit denen die genannten Abfälle verarbeitet bzw. konditioniert werden. Zu beurteilen ist, ob Anlage und Verfahren zur Herstellung endlagergerechter Produkte geeignet sind und ob die zur Ermittlung endlagerrelevanter Eigenschaften der Abfälle angewendeten Verfahren - soweit notwendig - dem jeweiligen Stand der Technik entsprechen.
- Beurteilung der vom Ablieferungspflichtigen bzw. Konditionierer vorgesehenen Arbeits- und Prüfschritte. Zu beurteilen ist, ob bei Durchführung dieser Maßnahmen die Annahmebedingungen des Endlagers Konrad mit hinreichender Zuverlässigkeit eingehalten werden. Insbesondere sind dabei auch mögliche Fehloperationen/Störungen der Anlage und der Einfluß möglicher Abweichungen der Eigenschaften der Abfälle zu berücksichtigen sowie diesbezügliche Maßnahmen des Abfallverursachers bzw. Konditionierers zu bewerten.
- Beurteilung der vom Ablieferungspflichtigen bzw. Konditionierer dokumentierten Daten. Zu beurteilen ist, ob Abfalldaten in dem für die Endlagerung erforderlichen Umfang dokumentiert werden, ob eine eindeutige, verwechslungsfreie Zuordnung dieser Daten zu den hergestellten Abfallgebinden gegeben ist, ob die Daten in prüfgerechter Form vorliegen und ob die Abfalldaten hinreichend gegen unbeabsichtigte Veränderung geschützt sind.

Die obengenannte Beurteilung ist erneut durchzuführen, falls die Betriebsbedingungen des Konditionierungsverfahrens für unterschiedliche Konditionierungskampagnen in einem Umfang voneinander abweichen, der im Rahmen dieser Beurteilung nicht berücksichtigt wurde.

## 6.5 Qualifizierung und Inspektion ausländischer Konditionierungsverfahren

Die in diesem Kapitel beschriebenen Anforderungen und Voraussetzungen für die Qualifizierung und nachfolgende Inspektion von Konditionierungsverfahren gelten grundsätzlich auch für die Konditionierung von Abfällen im Ausland, falls die betreffenden Abfallgebinde im Endlager Konrad ohne vorherige Durchführung von Stichprobenprüfungen gemäß Kapitel 5 endgelagert werden sollen. Abweichende Randbedingungen ergeben sich, falls

- einem direkten Tätigwerden des BfS bzw. vom BfS beauftragter deutscher Sachverständiger oder Institutionen in diesen Anlagen vom Betreiber der Anlage oder von den zuständigen ausländischen Aufsichtsbehörden nicht zugestimmt wird oder falls
- die für diese ausländischen Konditionierungsverfahren gültigen Betriebsbedingungen vom BfS im Hinblick auf die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen Konrad nicht abweichend festgelegt werden können, da an die Eigenschaften der konditionierten Abfälle von den Kunden des ausländischen Konditionierers aufgrund unterschiedlicher nationaler Endlagerkonzepte unterschiedliche Anforderungen gestellt werden.

In diesem Fall wird das BfS die Maßnahmen zur Verifizierung der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen von Abfällen deutschen Ursprungs, die im Ausland konditioniert werden, in Form einer Abwicklungsregelung präzisieren. Diese Regelung wird das BfS vor ihrer ersten Anwendung der Endlagerüberwachung des BfS zur Zustimmung vorlegen.

Das BfS wird weiterhin in diesem Fall bei der Qualifizierung bzw. bei der nachfolgenden Inspektion ausländischer Konditionierungsverfahren wie folgt modifiziert vorgehen:

- Falls das BfS bzw. vom BfS beauftragte deutsche Sachverständige oder Institutionen in den ausländischen Konditionierungsanlagen nicht tätig werden können, kann das BfS die nach Deutschland zurückgelieferten Abfälle ohne zusätzliche Stichprobenprüfungen (siehe Kapitel 5) zur Endlagerung freigeben, falls diese Konditionierungsanlagen von ausländischen oder internationalen Organisationen qualifiziert und nachfolgend inspiziert wurden. Voraussetzung für diese Freigabe ist, daß die betreffenden Organisationen nicht in der gleichen Angelegenheit für die deutschen Abfallverursacher bzw. für den ausländischen Konditionierer

tätig werden und daß die in Unterkapitel 2.1 angegebenen Anforderungen an die Eignung von Sachverständigen von diesen Organisationen bzw. den in ihrem Auftrag tätigen Sachverständigen erfüllt werden.

- Vor der Einlagerung von Abfällen deutschen Ursprungs, die in ausländischen Konditionierungsanlagen konditioniert werden, wird das BfS Maßnahmen oder Regelungen festlegen, durch die erreicht wird, daß für die Produktkontrolle der Abfallgebinde ausreichende Kenntnisse über die Betriebsbedingungen in ausländischen Konditionierungsanlagen zur Verfügung stehen. Die Maßnahmen oder Regelungen werden vor der Einlagerung von Abfallgebänden aus diesen Anlagen der Endlagerüberwachung des BfS zur Zustimmung vorgelegt.
- Falls die für das ausländische Konditionierungsverfahren gültigen Betriebsbedingungen vom BfS nicht geändert werden können, entscheidet das BfS, ob durch die genannten Betriebsbedingungen die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen Konrad gewährleistet wird bzw. ob die Abfalldaten bei der Konditionierung so genau und so zuverlässig ermittelt werden, daß das BfS anhand der ermittelten Abfalldaten über die Freigabe der Abfallgebinde zur Endlagerung im Endlager Konrad ohne Durchführung von Stichprobenprüfungen an den zurückgelieferten Abfallgebänden entscheiden kann. Voraussetzung für diese Freigabe ist, daß die obengenannten sonstigen Anforderungen an die Qualifizierung und an die nachfolgende Inspektion der ausländischen Konditionierungsanlage erfüllt werden.

Nicht nachgewiesene Eigenschaften werden vom BfS durch Stichprobenprüfungen gemäß Kapitel 5 geprüft.



## **Kapitel**

### **7. Prüfung von Behältern/Verpackungen**

#### **Unterkapitel**

- 7.1 Bauartprüfung von Behältern
  - 7.1.1 Geltungsbereich
  - 7.1.2 Verfahren der Bauartprüfung
  - 7.1.3 Antragsunterlagen
  - 7.1.4 Auslegung
  - 7.1.5 Baumusterprüfung
  - 7.1.6 Qualitätssichernde Maßnahmen
  - 7.1.7 Eignungsfeststellung
  
- 7.2 Prüfung von bereits hergestellten Behältern
  - 7.2.1 Geltungsbereich
  - 7.2.2 Prüfverfahren für bereits hergestellte Behälter
  - 7.2.3 Antragsunterlagen
  - 7.2.4 Auslegung
  - 7.2.5 Baumusterprüfung
  - 7.2.6 Qualitätssichernde Maßnahmen
  - 7.2.7 Eignungsfeststellung
  
- 7.3 Anhänge
  - 7.3.1 Begriffsbestimmungen
  - 7.3.2 Ermittlung und Feststellung von Durchlässigkeitsfaktoren für Behälter mit spezifizierter Dichteit
  - 7.3.3 Ausnahmeregelungen bezüglich der Dichtheitsanforderungen der Abfallbehälterklasse II
  - 7.3.4 Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an störfallfeste Verpackungen der Abfallbehälterklasse II im thermischen Lastfall
  - 7.3.5 Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Aktivitätsfreisetzung im mechanischen Lastfall für Behälter der Abfallbehälterklasse II

## 7. Prüfung von Behältern/Verpackungen

Die aus den Endlagerungsbedingungen /1/ abgeleiteten Kenngrößen für die Behälter bzw. Verpackungen endzulagernder radioaktiver Abfälle wurden in Kapitel 3.5 erläutert. Grundsätzlich wird die Einhaltung der Anforderungen an Behälter bzw. Verpackungen durch

- Bauartprüfungen,
- begleitende Fertigungskontrollen,
- Prüf- und Kontrollmaßnahmen bei der Abfallkonditionierung und ggf.
- Prüfungen an den Abfallgebinden

kontrolliert. Die Prüf- und Kontrollmaßnahmen, durch die der Nachweis der Eignung eines bestimmten Behältertyps für die Endlagerung vor der Verwendung erbracht wird, werden einschließlich dem Prüfzeugnis für die Behälter im folgenden kurz als Bauartprüfung bezeichnet.

Parallel zu den Anforderungen des Endlagers bestehen Anforderungen und Vorschriften für die Prüfung und ggf. die Zulassung von Verpackungen/Versandstücken nach dem Verkehrsrecht. Soweit diese den nachfolgend beschriebenen Anforderungen entsprechen, können Nachweise nach Verkehrsrecht vom BfS anerkannt werden. Eine Änderung von Anforderungen und Vorschriften des Verkehrsrechts kann eine Änderung der nachfolgend beschriebenen Prüfungen nach sich ziehen.

Die in Kapitel 2 beschriebenen Regelungen gelten auch für die Prüfung von Abfallbehältern. Danach sind von den Ablieferungspflichtigen in Eigenverantwortung geeignete technische und organisatorisch-administrative Maßnahmen zu treffen und gegenüber dem BfS auf Anforderung nachzuweisen. Die Ablieferungspflichtigen und die in deren Auftrag tätigen Behälterhersteller/Konditionierer sind verantwortlich für die Aufstellung und Durchführung eigener qualitätssichernder Maßnahmen bei der Herstellung, Befüllung und Lagerung der Behälter.

Die Baumusterprüfung bzw. die Überwachung der Baumusterprüfung erfolgt bei Verpackungen der

- Abfallbehälterklasse I und Abfallbehälterklasse II mit einem Wärmeleitwiderstand von mindestens  $0,1\text{m}^2\text{K/W}$  grundsätzlich durch den Werksachverständigen des Herstellers oder Ablieferungspflichtigen und bei Verpackungen der
- Abfallbehälterklasse II mit spezifizierter Leckrate durch den Werksachverständigen des Herstellers bzw. Ablieferungspflichtigen und zusätzlich durch das BfS. Die Prüfungen des BfS bzw. der vom BfS beauftragten unabhängigen Sachverständigen und Institutionen betreffen Bauteile, die die Aktivitätsfreisetzung unter betrieblichen Belastungen und bei den Auslegungsstörfällen begrenzen.

Im Rahmen der Bauartprüfungen werden die begleitenden Fertigungskontrollen, die Maßnahmen bei der Konditionierung und ggf. Prüfungen an den Abfallgebinden vom BfS festgelegt.

Die genannten Sachverständigen oder Institutionen haben dem BfS die für dieses Arbeitsgebiet erforderliche Sachkunde nachzuweisen. Die Sachverständigen oder Institutionen führen die notwendigen Prüfungen durch bzw. überwachen deren ordnungsgemäße Durchführung. Sie überprüfen die notwendigen qualitätssichernden Maßnahmen und Kontrollen bei Herstellung, Befüllung und Lagerung der Behälter und erstellen die notwendigen Prüfberichte und Bescheinigungen (z. B. nach DIN 50049 /13/). Die Bescheinigungen und Prüfberichte sind beim BfS einzureichen.

Die Bauartprüfung von Behältern wird nachfolgend in Kapitel 7.1 beschrieben, Kapitel 7.2 beschreibt die Regelungen für bereits hergestellte Behälter bzw. Verpackungen, bei denen eine Prüfung vor der Fertigung bzw. Verwendung der Behälter nicht mehr durchführbar ist.

Die Prüfung von Transport- oder Tauschpaletten wird durch die zugehörigen Komponentenbeschreibungen geregelt, diese Prüfungen werden daher nachfolgend nicht beschrieben.



## **7.1 Bauartprüfung von Behältern**

### **7.1.1 Geltungsbereich**

Im vorliegenden Kapitel 7.1 wird das Verfahren der Bauartprüfung von Abfallbehältern bzw. von Verpackungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle im Endlager Konrad beschrieben. Mit der Bauartprüfung wird vor der Serienfertigung und Verwendung der Abfallbehälter bzw. Verpackungen der Nachweis erbracht, daß die Bauart eines Abfallbehälters bzw. einer Verpackung die Endlagerungsbedingungen erfüllt.

Dieses Kapitel schließt die ebenfalls einzuhaltenden Bestimmungen der verkehrsrechtlichen Vorschriften nicht mit ein. Bei Abweichungen von den nachfolgend zitierten Normen und Regelwerken sind vom Abfallverursacher/Konditionierer oder Behälterhersteller Spezifikationen vorzulegen, die vom BfS einer Einzelfallprüfung unterzogen werden.

Die Bauartprüfung umfaßt die Beurteilung der konstruktiven Sicherheit der Abfallbehälter bzw. Abfallgebilde sowie die Prüfung und verbindliche Festlegung der bei der Fertigung und Verwendung von serienmäßig hergestellten Abfallbehältern zu beachtenden qualitätssichernden Maßnahmen.

### **7.1.2 Verfahren der Bauartprüfung**

Der Abfallverursacher/Konditionierer oder der Behälterhersteller richtet den Antrag auf Bauartprüfung mit den Unterlagen gemäß Kapitel 7.1.3 in 2-facher Ausfertigung an das BfS.

Soweit das BfS die nachfolgend beschriebenen Prüfungen nicht selbst durchführt, beauftragt das BfS einen unabhängigen Sachverständigen oder eine unabhängige Institution mit der Durchführung der Bauartprüfung, deren Ergebnis dem BfS in einem Gutachten vorgelegt wird.

Dieser Beauftragte führt die Baumusterprüfungen gemäß Kapitel 7.1.5 durch bzw. überwacht einzelne Prüfungen, die durch Prüfstellen der Antragstellerseite durchgeführt werden.

Prüfungen gemäß 7.1.5.3, 7.1.5.4, 7.1.5.5 und 7.1.5.6 erfolgen nach einem Prüfprogramm, welches vom Beauftragten vorab beurteilt wird.

Prüfstellen der Antragstellerseite haben dem BfS ihre Qualifikation nachzuweisen. Durchführung, Ergebnisse und Auswertung von Baumusterprüfungen sind in Prüfberichten zu dokumentieren.

Der Beauftragte beurteilt die Unterlagen über die Qualitätssicherung bei der Herstellung und Verwendung von serienmäßig hergestellten Behältern und bestätigt die Richtigkeit der Unterlagen; die Vorgehensweise hierzu ist in Kapitel 7.1.6 dargestellt.

Der Beauftragte bewertet alle eingereichten Unterlagen, durchgeführten Prüfungen und vorgelegten QS-Unterlagen umfassend hinsichtlich Vollständigkeit und Übereinstimmung mit den Anforderungen; das Ergebnis der Bauartprüfung und die ggf. bei der Fertigung und Verwendung von serienmäßig hergestellten Behältern zu beachtenden Auflagen werden schriftlich im Gutachten niedergelegt. Mit dem Prüfzeugnis des BfS wird ein Prüfzeichen festgelegt, mit dem alle serienmäßig hergestellten Behälter zu kennzeichnen sind, wenn sie entsprechend den festgelegten qualitätssichernden Maßnahmen hergestellt wurden und wenn durch eine Abnahmeprüfung die Übereinstimmung mit der geprüften Bauart bestätigt wurde.

Das BfS behält sich vor, die nachfolgend beschriebenen Arbeiten unabhängiger Sachverständiger oder Institutionen selbst durchzuführen.

### **7.1.3 Antragsunterlagen**

Dem Antrag auf Bauartprüfung sind folgende Unterlagen beizufügen:

- a) eine genaue Beschreibung des vorgesehenen Inhaltes mit der Angabe der Klassifizierung gemäß Endlagerungsbedingungen und Angaben zu den Eigenschaften der Abfallprodukte und der Fixierungsmittel, die für

den Erhalt der Behälterintegrität unter Betriebs- und Störfallbeanspruchungen von Bedeutung sind,

- b) eine genaue Beschreibung der Behälterbauart durch vollständige Konstruktionszeichnungen, Stücklisten bzw. Spezifikationen der Bauteile, Werkstoffspezifikationen durch Normbezeichnung der Werkstoffzeugnisform oder Werkstoffdatenblatt sowie Behältertypangabe gemäß Endlagerungsbedingungen,
- c) eine Übersichtszeichnung bzw. ein Datenblatt der Behälterbauart im Format DIN A 4 mit Darstellung aller Bestandteile des Behälters, mit Angabe der Bauartbezeichnung, Abmessungen, Massen, Volumina (höchstzulässige Gesamtmasse, einzuhaltender Füllgrad), Typangabe, zulässige Abfallprodukte, Behälterkennzeichnung,
- d) ein Behälter-Sicherheitsnachweis, der die Eignung der Bauart zur Erfüllung der durch die Endlagerungsbedingungen festgelegten Anforderungen mit Hilfe von anerkannten Berechnungsmethoden, Ergebnissen von Modell- oder Serienmuster- bzw. Prototypprüfungen oder durch Analogiebetrachtungen/Ergebnisübertragung von Sicherheitsnachweisen ähnlicher Bauart nachweist,
- e) ein Versuchsprogramm für durchzuführende mechanische und thermische Prüfungen sowie Dichtheitsprüfungen mit Prüffolgeplan, anzuwendenden Prüfanweisungen und dem QS-Programm bzw. der Dokumentation der Qualitätskontrollen bei der Herstellung des Prüfmusters,
- f) Unterlagen zur Qualitätssicherung
  - QS-Handbuch des Antragstellers, in dem die Organisation und die Regelung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten des Antragstellers und der Unterauftragnehmer für die Planung und Durchführung der QS-Maßnahmen beim Bau und beim Betrieb der Behälter dargelegt wird, durch die eine hinreichende Qualität sichergestellt wird.
  - QS-Programm für die Fertigung der serienmäßig hergestellten Behälter, Fertigungszeichnungen, Fertigungs- und Prüffolgepläne, Arbeits- und Prüfanweisungen, nach denen sicherheitsrelevante Eigenschaften überprüft bzw. die Bauteile hergestellt bzw. überprüft werden sollen.
  - Prüfplan für die Abnahmeprüfung von Serienmustern.
  - QS-Programm für den Betrieb der Behälter (Bedienungs-/Handhabungsanweisung, Anweisung für die Beladung mit den Behälterhandhabungs- und Prüfschritten, die bei der Beladung bzw. der Produktkontrolle zu beachten sind, Anweisung für Handhabungs- und Prüfschritte, die vor/nach einer Zwischenlagerung zu beachten sind, Anweisung für Behälterhandhabungs- und Prüfschritte, die nach Eingang im Endlager bzw. vor der Endlagerung zu beachten sind).

## 7.1.4 Auslegung

### 7.1.4.1 Werkstoffeignung

Die Behälter bzw. ihre Bauteile dürfen nur aus Werkstoffen hergestellt werden, die einzeln und in ihrer Gesamtheit nachweislich für den Einsatzzweck der Behälter geeignet sind. Diese Anforderung ist in der Regel dann erfüllt, wenn die Werkstoffe nach allgemein anerkannten Regeln der Technik hergestellt, gefügt und geprüft werden und im Rahmen der Bauartprüfung der Behälter ihre Eignung nachgewiesen wurde. Die ausgewählten Werkstoffe haben den für die Erzeugnisform gültigen Spezifikationen (z. B. Stahl-Eisen-Werkstoff-Blätter, DIN-Normen, VdTÜV-Werkstoffblätter oder Werkstoffgutachten eines unabhängigen Sachverständigen) zu entsprechen. Es ist zu beachten, daß nur solche Werkstoffe eingesetzt werden, bei denen innerhalb des betrieblich zu erwartenden Temperaturbereiches (tiefste Einsatztemperatur  $-20\text{ °C}$ ) der Behälter bzw. das entsprechende Behälterbauteil nicht durch Spröbruch bei betrieblichen und störfallbedingten Belastungen (Auslegungsstörfälle) versagen kann.

Bezüglich der Kontrolle der Werkstoffeigenschaften bei der Serienmusterherstellung wird auf die Ausführungen in Kapitel 7.1.6.2, 7.1.6.4 und 7.1.6.5 verwiesen.

## 7.1.4.2 Konstruktion

### 7.1.4.2.1 Allgemeines

- Abfallbehälter sind unter Beachtung der betrieblichen und störfallbedingten Belastungen (Auslegungsstörfälle) nach den für die jeweilige Konstruktionsart (Stahlbetonbau, geschweißte Stahlkonstruktion, Guß) gültigen allgemein anerkannten Regeln der Technik bzw. der Baukunst zu konstruieren und auszulegen.
- Für Schweißkonstruktionen sind DIN 18800, Teil 1 /14/ und Teil 7 /15/, oder andere vergleichbare, vom Sachverständigen festgelegte Regeln zu beachten.
- Für Stahlbetonkonstruktionen sind DIN 1045 /16/ oder andere vergleichbare, vom Sachverständigen festgelegte Regeln zu beachten.
- Für Gußkonstruktionen aus Gußeisen mit Kugelgraphit gilt DIN 1693, Blatt 1, Teil 2 /17/, soweit deren Geltungsbereich durch die gewählte Wanddicke nicht überschritten wird. Ansonsten unterliegt das Gießverfahren und die Eignungsfeststellung der Erzeugnisform der Begutachtung durch den Sachverständigen.

### 7.1.4.2.2 Maße und Massen

Maße und Massen von Rundbehältern und Containern haben den entsprechenden Festlegungen der Endlagerungsbedingungen zu entsprechen.

### 7.1.4.2.3 Lastanschlagpunkte

- Container sind an allen 8 Ecken mit ISO-Eckbeschlägen nach DIN ISO 1161 /2/ auszurüsten. Die Lochmittenabstände der ISO-Eckbeschläge müssen die in DIN ISO 668 /22/ für den Container Typ 1 D angegebenen Toleranzen einhalten.
- Rundbehälter sind mit Anschlagpunkten für die Handhabung mit Kranen zu versehen. Für sie gelten die allgemein anerkannten Regeln der Technik.

### 7.1.4.2.4 Dichtheitsanforderungen

- Behälter mit spezifizierter Dichtheit sind einem der in den Endlagerungsbedingungen definierten Durchlässigkeitsfaktoren zuzuordnen. Es gilt folgende Zuordnung:

Durchlässigkeitsfaktor	Auslegungsleckrate (Standard-Heliumleckrate)
$\leq 0,01$	$\leq 10^{-5} \text{ Pa m}^3/\text{s}$ ( $\leq 10^{-4} \text{ mbar l/s}$ )
$\leq 0,001$	$\leq 10^{-6} \text{ Pa m}^3/\text{s}$ ( $\leq 10^{-5} \text{ mbar l/s}$ )
$\leq 0,0001$	$\leq 10^{-7} \text{ Pa m}^3/\text{s}$ ( $\leq 10^{-6} \text{ mbar l/s}$ )

Behälter mit spezifizierter Dichtheit sind so auszulegen, daß sich deren Auslegungsleckrate unter den betrieblichen Belastungen gemäß Ziffer 7.1.4.4.1 nicht nachteilig ändert. Im Unterkapitel 7.3.2 im Anhang wird ergänzend beschrieben, wie der Durchlässigkeitsfaktor bei bekannter Aktivitätsfreisetzung aus Abfallgebinden geprüft werden kann, die die Garantiewerte nicht ausschöpfen und die die angegebenen Durchlässigkeitsfaktoren überschreiten.

- Behälter der Abfallbehälterklasse II mit spezifizierter Leckrate sind für eine Auslegungsleckrate (Standard-Heliumleckrate) von  $\leq 10^{-5} \text{ Pa m}^3/\text{s}$  ( $10^{-4} \text{ mbar l/s}$ ) auszulegen.

Diese Auslegungsleckrate ist dann einzuhalten, wenn das Abfallgebinde die in den Endlagerungsbedingun-

gen /1/ angegebenen aus der Störfallanalyse resultierenden Aktivitätsgrenzwerte ausschöpft; werden die Aktivitätsinventare auf einen niedrigeren Wert begrenzt, so kann die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen auch gemäß Unterkapitel 7.3.3 im Anhang nachgewiesen werden.

- c) Störfallfest verpackte Abfälle der Abfallbehälterklasse II mit spezifizierter Leckrate sind für eine Auslegungsleckrate (Standard-Heliumleckrate)  $\leq 1 \cdot 10^{-5} \text{ Pa m}^3/\text{s}$  auszulegen. Daneben muß das Abfallprodukt so beschaffen sein, daß bei der gemäß Unterkapitel 7.1.5.6 durchzuführenden thermischen Prüfung der maximal auftretende Innendruck 15 bar beträgt.

Diese Kombination aus Auslegungsleckrate und maximalem Innendruck ist bei der thermischen Prüfung dann einzuhalten, wenn das Abfallgebilde die in den Endlagerungsbedingungen /1/ angegebenen, aus der Störfallanalyse resultierenden Aktivitätsgrenzwerte zu mehr als 10 % ausschöpft; werden die Aktivitätsinventare auf einen niedrigeren Wert begrenzt, so kann die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen auch gemäß Unterkapitel 7.3.4 im Anhang nachgewiesen werden.

- d) Behälter mit spezifizierter Dichtheit sind so zu konstruieren, daß deren Dichtheit nach Beladung nachgewiesen werden kann.
- e) Sofern radioaktive Abfälle in Verpackungen ohne spezifizierte Dichtheit Rn-220 freisetzen können, muß das Abfallprodukt so umschlossen sein, daß die Rn-220-Freisetzung so stark behindert wird, wie durch eine mindestens 40 mm dicke Betonschicht.

### 7.1.4.3 Korrosionsschutz

Die Behälter bzw. die Behälterbauteile müssen gegen Korrosionseinflüsse von außen (atmosphärische Einflüsse) und von innen (Abfallprodukt) so beständig oder so wirksam geschützt sein, daß sie keine unzulässige Schwächung erleiden, die zu einem Behälterversagen vor der Einlagerung bei den dabei auftretenden Betriebs- oder Störfallbelastungen führen würde.

Die Beständigkeit von Behälterwerkstoffen bzw. die Eignung von Korrosionsschutzbeschichtungen ist durch Beständigkeitsprüfungen nach allgemein anerkannten Regeln der Technik zu erbringen. Bei Korrosionsschutzbeschichtungen ist zu beachten, daß ihr Qualifizierungsnachweis die Prüfung der Dekontaminierbarkeit (bei Außenwandschutz), evtl. der Strahlen- und Temperaturbeständigkeit und der Haft- und Abriebfestigkeit (insbesondere bei Innenbeschichtungen) im Hinblick auf die Beanspruchungen bei der Abfallkonditionierung beinhalten muß.

Im Rahmen der Qualitätssicherung bei der serienmäßigen Fertigung von Behältern sind die Einhaltung der Spezifikation sowie der Bearbeitungsvorschriften von Beschichtungen entsprechend den Maßgaben in 7.1.6.2., 7.1.6.4 und 7.1.6.5 zu beachten. Eventuell notwendige Maßnahmen zum Schutz der Innenauskleidung vor Beschädigungen, die bei der Abfallkonditionierung oder der Behälterbefüllung zu beachten sind, sind bei Festlegung der QS-Maßnahmen nach 7.1.6.3 einzubeziehen und bei der Produktkontrolle zu gewährleisten.

### 7.1.4.4 Mechanische Auslegung

#### 7.1.4.4.1 Mechanische Auslegung gegen Betriebslasten

- a) Bei Containern ist die Norm DIN ISO 1496 Teil 1 /3/ anzuwenden.
- b) Die ISO-Eckbeschläge von Containern sowie deren Verbindung zur tragenden Struktur sind so auszulegen, daß bei Durchführung der Hebeprüfung nach Ziffer 7.1.5.4 keine unzulässigen Werkstoffbeanspruchungen auftreten.
- c) Abfallgebilde sind so auszulegen, daß bei Durchführung der Stapeldruckprüfung nach Ziffer 7.1.5.3 in Endlager-Stapelorientierung keine unzulässigen Werkstoffbeanspruchungen und kein Versagen (Knicken, Beulen) auftreten.
- d) Für Abfallbehälter, die als Druckbehälter auszulegen sind, sind entsprechende Regeln, wie z. B. die AD-Merkblätter anzuwenden; beim höchstzulässigen Betriebsdruck ist die Auslegungsleckrate einzuhalten.

#### **7.1.4.4.2 Auslegung von Abfallbehältern der Abfallbehälterklasse I gegen Störfallbelastungen**

- a) Abfallbehälter für die Abfallproduktgruppen 02 und 04 sind so auszulegen, daß bei Durchführung des Fallversuchs nach Ziffer 7.1.5.5.2 kein sichtbares, bis an das Abfallprodukt heranreichendes Leck auftritt.
- b) Abfallbehälter für formstabil fixierte Abfallprodukte sind so auszulegen, daß bei Durchführung des Fallversuchs nach 7.1.5.5.3 kein sichtbares, bis an das Abfallprodukt heranreichendes Leck auftritt.

#### **7.1.4.4.3 Auslegung von Behältern der Abfallbehälterklasse II gegen mechanische Störfallbelastungen**

- a) Mit Ausnahme von Abfallbehältern mit formstabil fixierten Abfällen in Innenbehältern sind Container und Rundbehälter mit zu gewährleistender Dichtheit so auszulegen, daß bei Durchführung des Fallversuchs nach Ziffer 7.1.5.5.3 die Leckrate (Standard-Luftleckrate) auf höchstens  $10^{-4}$  Pa m<sup>3</sup>/s gemindert wird.

Diese Leckrate ist dann einzuhalten, wenn das Abfallgebinde die in den Endlagerungsbedingungen /1/ angegebenen, aus der Störfallanalyse resultierenden Aktivitätsgrenzwerte ausschöpft; werden die Aktivitätsinventare auf einen niedrigeren Wert begrenzt, so kann die Einhaltung der Endlagerungsbedingungen auch durch eine Freisetzungsberechnung gemäß Unterkapitel 7.3.3 im Anhang nachgewiesen werden. Zulässig ist auch gemäß Unterkapitel 7.3.5 der Nachweis, daß die Stoffmengenstromstärke des nach dem Fall austretenden Gases einen Wert von  $4 \cdot 10^{-8}$  Mol s<sup>-1</sup> nicht überschreitet.

- b) Abfallbehälter mit Innenbehältern, deren radioaktiver Inhalt formstabil fixiert ist, sind so auszulegen, daß bei Durchführung des Fallversuchs nach 7.1.5.5.3 kein sichtbares, bis an die Innenbehälter heranreichendes Leck auftritt.

#### **7.1.4.5 Auslegung gegen thermische Störfallbelastung**

Abfallgebinde der Abfallbehälterklasse II sind so auszulegen, daß bei Durchführung der thermischen Prüfung nach 7.1.5.6 mit Luft die aus der Verpackung freigesetzte Stoffmenge 1 Mol nicht überschreitet; dies gilt als nachgewiesen, wenn der Innendruck während der Prüfung keinen sprunghaften Abfall aufweist und die Leckrate nach Erreichen des stationären Temperaturgleichgewichts den Wert  $10^{-4}$  Pa m<sup>3</sup>/s ( $10^{-3}$  mbar l/s) nicht überschreitet.

Alternativ sind Abfallgebinde so auszulegen, daß bei Durchführung der thermischen Prüfung nach Ziffer 7.1.5.6 das Abfallprodukt an keiner Stelle eine Temperatur von 80 °C erreicht.

### **7.1.5 Baumusterprüfung**

#### **7.1.5.1 Prüfdurchführung**

Der Nachweis der Übereinstimmung mit den Anforderungen kann durch eines oder mehrere der nachstehend genannten Verfahren erbracht werden:

- a) Durchführung von Prüfungen an Serienmustern oder Prototypen der Verpackung, wobei der Inhalt der Verpackung möglichst genau dem zu erwartenden radioaktiven Inhalt entspricht;
- b) Bezugnahme auf frühere zufriedenstellende und annähernd vergleichbare Nachweise;
- c) Durchführung von Prüfungen an Modellen eines geeigneten Maßstabes, die alle für den zu prüfenden Gegenstand wesentlichen Merkmale enthalten, wenn aus der technischen Erfahrung bekannt ist, daß die Ergebnisse derartiger Prüfungen für die Gestaltung der Verpackung geeignet sind. Bei Verwendung eines Modells dieser Art sind die Modellgesetze zu beachten;

- d) Berechnung oder begründete Analogieschlüsse, wenn die Berechnungsverfahren und Parameter nach allgemeiner Übereinstimmung zuverlässig und konservativ sind.

### 7.1.5.2 Anforderungen an das Prüfmuster

- a) Prüfmuster sind so auszuwählen und so zu fertigen, daß für jede zu prüfende Eigenschaft die jeweils ungünstigsten Eigenschaften vorliegen. So ist z. B. für die Hebe- und Fallversuche die maximal vorgesehene Masse bei der kleinsten zulässigen Wanddicke vorzusehen.
- b) Prüfmuster einschließlich ihres simulierten Inhalts sind nach einem Qualitätssicherungsprogramm zu fertigen, das für die Serienfertigung repräsentativ ist. Die am Prüfmuster vor oder nach den Prüfungen festzustellenden Eigenschaften sind je nach ihrer Bedeutung (Klassifizierung gemäß Ziffer 7.1.6.2.1) durch Werksachverständige oder unabhängige Sachverständige zu bestätigen.
- c) Der simulierte Inhalt ist so zu wählen, daß er in Bezug auf die mechanischen Prüfungen zu einer gleichmäßigen Belastung der Eckpunkte und Wandungen führt und in Bezug auf die thermischen Prüfungen die geringste anzunehmende Wärmekapazität aufweist.
- d) Sofern an das Abfallprodukt Anforderungen an das mechanische und thermische Verhalten gestellt werden, sind die betroffenen Eigenschaften so abzubilden, daß eine Überschreitung nicht anzunehmen ist.
- e) Prüfmuster sind zur Ermittlung der Prüfziele mit geeigneten Aufnehmern zu instrumentieren (Dehnmeßstreifen, Beschleunigungs- und Druckaufnehmer, Thermoelemente). Die Instrumentierung darf das Verhalten des Prüfmusters nicht unzulässig beeinträchtigen.

### 7.1.5.3 Stapeldruckprüfung

Zur Stapeldruckprüfung von Rundgebinden sowie zur Prüfung der Container nach DIN ISO 1496 /3/ wird das BFS rechtzeitig vor Einlagerung derartiger Behälter eine Prüfanweisung erstellen.

#### 7.1.5.3.1 Stapeldruckprüfung von Containern

Das mit seinen vier Eckpunkten auf einer ebenen, unnachgiebigen Fläche oder vier niveaugleichen unnachgiebigen Sockeln ruhende Prüfmuster ist folgenden, vertikal und stoßfrei wirkenden Lasten zu unterwerfen:

Lasteinleitung	Containertyp	Prüflast
Einzellast auf Eckpunkt	Typen I, II und VI	15 t
	Typen III, IV und V	30 t
Einzellast mittig auf obere Längskante	Typen III, IV und V	30 t

In den angegebenen Prüflasten wurde ein Stoßfaktor von 1,25 und ein Ungleichmäßigkeitsfaktor von 1,20 berücksichtigt. Die Prüfzeit beträgt jeweils ca. 5 Minuten. Die Lasteinleitfläche beträgt ca. 200 x 200mm.

### 7.1.5.4 Hebeprüfung

Das Prüfmuster ist an den vier ISO-Eckbeschlägen der zur Handhabung vorgesehenen Behälterseite so anzuschlagen, daß die vertikale Belastung weitgehend durch Anheben an den zwei unteren Eckbeschlägen mittels

horizontal eingefahrener Anschlagmittel abgetragen wird. Das Kippen des Behälters ist dabei gleichzeitig durch horizontales Abstützen an diesen unteren Eckbeschlägen und durch vertikal eingefahrene, ebenfalls horizontal abstützende Anschlagmittel an den oberen Eckbeschlägen zu verhindern. Das Anheben hat derart zu erfolgen, das keine das Prüfergebnis negativ beeinflussenden Beschleunigungskräfte auftreten. Durch gleichmäßiges Auflegen von Gewichten ist die Gesamtmasse des Prüfmusters auf das 2-fache der höchstzulässigen Gesamtmasse zu steigern.

### **7.1.5.5 Fallversuche**

#### **7.1.5.5.1 Prüfeinrichtung**

Die Prüfeinrichtung, bestehend aus einer Hebeeinrichtung und einem Fundament, ist so zu gestalten, daß der Fall des Prüfmusters in jeder beliebigen Aufprallorientierung aus 5 m Höhe, gemessen von der Unterkante des Prüfmusters zum Fundament, möglich ist. Das Fundament ist aus Beton der Mindestgüte B 35 /16/ herzustellen und muß so beschaffen und verankert sein, daß keine Zerstörung in zahlreiche kleinere Bruchstücke erfolgt und keine horizontale Verschiebung des Fundamentes oder seiner Teile auftritt. Maße und Masse des Fundaments müssen so beschaffen sein, daß der Einfluß des Baugrundes unter dem Fundament auf den Aufprallwiderstand vernachlässigbar ist.

#### **7.1.5.5.2 Behälter der Abfallbehälterklasse I**

Das Prüfmuster ist so aus 0,8 m Höhe fallen zu lassen, daß der größtmögliche Schaden in Bezug auf die Integrität erzielt wird.

#### **7.1.5.5.3 Behälter der Abfallbehälterklasse II und Behälter der Abfallbehälterklasse I für formstabil fixierte Abfallprodukte**

Das Prüfmuster ist so aus 5 m Höhe fallen zu lassen, daß der größtmögliche Schaden bezüglich maximaler Kräfte (z. B. in Verschraubungen), maximaler Spannungen (z. B. in Wandungen und Schweißnähten) und maximaler Verformungen (z. B. in Dichtungsbereichen) erzielt wird.

### **7.1.5.6 Thermische Prüfung**

Die Prüfung soll die thermische Belastung durch ein untertägig brennendes Flurförderfahrzeug oder einen brennenden Gabelstapler repräsentieren. Dies ist durch folgende Prüfbedingungen abgedeckt:

Das Prüfmuster ist einer thermischen Belastung zu unterwerfen, deren Wärmeeintrag hinsichtlich des Gesamtbetrages sowie der räumlichen und zeitlichen Verteilung mindestens dem Wärmeeintrag durch ein untertägig brennendes Flurförderfahrzeug entspricht.

Die Äquivalenz der thermischen Prüfung mit dem zu unterstellenden Störfall hinsichtlich Wärmeeintrag und räumlich-zeitlichem Temperaturverlauf ist durch geeignete Methoden (z. B. /18/) nachzuweisen.

In jedem Fall abdeckend ist eine experimentelle Prüfung, bei der das Prüfmuster über eine Dauer von 1 Stunde einem Brand ausgesetzt wird, dessen mittlere Flammentemperatur 800 °C beträgt und bei dem das Prüfmuster anschließend einer unbeeinflussten Abkühlung über mindestens 24 Stunden in Luft unterworfen wird. Der Temperaturverlauf in der Umgebung des Prüfmusters ist durch Messung zu belegen. Die Prüfung hat in Gebrauchslage zu erfolgen. Durch die Art der Aufstellung auf dem Prüfstand darf keine unzulässige Beeinträchtigung des Wärmeeintrags erfolgen.

Bei rechnerischer Prüfung abdeckend ist ein mittlerer Emissionskoeffizient von mindestens 0,9 sowie ein Absorptionskoeffizient der Prüfmuster-Oberfläche, der die tatsächliche Oberfläche "konservativ" beschreibt, oder 0,8, je nachdem, welcher der beiden Werte höher ist.

### 7.1.5.7 Dichtheitsprüfungen

Alle Dichtheitsprüfungen sind mit einem dem Stand der Technik entsprechenden Verfahren durchzuführen.

### 7.1.5.8 Prüfbericht

Über die durchgeführten Versuche ist ein Bericht zu erstellen, der sorgfältig, klar und eindeutig die Prüfergebnisse und alle wichtigen Informationen wiedergibt. Jeder Prüfbericht hat mindestens die folgenden Angaben zu enthalten:

- Name und Anschrift des Prüfers/der Prüfinstitution,
- eindeutige Bezeichnung des Berichts (wie z. B. Seriennummer) und jeder Seite des Berichts,
- Name und Anschrift des Auftraggebers,
- Beschreibung und Bezeichnung des Prüflings,
- Eingangsdatum des Prüflings und Datum (Daten) der Durchführung der Prüfung,
- eine Feststellung, daß die Prüfergebnisse sich ausschließlich auf den Prüfling beziehen,
- Bezeichnung der Prüfspezifikation, der Prüfmethode und der Verfahrensweise,
- Beschreibung der Probenahme (sofern erforderlich),
- alle Abweichungen, Erweiterungen oder Einschränkungen der Prüfspezifikation sowie andere Angaben, die für diese spezielle Prüfung erforderlich sind,
- Angaben über nichtgenormte Prüfmethoden oder Verfahren, sofern sie benutzt werden,
- Darstellung der Messungen, Untersuchungen und abgeleiteten Ergebnisse mit Hilfe von Tabellen, Graphiken, Skizzen und Fotos - sofern dies erforderlich ist - sowie jeden festgestellten Mangel,
- Aussagen über Meßunsicherheiten (sofern von Bedeutung),
- Unterschrift und Titel desjenigen/derjenigen, der/die die Verantwortung für den technischen Gehalt des Prüfberichts übernimmt/übernehmen, und Ausstellungsdatum.

Besondere Sorgfalt und Aufmerksamkeit ist dem Aufbau des Prüfberichts zu schenken, insbesondere hinsichtlich der Wiedergabe der Prüfdaten und der einfachen Verständlichkeit für den Leser. Der Aufbau ist sorgfältig und je nach Art der vorgenommenen Prüfung gesondert zu gestalten, jedoch sind die Überschriften soweit wie möglich zu vereinheitlichen.

Berichtigungen oder Zusätze zu einem Prüfbericht sind nach seiner Ausstellung ausschließlich anhand eines weiteren Schriftstückes vorzunehmen, zweckmäßigerweise gekennzeichnet z. B. als "Nachtrag zu Prüfbericht Nr. ...". Nachträge haben die wesentlichen Forderungen der vorangehenden Abschnitte zu erfüllen.

### 7.1.6 Qualitätssichernde Maßnahmen

Die Beachtung nachstehender Ausführungsbestimmungen über qualitätssichernde Maßnahmen (QM) stellt sicher, daß nur solche Serienmuster hergestellt und verwendet werden, die in ihren sicherheitsrelevanten Eigenschaften mit der mit positivem Ergebnis geprüften Behälterbauart übereinstimmen und die damit ebenfalls die Anforderungen erfüllen. Verantwortlich für die Anwendung der QM ist der Antragsteller.



### 7.1.6.1 Qualitätssicherungs-Handbuch (QSH)

Der Antragsteller hat in einem QSH alle übergeordneten Maßnahmen darzulegen, mit denen eine gesicherte Qualität erreicht werden soll, im wesentlichen, wie die Umsetzung des Qualitätssicherungs-Programms gewährleistet wird. Das QSH soll darstellen, wie antragstellerseitig die Planung, die Konstruktion, die Auslegung, die Werkstoffauswahl, die Projektbearbeitung, die Beschaffung von Werkstoffen und Bauteilen, die Herstellung, die Qualitätskontrollen, die Beauftragung von Unterauftragnehmern, die Eigenüberwachung und Revisionen, die Einschaltung von Sachverständigen für die Fremdüberwachung, die Vorgehensweise bei Abweichungen, die Fertigmontage, die Abnahmeprüfung, die Wartung, die Handhabung, die wiederkehrenden Prüfungen, die Dokumentation und die Unterlagenerstellung mit geeignetem Personal und geeigneten Methoden derart erfolgt, daß die Qualität der serienmäßig hergestellten Behälter sichergestellt ist.

Im QSH ist die betriebsinterne Organisation, Projektabwicklung und Dokumentation aller QM darzustellen. Die im QSH festgelegten Verantwortlichkeiten für QM beim Antragsteller und bei Unterlieferanten sollen von einer von der Fertigung unabhängigen Qualitätssicherungsstelle bzw. von dem Werksachverständigen laufend überprüft werden; die QS-Stelle bzw. der Werksachverständige oder eine andere übergeordnete Stelle ist auch für interne und externe Revisionen (Audits) zuständig, bei denen die Anwendung der QM einer Prüfung unterzogen wird, worüber Bericht zu führen und bei aufgezeigten Mängeln Maßnahmen zur Mängelbehebung durchzusetzen sind. Das QSH ist ständig auf einem aktuellen Stand zu halten.

### 7.1.6.2 Qualitätssicherungs-Programm für die Fertigung von Serienmustern

#### 7.1.6.2.1 Klassifizierung von Bauteilen

Alle Behälterbauteile bzw. ihre sicherheitsrelevanten Eigenschaften sind in eine oder beide folgenden Klassen einzuordnen, an denen sich jeweils Wertigkeit und Umfang der QM zu orientieren hat.

#### **Behälterprüfklasse 1**

In diese Klasse sind alle Bauteile bzw. Eigenschaften einzustufen, die das Schutzziel Dichtheit bei Behältern der Abfallbehälterklasse II mit spezifizierter Leckrate unter betrieblichen Beanspruchungen und Prüfbelastungen unmittelbar gewährleisten.

Bei der Behälterprüfklasse 1 erfolgt die Prüfung oder die Überwachung der Prüfung durch den Werksachverständigen des Herstellers und/oder Bestellers und durch das BfS bzw. einen unabhängigen Sachverständigen, dessen Beauftragung der Zustimmung des BfS bedarf.

#### **Behälterprüfklasse 2**

Hierzu zählen alle anderen Bauteile (z. B. die von Behältern der Abfallbehälterklasse I oder die für die formstabile Fixierung wesentlichen Behälterbauteile der Abfallbehälterklasse II).

Bei der Behälterprüfklasse 2 erfolgt die Prüfung oder die Überwachung der Prüfung bzw. die Bauüberwachung durch den Werksachverständigen des Herstellers oder Bestellers.

Bei Verpackungen mit einer für den bestimmungsgemäßen Betrieb spezifizierten Dichtheit behält sich das BfS vor, zusätzliche Kontrollmaßnahmen durchzuführen bzw. festzulegen.

#### 7.1.6.2.2 Fertigungs- und Prüffolgepläne (FPP) und zugehörige Arbeits- und Prüfanweisungen

Alle sicherheitsrelevanten Herstellungsschritte und Qualitätskontrollen sind für die Fertigung und Montage der Behälterbauteile sowie die Abnahmeprüfung eines Behälters in chronologischer Reihenfolge in FPP aufzuführen. In diesen FPP sind folgende Punkte festzulegen:

- Spezifikation der Arbeits- und Prüfschritte in Form von Arbeits- und Prüfanweisungen, einschließlich einzuhaltender Maximal-/Minimalwerte u. ä.

- Zeitpunkt bzw. Fristen der durchzuführenden Maßnahmen.
- Spezifikation einzuhaltender Daten in Form von technischen Zeichnungen, Werkstoffblättern u. a.
- Durchführende (Verantwortliche) und ggf. Beteiligte einer Maßnahme.
- Art und Umfang der Belegung (Gewährleistung) und der Dokumentation.

Die Formblätter der FPP dienen gleichzeitig zur Eintragung der Prüfvermerke und enthalten Fundstellenhinweise auf weitere Dokumentationsunterlagen.

Bei qualifizierten Fertigprodukten oder Normbauteilen ist die Erstellung von FPP entbehrlich; es reicht dann ein entsprechendes Abnahmeprüfprotokoll bzw. -zeugnis über die sicherheitstechnisch bedeutsamen Eigenschaften. Die den FPP zugehörigen Arbeitsanweisungen (AA) und Prüfanweisungen (PA), die Fertigungszeichnungen mit zugehörigen Stücklisten und Werkstoffspezifikation sollen die anzuwendenden Herstellungs- und Prüfverfahren so wiedergeben, daß eine reproduzierbare Herstellung und eindeutige Qualitätskontrolle gewährleistet wird.

### **7.1.6.2.3 Fertigungsprüfungen**

Die Fertigungsprüfungen sind entsprechend den Maßgaben der FPP durchzuführen.

Nachweise sind entsprechend DIN 50049 (EN 10204) /13/ zu belegen:

Für Teile der Behälterprüfklasse 1:

- Abnahmeprüfzeugnis "3.1.A" oder "3.1.C" nach EN 10204 oder Abnahmeprüfprotokoll "3.2" nach EN 10204, ggf. mit ergänzenden Prüfberichten, z. B. über zerstörungsfreie Prüfungen.

Für Teile der Behälterprüfklasse 2:

- Abnahmeprüfzeugnis "3.1.B" nach EN 10204 oder Werkszeugnis "2.2" nach EN 10204 oder Werksprüfzeugnis "2.3" nach EN 10204.

### **7.1.6.2.4 Abnahmeprüfung**

Nach Fertigung und Montage aller Bauteile ist jedes Serienmuster einer Endabnahme - der Abnahmeprüfung - zu unterziehen. Bei Behältern der Abfallbehälterklasse II - mit Ausnahme von Behältern für formstabil fixierte Abfälle in Innenbehältern - erfolgt die Prüfung durch das BfS bzw. durch die vom BfS Beauftragten, bei Behältern der Abfallbehälterklasse I allein durch den Werksachverständigen.

Die Abnahmeprüfung ist in einem Prüfplan entsprechend den Fertigungs- und Prüffolgeplänen aufzuschlüsseln. Bestandteil dieser Prüfung ist die Prüfung der Dokumentation aller durchgeführten QM auf Vollständigkeit und Richtigkeit.

Das Ergebnis der Abnahmeprüfung an jedem Baumuster ist vom Verantwortlichen (Werksachverständiger bzw. Beauftragter des BfS) in Form eines Prüfberichts zusammenzufassen. Hierdurch wird die Übereinstimmung des jeweiligen Serienmusters mit der geprüften Bauart bestätigt.

Der Prüfbericht ist bei Behältern der Abfallbehälterklasse II dem BfS für jedes gefertigte Serienmuster einzureichen.

Nach positivem Abschluß der Abnahmeprüfung ist das Serienmuster vom Verantwortlichen mit Angabe der Frist bis zur nächsten wiederkehrenden Prüfung dauerhaft zu kennzeichnen.

### 7.1.6.3 Qualitätssichernde Maßnahmen beim Betrieb eines Behälters

Der Betrieb umfaßt die Nutzung und Wartung eines Behälters sowie die Prüfungen, die bis zur Einlagerung des Behälters in der endgültigen Position im Endlager durchzuführen sind.

Für die Nutzung und Wartung der Serienmuster ist eine Anweisung zu erstellen, die der sicheren Handhabung, dem Schutz des Bedienungspersonals und der Gewährleistung der Qualität während der Gebrauchsdauer des Behälters dient. Diese Anweisung ist in einer ähnlichen Form wie ein FPP zu erstellen. Die betrieblichen Gegebenheiten des Endlagers sind als Vorgaben zu berücksichtigen.

Die Anweisung hat neben allgemeinen Angaben zu Handhabung und Wartung insbesondere die Qualitätskontrollen mit den dabei zu beachtenden Verfahrens- oder Prüfkriterien anzugeben, die zur Gewährleistung der für den Verwendungszweck einzuhaltenden Anforderungen des Endlagers bei den Betriebsphasen

- Produktkontrolle (vor/bei/nach Beladung eines Behälters),
- Zwischenlagerung (vor/nach Zwischenlagerung),
- Endlagereingang (nach Eingang am/vor Verbringung ins Endlager), anzuwenden sind.

### 7.1.6.4 Vorprüfung

Im Rahmen der Bauartprüfung oder vor Beginn der Fertigung werden alle Bestandteile des Qualitätssicherungs-Programms, d. h. alle FPP oder Prüfpläne mit den darin aufgeführten Unterlagen, vom BfS bzw. von dem vom BfS Beauftragten vorgeprüft.

Die Vorprüfung soll sicherstellen, daß die gewählten Herstellungs-, Handhabungs- oder Prüfverfahren geeignet sind, die Übereinstimmung der Serienmuster mit der geprüften Bauart herbeizuführen und während der Einsatzdauer eines Behälters zu erhalten.

Sofern besondere Nachweise für die Fertigung oder die Prüfung erforderlich sind, oder bei geringfügigen Änderungen, müssen diese vor Fertigungsbeginn gegenüber dem BfS, z. B. in Form einer Verfahrensprüfung, nachgewiesen werden.

### 7.1.6.5 Abweichungen

Bei Abweichungen im Rahmen der Fertigungsprüfungen und der Prüfungen während des Behälterbetriebes ist wie folgt zu verfahren:

Abweichungen bei Behälerteilen bzw. -eigenschaften der Behälterprüfklasse 1 sind dem BfS (bei Behälterprüfklasse 2 dem Werksachverständigen) in Form eines Abweichungsberichts zu melden. Mit dieser Meldung verbunden werden kann ein Antrag auf Tolerierung der Abweichung, mit eingehender sicherheitstechnischer Begründung für eine Tolerierung oder - falls die Sanierung der Abweichung durch Reparatur vorgesehen ist - mit einem Antrag über Durchführung der Reparaturmaßnahmen und Nachprüfung der Reparatur.

Der Tolerierungsantrag oder der Antrag auf Durchführung einer Reparaturmaßnahme bedarf der Zustimmung des BfS bzw. des Werksachverständigen. Eine Reparatur ist in einem Reparaturbericht zu dokumentieren. Dieser Reparaturbericht ist dem BfS bzw. dem Werksachverständigen vorzulegen.

Abweichungen werden vom BfS, bzw. sind vom Werksachverständigen hinsichtlich ihrer sicherheitstechnischen Unbedenklichkeit zu beurteilen. Die Tolerierung einer belassenen oder durch Reparatur sanierten Abweichung bedarf eines schriftlichen Freigabevermerkes des Herstellers, des Werksachverständigen und ggf. (bei Behälterprüfklasse 1) des BfS.

### 7.1.6.6 Dokumentation

Die Durchführung der qualitätssichernden Maßnahmen und die Prüfergebnisse während der Fertigung, der

Abnahme und des Betriebes sind vom Antragsteller für jedes Serienmuster zu dokumentieren und während der Gebrauchsdauer aufzubewahren. Über den Einsatz jedes Behälters und über besondere Vorkommnisse (Schäden, Reparaturen) sind vollständige Nachweise und Aufzeichnungen zu führen.

Für jeden Behälter der Abfallbehälterklasse II sind die Ergebnisse der qualitätssichernden Maßnahmen in einem Prüfbuch zusammenzufassen:

- das Prüfzeugnis,
- die Bedienungs- und Wartungsanleitung,
- der Prüfvermerk über die erfolgte Abnahmeprüfung,
- die Prüfvermerke bzw. Bescheinigungen über die erfolgten Prüfungen während des Betriebes,
- zusammenfassende Nachweise und Aufzeichnungen über den Einsatz des Behälters,
- Aufzeichnungen über besondere Vorkommnisse,
- Aufzeichnungen der Produktkontrolle über den Inhalt des Behälters und Behälterprüfungen.

Für Behälter der Abfallbehälterklasse I sind entsprechende Dokumentationsvermerke über den Einsatz des Behälters in den Lieferschein (siehe /I/, Anhang VI) einzutragen; QM, die bei der Handhabung des Behälters zu beachten sind, sind auf dem Beiblatt 1 zum Lieferschein zu vermerken.

## **7.1.7 Eignungsfeststellung**

### **7.1.7.1 Sicherheitstechnische Beurteilung**

Die Antragsunterlagen, die in Prüfberichten dokumentierten und ausgewerteten Prüfergebnisse, die Bauartspezifikation (Fertigungszeichnungen, Stücklisten mit Bauteil- und Werkstoffspezifikationen) sowie das QS-Handbuch und das QS-Programm werden vom BfS einer Beurteilung hinsichtlich Vollständigkeit, Richtigkeit und Übereinstimmung mit den Anforderungen und Auslegungskriterien unterzogen.

### **7.1.7.2 Prüfzeugnis**

Die Feststellung der Eignung der geprüften Bauart nach der sicherheitstechnischen Beurteilung wird vom BfS in einem Prüfzeugnis schriftlich niedergelegt. In diesem Prüfzeugnis wird der Behälterbauart ein Prüfzeichen zugeordnet.

Das Prüfzeugnis beinhaltet die folgenden Angaben:

- Prüfzeichen,
- Vorschriften, Anforderungen,
- Antragsteller,
- Bauartbezeichnung des Antragstellers,
- Beschreibung der Bauart,
- Behälterdaten (Länge, Innenvolumen, Eigengewicht, höchstes zulässiges Gesamtgewicht, höchstzulässiger Betriebsdruck),
- Zeichnungen des Antragstellers,

- zulässiger Inhalt,
- Prüfungen, Sicherheitsnachweis,
- Beurteilung,
- Kennzeichnung unter Berücksichtigung der in den Endlagerungsbedingungen festgelegten Anforderungen des Endlagers,
- Nebenbestimmungen zur Qualitätssicherung,
- Datum, Siegel, Unterschrift des Prüfzeugniserstellers.

## **7.2 Prüfung von bereits hergestellten Behältern**

### **7.2.1 Geltungsbereich**

Im Rahmen der Produktkontrolle sind auch bereits hergestellte bzw. befüllte Behälter - insbesondere bei der Stichprobenprüfung von Altabfällen - zu prüfen. Es ist daher ein Vorgehen festzulegen, das eine Beurteilung der Einhaltung der Anforderungen an die Behälter bzw. an die Verpackungen bei bereits hergestellten Behältern erlaubt.

### **7.2.2 Prüfverfahren für bereits hergestellte Behälter**

Der Nachweis der Übereinstimmung mit den Anforderungen kann nach den in Kapitel 7.1.5.1 genannten Verfahren auch durch Bezugnahme auf vergleichbare Nachweise, an Modellen, durch Berechnung oder durch begründete Analogieschlüsse erbracht werden. Eine Prüfung der Bauart hinsichtlich ihrer konstruktiven Eignung kann daher grundsätzlich auch für bereits hergestellte Behälter durchgeführt werden, falls deren Konstruktion, Werkstoffeigenschaften und Befüllung aufgrund der Dokumentation des Behälterherstellers bzw. Ablieferungspflichtigen/Konditionierers bzw. aufgrund zusätzlich durchgeführter Prüfungen hinreichend bekannt ist oder ermittelt werden kann. Insbesondere können nach den verkehrsrechtlichen Vorschriften durchgeführte Prüfungen zur Beurteilung der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen herangezogen werden, falls die Übertragbarkeit der Ergebnisse vom Ablieferungspflichtigen durch begründete Darstellung nachgewiesen wird.

Falls bereits hergestellte Abfallbehälter/Verpackungen bestimmte Anforderungen des Endlagers nicht in vollem Umfang erfüllen, werden sie vom BfS nur dann für die Endlagerung freigegeben, falls aufgrund besonderer Vorkehrungen die Gewähr dafür gegeben ist, daß die Sicherheit insgesamt nicht geringer ist, als bei Einhaltung aller für die Abfallbehälter/Verpackungen gültigen Anforderungen.

### **7.2.3 Antragsunterlagen**

Dem Antrag auf Freigabe bereits hergestellter Abfallbehälter zur Endlagerung im Endlager Konrad sind folgende Unterlagen beizufügen:

- a) Eine genaue Beschreibung des vorgesehenen bzw. eingebrachten Inhaltes mit Angabe der Klassifizierung gemäß Endlagerungsbedingungen, Angaben zu den Eigenschaften der Abfallprodukte und der Fixierungsmittel, die für den Erhalt der Behälterintegrität unter Betriebs- und Störfallbeanspruchungen von Bedeutung sind.
- b) Eine Beschreibung der Behälterbauart durch vollständige Konstruktionszeichnungen, Stücklisten bzw. Spezifikationen der Bauteile, Werkstoffspezifikationen durch Normbezeichnung der Werkstoffzeugnisform oder Werkstoffdatenblatt sowie Behälterttypangabe nach Endlagerungsbedingungen.
- c) Eine Übersichtszeichnung bzw. in Datenblatt der Behälterbauart im Format DIN A 4 mit Darstellung aller Bestandteile des Behälters, mit Angabe der Bauartbezeichnung, Abmessungen, Massen, Volumina

(höchstzulässige Gesamtmasse, einzuhaltender Füllgrad), Typangabe, zulässige Abfallprodukte, Behälterkennzeichnung.

- d) Ein Behälter-Sicherheitsnachweis, der die Eignung der Bauart zur Erfüllung der durch die Endlagerungsbedingungen festgelegten Anforderungen mit Hilfe von anerkannten Berechnungsmethoden, Ergebnissen von Modell- oder Serienmuster- bzw. Prototypprüfungen oder durch Analogiebetrachtungen/Ergebnisübertragung von Sicherheitsnachweisen ähnlicher Bauart nachweist.
- e) Unterlagen zur Qualitätssicherung

Bei bereits hergestellten Behältern sind vom Antragsteller die vorhandenen Unterlagen zur Qualitätssicherung, mindestens aber Belege über die Herstellung der Behälter und das QS-Programm für den Betrieb der Behälter entsprechend Kapitel 7.1.3, Absatz f, vorzulegen. Es wird geprüft, ob durch die vorgelegten Unterlagen eine hinreichend gleichmäßige Qualität der Behälter belegt wird.

## 7.2.4 Auslegung

Vom Antragsteller ist nachzuweisen, daß die Auslegung der hergestellten Behälter den im Kapitel 7.1.4 festgelegten Anforderungen entspricht oder daß eine gleichwertige Auslegung der hergestellten Behälter angenommen werden kann.

## 7.2.5 Baumusterprüfung

Die Baumusterprüfung für bereits hergestellte Abfallbehälter ist grundsätzlich wie in Kapitel 7.1.5 beschrieben durchzuführen. Auf die nachträgliche Fertigung eines Prüfmusters und die Durchführung der beschriebenen Prüfungen kann verzichtet werden, falls der Nachweis der Übereinstimmung mit den Anforderungen entsprechend Kapitel 7.1.5.1 anderweitig geführt werden kann.

## 7.2.6 Qualitätssichernde Maßnahmen

Bei der Beurteilung der qualitätssichernden Maßnahmen für bereits hergestellte Behälter werden die in Kapitel 7.1.6 enthaltenen Ausführungsbestimmungen zugrunde gelegt. Das BfS prüft, ob die geforderten qualitätssichernden Maßnahmen in erforderlichem Umfang durchgeführt wurden und ob die vom Behälterhersteller bzw. im Auftrag des Ablieferungspflichtigen durchgeführten qualitätssichernden Maßnahmen im Vergleich zu den Maßnahmen nach Kapitel 7.1.6 als gleichwertig oder hinreichend anzusehen sind. Notwendigenfalls werden vom BfS zusätzliche Maßnahmen (z. B. zusätzliche Prüfungen oder Kontrollmaßnahmen an den hergestellten Abfallbehältern oder Abfallgebinden) festgelegt, durch die eine hinreichende Übereinstimmung mit den Anforderungen sichergestellt wird.

## 7.2.7 Eignungsfeststellung

Die Eignungsfeststellung für bereits hergestellte Behälter erfolgt in Anlehnung an Kapitel 7.1.7.

## 7.3 Anhang

### 7.3.1 Begriffsbestimmungen

#### (1) Abweichung

Abweichung ist die Nichtübereinstimmung der festgestellten Beschaffenheit mit einer vorgegebenen Soll-Beschaffenheit.

#### (2) Bauart

Die in technischen Zeichnungen und Spezifikationen erfaßte und durch Prüfzeugnis festgelegte Beschreibung eines Behälters.

#### (3) Bauartprüfung

Die Bauartprüfung besteht aus experimentellen und/oder analytischen Untersuchungen von Prototypen, Serienmustern, Modellen, Abschnitten oder dergleichen bzw. anhand eingereicherter Unterlagen, der Prüfung der QS-Unterlagen für die Fertigung der zu prüfenden Bauart, der Wertung der Baumusterprüfergebnisse, der Beurteilung der konstruktiven Gestaltung, der Prüfung der Festigkeitsberechnung, der Tauglichkeit von Werkstoffen und der Durchführbarkeit von Prüfungen in bezug auf die Anforderungen.

#### (4) Baumuster

Reale Ausführung einer Bauart.

#### (5) Fertigungs- und Prüffolgeplan (FPP)

Auflistung aller Fertigungs- und Prüfschritte i. a. in chronologischer Reihenfolge, die zur Herstellung oder Montage eines Bauteils oder eines Baumusters und zur Ermittlung festgelegter Qualitätsmerkmale erforderlich sind.

#### (6) Qualitätssichernde Maßnahmen

Qualitätssichernde Maßnahmen umfassen alle organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Sicherung der Qualität. Sie sind anzuwenden in den Bereichen Planung, Fertigung und Betrieb.

#### (7) Serienmuster

Behälter gemäß einer Bauart, für die ein Prüfzeugnis vorliegt.

#### (8) Vorprüfung

Die Vorprüfung besteht aus der Prüfung der Herstellungsverfahren und der Prüfpläne für die Fertigung, Handhabung und Wartung von Baumustern.

#### (9) Werksachverständiger

Ein Werksachverständiger ist eine von der Werksleitung mit bestimmten Aufgaben betraute Person mit der erforderlichen Sachkunde, die in der Erfüllung dieser Aufgabe von der für die Produktion zuständigen Organisationseinheit unabhängig ist.

#### (10) Zugezogener Sachverständiger

Ein zugezogener Sachverständiger ist ein Sachverständiger einer unabhängigen Prüfinstitution, der dem BFS die für dieses Arbeitsgebiet erforderliche Sachkunde nachgewiesen hat.

Ansonsten wird auf die Begriffsbestimmungen der Endlagerungsbedingungen für das Endlager Konrad verwiesen.

### 7.3.2 Ermittlung und Festlegung von Durchlässigkeitsfaktoren für Behälter mit spezifizierter Dichtheit

Die in den Endlagerungsbedingungen /1/ aufgeführten Garantiewerte des bestimmungsgemäßen Betriebes berücksichtigen, ausgenommen für HT (tritiierter Wasserstoff) in metallischen Feststoffen und für Kr-85, ob das Abfallgebilde eine spezifizierte Dichtheit aufweist.

Wird der Durchlässigkeitsfaktor nicht unmittelbar am Behälter vor oder bei der Beladung gemessen, kann bei bekanntem Aktivitätsinventar des Abfallgebildes und bekannter Aktivitätsfreisetzungsrates aus dem Abfallgebilde auf den Durchlässigkeitsfaktor geschlossen werden, um den Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen zu erbringen. Dieses Verfahren wird nachfolgend im Unterkapitel 7.3.2.1 beschrieben.

Sofern das Aktivitätsinventar des Abfallgebildes geringer ist als die für den jeweiligen Durchlässigkeitsfaktor angegebenen Garantiewerte, können die Anforderungen aus der Sicherheitsanalyse des bestimmungsgemäßen Betriebes auch dann als erfüllt angesehen werden, wenn der Durchlässigkeitsfaktor des Abfallgebildes höher als die in den Endlagerungsbedingungen genannten Werte ist. Voraussetzung hierfür ist, daß in einer analogen Betrachtungsweise zu der Ableitung der Garantiewerte gezeigt werden kann, daß die beantragten Ableitungen radioaktiver Stoffe mit den Abwettern und der Fortluft eingehalten werden. Ein Verfahren hierfür wird im Unterkapitel 7.3.2.2 beschrieben.

#### 7.3.2.1 Ermittlung von Durchlässigkeitsfaktoren bei bekannter Aktivitätsfreisetzung

Insbesondere bei sogenannten Altabfällen kann es unvorteilhaft sein, nachträglich den Durchlässigkeitsfaktor am Abfallgebilde selber zu bestimmen. Einerseits wird hierdurch eine möglicherweise hohe Strahlenexposition des Personal hervorgerufen, das derartige Messungen vornimmt. Andererseits ist mit dem Handhaben und Öffnen der Abfallgebilde eine Freisetzung von Aktivität verbunden.

Sicherheitsmäßig gleichwertig ist der Nachweis einer hinreichend geringen Aktivitätsfreisetzungsrates aus dem Abfallgebilde bzw. dem Abfallprodukt. Bei bekanntem Aktivitätsinventar und bekannter Aktivitätsfreisetzungsrates des Abfallgebildes kann daraus ein Durchlässigkeitsfaktor ermittelt und auf Zulässigkeit überprüft werden.

Zwischen der jährlichen Aktivitätsfreisetzungsrates  $F$  aus dem Abfallgebilde und dem zu ermittelnden Durchlässigkeitsfaktor besteht im Rahmen der Eingangsparameter des Berechnungsmodells die Beziehung

$$(1) \quad F = A \cdot f_0 \cdot D'$$

mit

$A$  = Aktivitätsinventar des Abfallgebildes

$f_0$  = relative Freisetzungsrates aus dem Abfallprodukt in den Resthohlraum des Abfallgebildes

$D'$  = zu ermittelnder jährlicher Durchlässigkeitsfaktor

Der Durchlässigkeitsfaktor  $D'$  ergibt sich aus (1) zu

$$(2) \quad D' = \frac{F}{A \cdot f_0}$$

Für  $f_0$  können die in /5/ genannten jährlichen Freisetzungsrates verwendet werden. Mit dem im nachfolgenden Unterkapitel dargestellten Verfahren kann die so berechnete Durchlässigkeit daraufhin überprüft werden, ob sie den Endlagerungsbedingungen genügt. Geht man davon aus, daß die Garantiewerte für Abfallgebilde mit einer Durchlässigkeit von 0,01 ausgeschöpft werden, so ist dieser Wert der Durchlässigkeit mit dem beschriebenen Verfahren nachgewiesen, wenn die Aktivitätsfreisetzungsrates gemäß Tabelle 7.3.2.1 nicht überschritten werden. Die Werte der maximal zulässigen Aktivitätsfreisetzung für Abfallgebilde mit anderen Durchlässigkeitsfaktoren (z. B. 0,001, 0,0001) können in analoger Weise nach der Beziehung (1) berechnet werden.



Radionuklid/ Radionuklidgruppe	F Bq/a	F Bq/h
<u>Tritium</u>		
unspezifiziert	3,3E+6	3,8E+2
als HTO	a) 2,1E+9 b) 4,8E+7 c) 3,3E+6	2,4E+5 5,5E+3 3,8E+2
<u>C-14</u>		
unspezifiziert oder in flüchtiger Form	1,0E+5	1,1E+1
Anteil in flüchtiger Form $\leq 10 \%$	1,0E+5	1,1E+1
Anteil in flüchtiger Form $\leq 1 \%$	1,0E+5	1,1E+1
in metallischen Feststoffen	1,0E+5	1,1E+1
<u>I-129</u>		
unspezifiziert	1,9E+3	2,1E-1
auf silberhaltigen Filtern aus der WAA	1,9E+3	2,1E-1
<u>Rn-222</u>	4,8E+8	5,5E+4
<u>sonstige Beta-/Gamma- Strahler außer Pu 241</u>		
	d) 1,9E+4 e) 1,9E+4	2,1E+0 2,1E+0
<u>sonstige Alpha- strahler und Pu-241</u>		
	9,5E+2	1,1E-1

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität:

a)  $< 1E+10Bq$ , b)  $\geq 1E+10Bq$  und  $< 1E+12Bq$ , c)  $\geq 1E+12Bq$ ;

Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt:

d)  $< 1 \%$ , e)  $\geq 1 \%$

### Tabelle 7.3.2.1:

**Maximal zulässige Aktivitätsfreisetzung aus einem einzelnen Abfallgebilde bei einem Durchlässigkeitsfaktor von 0,01**

### 7.3.2.2 Verfahren zur Festlegung zulässiger Durchlässigkeitsfaktoren

Nach /5/ werden die Garantiewerte  $A_G$  anhand folgender Beziehung abgeleitet:

$$(3) \quad A_G = \frac{G}{n \cdot (f_o \cdot D \cdot w_o + f_a \cdot w_a)}$$

$G$  = Antragswerte für die Ableitung von Aktivität mit den Abwettern

$n$  = Maximalzahl der pro Jahr eingelagerten Abfallgebinde =  $10^4$

$f_o, f_a$  = relative Freisetzungsrates aus dem Abfall in unversetzte bzw. versetzte Einlagerungsbereiche bzw. in den Resthohlraum des Abfallgebundes bei spezifizierter Dichte

$w_o, w_a$  = Gewichtungsfaktoren zur Charakterisierung des Beitrages zur Freisetzung aus unversetzten bzw. versetzten Einlagerungsbereichen normiert auf die Freisetzung aus den Abfällen im ersten Jahr

$D$  = jährlicher Durchlässigkeitsfaktor für Abfallgebinde mit spezifizierter Dichte

Gleichung (3) ergibt sich aus der Umformung der Randbedingung:

$$(4) \quad G = n \cdot f_o \cdot D \cdot A_G \cdot w_o + n \cdot f_a \cdot A_G \cdot w_a$$

Sie besagt, daß die Antragswerte  $G$  der Ableitung von Aktivität mit den Abwettern auch unter der Annahme eingehalten werden müssen, daß in einem Jahr die Maximalzahl der Abfallgebinde ausschließlich mit einer einheitlichen Freisetzungseigenschaft eingelagert wird. Durch Umformung von (3) erhält man damit für  $D$ :

$$(5) \quad D = \frac{G - n \cdot f_a \cdot A_G \cdot w_a}{n \cdot f_o \cdot A_G \cdot w_o}$$

Soll ein Abfallgebinde mit der Aktivität  $A < A_G$  die Randbedingung (4) erfüllen, so reicht es, wenn es statt des Durchlässigkeitsfaktors  $D$  eine erhöhte Durchlässigkeit  $D'$  aufweist, die der folgenden Bedingung genügen muß:

$$(6) \quad D' = \frac{G - n \cdot f_a \cdot A \cdot w_a}{n \cdot f_o \cdot A \cdot w_o}$$

Da alle Größen bis auf  $A$  und  $D'$  festliegen, kann man Gleichung (6) auch verallgemeinert schreiben als:

$$(7) \quad D' = \frac{a}{A} - b$$

Die Konstanten  $a$  und  $b$  hängen dabei ab von der Radionuklidgruppe bzw. dem Radionuklid und dessen chemischer Form.

Für die in der Sicherheitsanalyse des bestimmungsgemäßen Betriebes verwendeten Radionuklide bzw. Radionuklidgruppen ergeben sich die in der Tabelle 7.3.2.2 zusammengestellten Werte für  $a$  und  $b$ . Die Werte sind so gewählt, daß sich - bei Berücksichtigung von Rundungseffekten - ein zulässiger jährlicher Durchlässigkeitsfaktor von z. B. 0,01 ergibt, wenn  $A$  den Garantiewert für Abfallgebinde mit einer entsprechend spezifizierten Dichte annimmt. Andererseits wird  $D' = 1$ , wenn  $A$  gleich dem Garantiewert für Abfallgebinde ohne spezifizierte Dichte ist.

Für Tritium in metallischen Abfallprodukten wurden keine Koeffizienten abgeleitet, da hier für Abfallgebinde mit spezifizierter Dichte ohnehin die gleichen Garantiewerte gelten wie für solche ohne spezifizierte Dichte. Für radiumhaltige Abfälle ist das hier beschriebene Verfahren nicht ohne weiteres anwendbar, da die Garantiewerte aus Grenzbetrachtungen für Abfallgebinde mit und ohne spezifizierter Dichte hervorgehen. Eine Vereinfachung in der hier gewählten Form ist daher nur für Abfallgebinde mit spezifizierter Dichte  $\leq 0,01$  möglich. In diesem Fall stellt das Verfahren eine Interpolation der Anforderungen zwischen unterschiedlichen Dichtestufen dar.

Das hier beschriebene Verfahren ist anwendbar bei Abfallgebinden, die die Garantiewerte bei spezifizierter Dichte nicht ausschöpfen und den Durchlässigkeitsfaktor der Endlagerungsbedingungen überschreiten. Für derartige Abfälle kann damit überprüft werden, ob sie dennoch den Endlagerungsbedingungen genügen.

Radionuklid/ Radionuklidgruppe	a Bq	b
<u>Tritium</u>		
unspezifiziert	3,70E+10	11,20
als HTO	a) 7,50E+10 b) 7,35E+10 c) 3,70E+10	0,008 0,77 11,20
<u>C-14</u>		
unspezifiziert oder in flüchtiger Form	1,81E+9	9,04
Anteil in flüchtiger Form $\leq 10\%$	1,81E+10	9,04
Anteil in flüchtiger Form $\leq 1\%$	1,81E+11	9,04
in metallischen Feststoffen	9,21E+13	10,0
<u>I-129</u>		
unspezifiziert	1,90E+7	0,0
auf silberhaltigen Filtern aus der WAA	1,90E+9	0,0
<u>Rn-226</u>		
in Gebinden mit einem Durchlässigkeitsfaktor von $\leq 0,01$	4,80E+8	0,0
<u>sonstige Beta-/Gamma- strahler außer Pu-241</u>		
	d) 3,7E+15 e) 3,7E+13	0,0 0,0
<u>sonstige Alpha- strahler und Pu-241</u>		
	1,9E+14	0,0

Gesamtaktivität im Abfallprodukt ohne Tritiumaktivität:

a)  $< 1E+10$ Bq, b)  $\geq 1E+10$  Bq und  $< 1E+12$  Bq, c)  $\geq 1E+12$  Bq;

Massenanteil des Wassers bzw. der Restfeuchte im Abfallprodukt:

d)  $< 1\%$ , e)  $\geq 1\%$

### **Tabelle 7.3.2.2:**

### **Parameter zur Ermittlung der zulässigen Durchlässigkeit**

### 7.3.3 Ausnahmeregelungen bezüglich der Dichtheitsanforderungen der Abfallbehälterklasse II

In den Unterkapiteln 7.1.4.2.4 und 7.1.4.5 wurden Prüfalalternativen bei den Dichtheitsanforderungen der Abfallbehälterklasse II angegeben. Diese erlauben die Behälterqualifikation über die Aktivitätsfreisetzung bei störfallbedingter Beaufschlagung analog der Behälterqualifikationen im Verkehrsrecht.

Diese Prüfalalternativen sollen als Ausnahmeregelungen für Altabfälle herangezogen werden, die zwar die Dichtheitsanforderungen der Abfallbehälterklasse II nicht erfüllen, deren Aktivitätsinventar jedoch so gering ist, daß die störfallbedingten Aktivitätsfreisetzungen geringer sind als die in den Sicherheitsanalysen abgeleiteten maximal zulässigen Aktivitätsfreisetzungen. Die Ausnahmeregelung soll in keinem Fall Anwendung finden bei Abfallgebinden, deren Aktivitätsinventar die Grenzwerte der Abfallbehälterklasse II überschreiten.

Bei der Anwendung der Prüfalalternative ist zunächst in einer Sicherheitsanalyse nuklidspezifisch die bei den Auslegungsstörfällen zu erwartende Aktivitätsfreisetzung zu ermitteln (theoretisch abgeleitet oder experimentell nachgewiesen). Zur Erfüllung der Prüfalalternative müssen die freigesetzten Radionuklide folgendem Summenkriterium genügen:

$$S = F \cdot \sum \frac{A(i)}{G(i)} < 1$$

Dabei bedeuten:

- S      Summenwert
- F      Faktor entsprechend /1/ der berücksichtigt, ob ein Abfallgebinde im Endlager Konrad allein oder gemeinsam mit einem weiteren Abfallgebinde auf einer Tauschpalette/Transportpalette gehandhabt wird
- A(i)    freigesetzte Aktivität des Radionuklids i oder der Radionuklidgruppe i (durch Rechnung oder Messung ermittelt)
- G(i)    zulässige freigesetzte Aktivität des Radionuklids i bzw. der Radionuklidgruppe i. Die zulässige freigesetzte Aktivität ist in der Spalte "freisetzbare Aktivität" in der nachfolgenden Tabelle 7.3.3 dargestellt. Die freisetzbare Aktivität entspricht dem Produkt aus Aktivitätsgrenzwert (/1/) und Freisetzungsanteil gemäß Störfallanalyse. Dabei wurde die Modifikation der Störfallberechnungsgrundlagen durch Anwendung eines abdeckenden Reduktionsfaktors (/19/) berücksichtigt.

Nuklid	Aktivitätsgrenzwert Bq	Freisetzungsanteil	freisetzbare Aktivität Bq
I-129	1,1E+10	0,04	4,4E+08
Cl-36	1,4E+11	0,04	5,6E+09
I-125	5,1E+11	0,04	2,0E+10
Ac-227	1,3E+12	0,00002	2,6E+07
Pb-210	3,4E+12	0,00002	6,8E+07
Se-79	1,7E+13	0,00002	3,4E+08
Sn-126	1,9E+13	0,00002	3,8E+08
Cd-113m	1,9E+13	0,00002	3,8E+08
Ra-228	1,9E+13	0,00002	3,8E+08
Sr-90	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Ag-108m	2,3E+13	0,00002	4,6E+08
Am-242m	1,7E+13	0,00002	3,4E+08
Nb-94	2,7E+13	0,00002	5,4E+08
Na-22	5,7E+13	0,00002	1,1E+09
Rb-87	8,4E+13	0,00002	1,7E+09
Eu-152	1,1E+14	0,00002	2,2E+09
Co-60	1,2E+14	0,00002	2,4E+09
Cs-137	1,3E+14	0,00002	2,6E+09
Sonstige Beta-/ Gammastrahler	1,3E+14	0.00002 <sup>*)</sup>	2,6E+09
Ra-226	1,6E+12	0,00002	3,2E+07
Pa-231	1,4E+12	0,00002	2,8E+07
Th-232	3,4E+12	0,00002	6,8E+07
Cm-248	3,3E+12	0,00002	6,6E+07
Np-237	5,4E+12	0,00002	1,1E+08
U-232	7,9E+12	0,00002	1,6E+08
Th-228	1,7E+13	0,00002	3,4E+08
Cm-245	1,9E+13	0,00002	3,8E+08
Cm-246	1,9E+13	0,00002	3,8E+08
Am-243	1,9E+13	0,00002	3,8E+08
Am-241	1,9E+13	0,00002	3,8E+08
Pu-239	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Sonstige Alpha- strahler	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Ag-110m	6,1E+14	0,00002	1,2E+10
Ar-39	7,1E+17	0,00002	1,4E+13
Ba-133	3,4E+14	0,00002	6,8E+09
Be-10	2,1E+16	0,00002	4,2E+11
C-14	1,7E+14	0,006	1,0E+12
Ca-41	4,0E+14	0,00002	8,0E+09
Ca-45	2,7E+15	0,00002	5,4E+10
Cd-109	2,3E+15	0,00002	4,6E+10
Ce-144	1,0E+16	0,00002	2,0E+11
Cm-242	5,0E+14	0,00002	1,0E+10
Cm-243	2,9E+13	0,00002	5,8E+08
Cm-244	3,4E+13	0,00002	6,8E+08
Cm-247	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Co-57	1,7E+16	0,00002	3,4E+11

<sup>\*)</sup>Ausgenommen H-3, C-14 und Halogene

### **Tabelle 7.3.3:**

### **Freisetzungsanteil und freisetzbare Aktivität bei störfallbedingter Beaufschlagung von Abfallgebinden**

Nuklid	Aktivitätsgrenzwert Bq	Freisetzungsanteil	freisetzbare Aktivität Bq
Co-58	7,9E+15	0,00002	1,6E+11
Cr-51	3,0E+17	0,00002	6,0E+12
Cs-134	4,6E+14	0,00002	9,2E+09
Cs-135	2,1E+15	0,00002	4,2E+10
Eu-154	1,6E+14	0,00002	3,2E+09
Eu-155	5,0E+15	0,00002	1,0E+11
Fe-55	3,4E+17	0,00002	6,8E+12
Fe-59	1,0E+16	0,00002	2,0E+11
H-3	5,4E+16	0,004	2,2E+14
Hf-175	1,3E+16	0,00002	2,6E+11
Hf-181	4,6E+15	0,00002	9,2E+10
Hg-203	1,0E+16	0,00002	2,0E+11
Kr-85	5,6E+17	0,00002	1,1E+13
Mn-54	2,1E+15	0,00002	4,2E+10
Mo-93	1,9E+15	0,00002	3,8E+10
Nb-93m	1,2E+16	0,00002	2,4E+11
Nb-95	1,4E+16	0,00002	2,8E+11
Ni-59	1,9E+16	0,00002	3,8E+11
Ni-63	1,7E+16	0,00002	3,4E+11
Pa-233	9,1E+16	0,00002	1,8E+12
Pd-107	2,7E+16	0,00002	5,4E+11
Pm-147	1,6E+17	0,00002	3,2E+12
Po-210	1,7E+14	0,00002	3,4E+09
Pu-236	5,7E+13	0,00002	1,1E+09
Pu-238	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Pu-240	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Pu-241	4,3E+14	0,00002	8,6E+09
Pu-242	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Pu-244	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Ra-223	3,3E+14	0,00002	6,6E+09
Ru-103	3,0E+16	0,00002	6,0E+11
Ru-106	6,1E+15	0,00002	1,2E+11
S-35	6,1E+15	0,00002	1,2E+11
Sb-125	9,1E+14	0,00002	1,8E+10
Sc-46	3,3E+15	0,00002	6,6E+10
Sm-151	3,0E+17	0,00002	6,0E+12
Sr-89	9,7E+15	0,00002	1,9E+11
Ta-182	2,1E+15	0,00002	4,2E+10
Tc-99	1,3E+15	0,00002	2,6E+10
Te-125m	6,4E+15	0,00002	1,3E+11
Th-227	2,7E+14	0,00002	5,4E+09
Th-230	2,1E+13	0,00002	4,2E+08
Th-234	5,1E+16	0,00002	1,0E+12
U-233	5,4E+13	0,00002	1,1E+09
U-234	5,9E+13	0,00002	1,2E+09
U-235	6,3E+13	0,00002	1,3E+09
U-236	5,9E+13	0,00002	1,2E+09
U-238	6,3E+13	0,00002	1,3E+09
V-49	1,7E+18	0,00002	3,4E+13
Zn-65	5,7E+14	0,00002	1,1E+10
Zr-93	6,3E+15	0,00002	1,3E+11
Zr-95	5,4E+15	0,00002	1,1E+11

**Tabelle 7.3.3:****Fortsetzung**

### 7.3.4 Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an störfallfeste Verpackungen der Abfallbehälterklasse II im thermischen Lastfall

Störfallfeste Verpackungen der Abfallbehälterklasse II mit einer spezifizierten Leckrate  $\leq 1E-5$  Pa m<sup>3</sup>/s dürfen im thermischen Lastfall maximal einen Innendruck von 15 bar aufbauen. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn

- die Summe der Partialdrücke der im Abfallprodukt enthaltenen Stoffe bei der maximal zu erwartenden Innentemperatur einen Wert von 15 bar unterschreitet oder wenn
- die Summe der bei der maximal zu erwartenden Innentemperatur vollständig verdampften Abfallproduktbestandteile bei 10 bar ein Volumen von weniger als 10 % des Nettovolumens der Abfallbehälter einnimmt oder wenn
- der nach /1/ gebildete Störfallsummenwert 0,05 unterschreitet, falls in die zugehörige Summenformel sämtliche im Abfall enthaltenen Radionuklide eingesetzt werden, die den chemischen Gruppen der Halogene oder Alkalimetalle zuzurechnen sind.

Der Nachweis kann rechnerisch oder experimentell erfolgen. Als maximale Innentemperatur kann bei rechnerischem Nachweis das Maximum des über die Innenwand gemittelten zeitlichen Temperaturverlaufs herangezogen werden. Bei experimentellem Nachweis ist die an einer repräsentativen Stelle der Behälterinnenwand gemessene Maximaltemperatur zugrunde zu legen. Wird kein rechnerischer oder experimenteller Nachweis über die im thermischen Lastfall auftretenden Innentemperaturen geführt, ist als maximale Innentemperatur ein Wert von 350 °C zu unterstellen.



### 7.3.5 Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Aktivitätsfreisetzung im mechanischen Lastfall für Behälter der Abfallbehälterklasse II

Der Bestimmung der freigesetzten Aktivität im mechanischen Lastfall aus Behältern der Abfallbehälterklasse II liegt folgendes Modell zugrunde:

1. Die gesamte Aktivität liegt dispergiert im Behälter als Teilchen mit einem Durchmesser  $< 10 \mu\text{m}$  vor.
2. Potential für eine Aktivitätsfreisetzung ist ein Behälterinnendruck von 0,2 MPa.
3. Die Freisetzung erfolgt über einen kleinen Spalt im Behälter, der durch die mechanische Beaufschlagung gebildet wurde. Die Leckrate des Spaltes beträgt

$$1\text{E-}4 \text{ Pa m}^3 \text{ s}^{-1}.$$

Im Sinne einer abdeckenden Meßgröße wurde Randbedingung 3. in den Endlagerungsbedingungen in die "Gesamtleckrate bezogen auf Standardbedingungen wie bei der Dichtheitsprüfung nach der Vakuummethode" umgesetzt. Diese Formulierung beinhaltet, daß die bei mechanischer Beaufschlagung aus dem Behälter austretende Stoffmengenstromstärke des Behältergases kleiner sein muß, als die entsprechende Stoffmengenstromstärke bei der Dichtheitsprüfung.

Die Leckrate (L) wird thermodynamisch interpretiert als

$$L = \frac{d(pV)}{dt}$$

mit

$$pV = nRT$$

mit

$$\begin{aligned} p &= \text{Druck} \\ V &= \text{Volumen} \\ n &= \text{Molzahl} \\ R &= \text{allgemeine Gaskonstante} \\ T &= \text{Temperatur } ([T]=\text{K}) \end{aligned}$$

Hieraus folgt

$$\frac{dn}{dt} = \frac{L}{RT}$$

bzw.

$$1\text{E-}4 \text{ Pa m}^3 \text{ s}^{-1} = 4\text{E-}8 \text{ mol s}^{-1} \text{ für } T = 300 \text{ K}$$

Demnach können auch Verpackungen der Abfallbehälterklasse II zugeordnet werden, die über die Grundanforderungen hinaus gewährleisten, daß sie einem Fall aus 5 m Höhe auf eine unnachgiebige Unterlage derart standhalten, daß die Stoffmengenstromstärke des aus dem Behälter austretenden Gases nach dem Fall einen Wert von  $4\text{E-}8 \text{ mol s}^{-1}$  nicht überschreitet.



## **Kapitel**

### **8. Abruf von Abfallgebinden**

#### **Unterkapitel**

- 8.1 Ablauf des Abrufvorganges
- 8.2 Organisation des Abrufes
  - 8.2.1 Kampagnenplanung
  - 8.2.2 Annahmekapazität
    - 8.2.2.1 Abfallgebände
    - 8.2.2.2 Transporteinheiten
  - 8.2.3 Berücksichtigung von Anforderungen aus den Sicherheitsanalysen
    - 8.2.3.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb
    - 8.2.3.2 Thermische Beeinflussung des Wirtsgesteins
    - 8.2.3.3 Kritikalitätssicherheit
  - 8.2.4 Pufferung
- 8.3 Transport
  - 8.3.1 LKW-Transport
  - 8.3.2 Bahn-Transport
- 8.4 Tauschpalette / Transportpalette
- 8.5 Verhalten bei Störungen

## 8. Abruf von Abfallgebinden

Beim Abruf sind gebindespezifische Daten zwischen Ablieferungspflichtigen, Betriebsführendem (DBE), BfS und den unabhängigen Sachverständigen / Institutionen mit dem Ziel auszutauschen, ablieferungsbereite Abfallgebinde, die die Endlagerungsbedingungen im Anschluß an die durchgeführte Produktkontrolle erfüllen, zusammenzustellen und in Tageschargen abzurufen.

Für die endzulagernden Abfallgebinde sind betrieblich/organisatorische und sicherheitstechnische Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

Der Abrufzeitraum, der mit der Voranmeldung der Gebinde vom Ablieferungspflichtigen/Ablieferer beginnt und mit der Annahme am Endlager endet, wird für Gebinde, die einer stichprobenartigen Kontrolle zu unterziehen sind, im Routinebetrieb des Endlagers mit etwa einem Jahr veranschlagt. Für Gebinde, die im Rahmen der Produktkontrolle bereits überprüft sind, beträgt der Abrufzeitraum etwa 8 Wochen. Diese Zeiten werden als Vorlaufzeiten bezeichnet.

### 8.1 Ablauf des Abrufvorganges

Der Abruf erfolgt im Regelfall wie in Abb. 8.1 dargestellt:

1. Die Ablieferungspflichtigen/Ablieferer melden mit dem Formblatt "Abfallvoranmeldung" die endzulagernden Abfallgebinde bei der DBE an. Bei der Abfallvoranmeldung ist insbesondere der gewünschte Ablieferungszeitraum anzugeben. <sup>\*)</sup>
2. Auf der Basis der Abfallvoranmeldung führt die DBE eine Kampagnenvorplanung durch und nennt den Ablieferungspflichtigen/Ablieferern den voraussichtlichen Ablieferungszeitraum. Das Ergebnis der Kampagnenvorplanung wird dem BfS vorgelegt.
3. Der Ablieferungspflichtige meldet die im Regelfall bereits im Rahmen der Produktkontrolle geprüften Abfallgebinde für die Einlagerung mit dem jeweiligen Abfalldatenblatt bei der DBE an.
4. Die DBE überprüft die Abfalldatenblätter, registriert die Daten und übermittelt sie mit dem Prüfergebnis an das BfS.
5. Stellt sich bei dieser Prüfung heraus, daß die Produktkontrolle für die angemeldeten Abfallgebinde noch nicht durchgeführt wurde, wird der Ablieferungspflichtige von der DBE hierüber unterrichtet, damit die erforderlichen Maßnahmen veranlaßt werden.
6. Die DBE führt anhand der Datenblätter die endgültige Kampagnenplanung durch und übermittelt die Ergebnisse der Kampagnenplanung und den vorgesehenen Ablieferungstermin an das BfS.
7. Das BfS entscheidet über die Freigabe der Abfallgebinde zur Endlagerung und gibt das Ergebnis an die DBE weiter. Die DBE stimmt mit den Ablieferungspflichtigen/Ablieferern den verbindlich einzuhaltenden Liefertermin für die freigegebenen Abfallgebinde ab.
8. Die Ablieferungspflichtigen/Ablieferer geben an die DBE eine Rückbestätigung des Liefertermins.
9. Die Ablieferungspflichtigen/Ablieferer senden die Abfallgebinde an die DBE. Die DBE nimmt die Abfälle an, führt die Eingangskontrolle durch und lagert die Abfälle ein. Hierüber wird entsprechend Buch geführt.
10. Die DBE vervollständigt nach der Endlagerung den vorliegenden Datensatz um die Angaben der Annahme, Eingangskontrolle und Einlagerung und übermittelt ihn an das BfS.
11. Die DBE führt die Dokumentation der Abfalldaten. Beim BfS wird ein zweiter Datensatz geführt.

---

<sup>\*)</sup> Liegen zu diesem Zeitpunkt bereits die Abfalldatenblätter der endzulagernden Abfallgebinde vor, kann die Voranmeldung mit den Abfalldatenblättern erfolgen; Punkt 3. würde in diesem Fall entfallen.

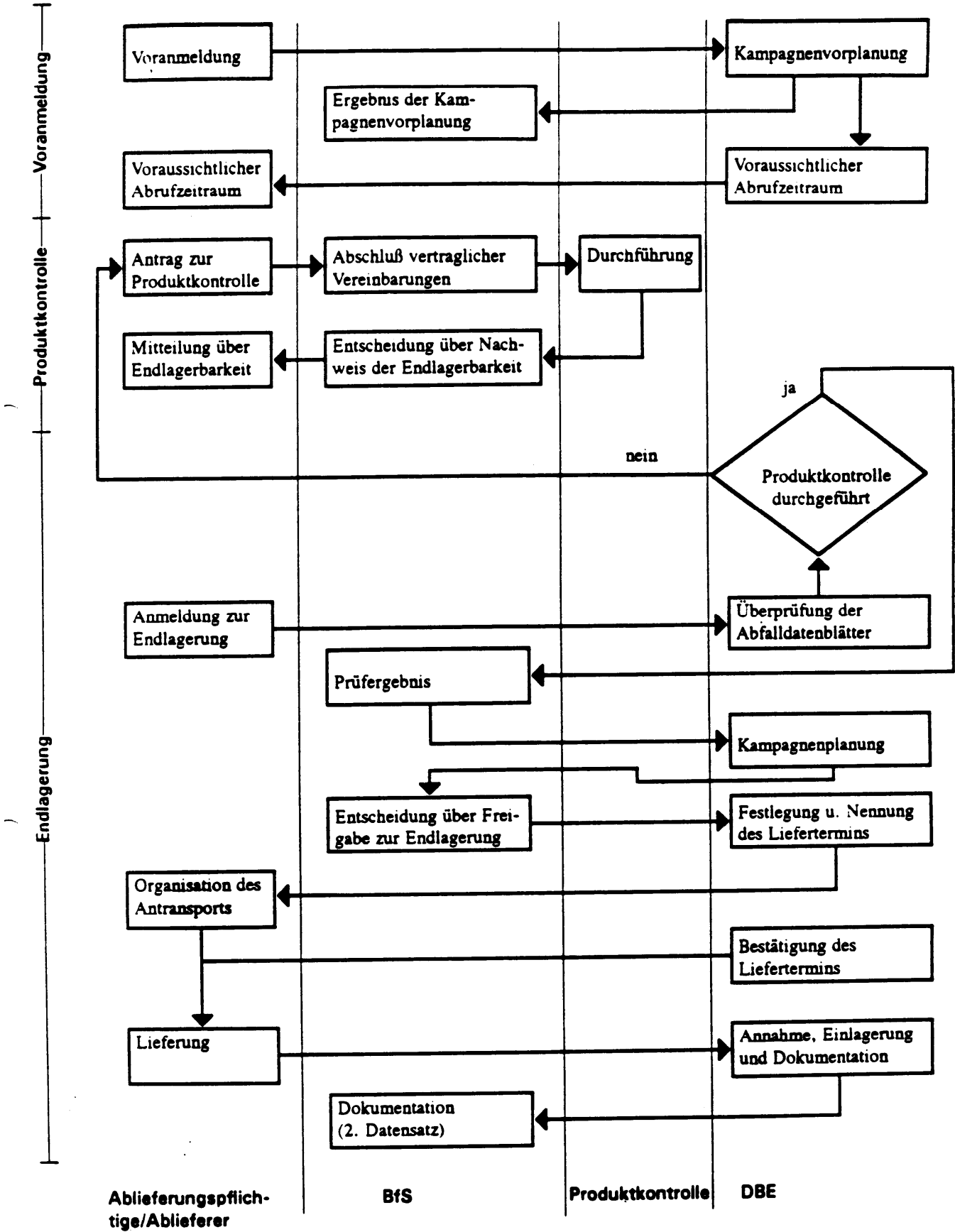


Abb. 8.1: Abrufvorgang

## 8.2 Organisation des Abrufes

Der Abruf erfolgt unter Berücksichtigung betrieblich/organisatorischer und sicherheitstechnischer Gesichtspunkte.

Aus betrieblich/organisatorischer Sicht sind zu berücksichtigen:

- Stillstandszeiten von Anlagenteilen, in denen der Einlagerungsvorgang nicht fortgesetzt werden kann.
- Pufferhallenregelung
  - Pufferplätze für Gebinde, die einer gemischten Einlagerung bedürfen.
  - Pufferplätze für Gebinde, die bei Störungen gepuffert werden.
- Belegung in den Einlagerungskammern
- Fortschritt beim Versetzen der Einlagerungskammern
- Möglichst vollständige Beladung der Stapelabschnitte beim Kampagnenwechsel.

Aus sicherheitstechnischer Sicht sind zu berücksichtigen:

- Anforderungen aus der Stapelung
  - Abmessungen der Gebinde, Masse, gemischte Stapelbarkeit.
- Anforderungen aus der Aktivitätsfreisetzung im bestimmungsgemäßen Betrieb
  - Garantiewerte pro Abfallgebilde,
  - Richtwerte für die pro Jahr einlagerbare Aktivität sowie
  - Einflüsse vorausgegangener und zukünftig geplanter Einlagerungskampagnen.
- Anforderungen aus unterstellten Störfällen
  - Anforderungen an das Abfallgebilde und Radionuklidinventarbegrenzung.
- Anforderungen aus der thermischen Beeinflussung des Wirtsgesteins
  - Summenkriterium  $S_w$  für das Radionuklidinventar der Gebinde.
- Anforderungen aus der Kritikalitätssicherheit
  - Summenkriterium  $S_k$  für das Radionuklidinventar der Gebinde.
- Anforderungen, die aus einer Begrenzung des Gesamtinventars des Endlagers resultieren.

### 8.2.1 Kampagnenplanung

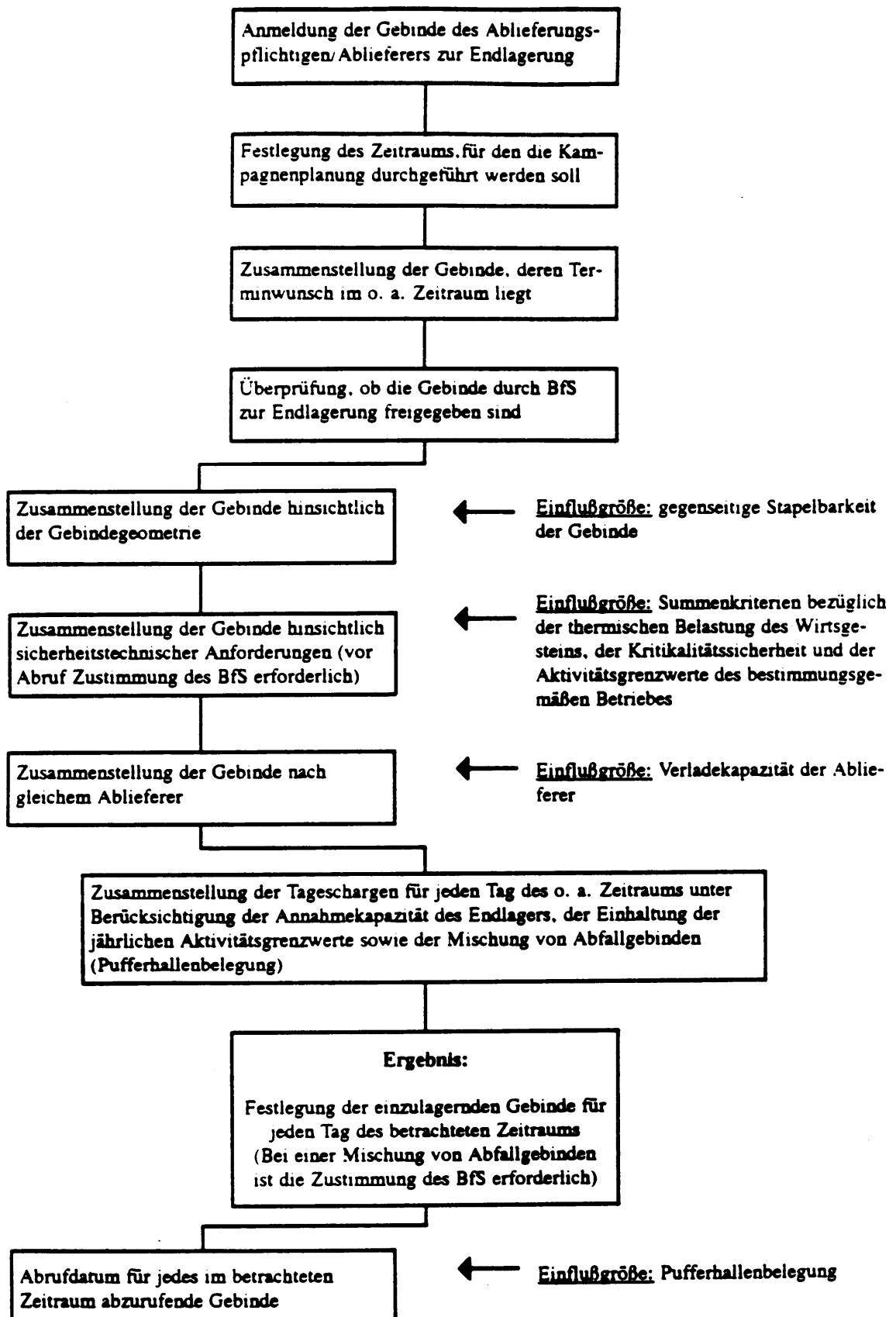
Ein Bestandteil des Abrufsystems ist die von der DBE durchgeführte Kampagnenplanung, die als Ergebnis das Abrufdatum sowie die Zusammenstellung der zu einer Kampagne gehörenden Gebinde liefert. In Abb. 8.2 ist die Kampagnenplanung in Form eines Ablaufdiagramms dargestellt.

Falls eine Lieferung infolge einer unvorhergesehenen Störung nicht erfolgen kann, werden Abfallgebilde aus der Pufferhalle endgelagert und für die nicht gelieferten Abfallgebilde wird ein neuer Ablieferungstermin z. B. am Ende der Kampagne vereinbart.

### 8.2.2 Annahmekapazität

#### 8.2.2.1 Abfallgebilde

Für die Einlagerung im Endlager Konrad sind die in den Endlagerungsbedingungen /1/ angegebenen Abfallgebilde vorgesehen.



**Abb. 8.2:** Grundprinzip der Kampagnenplanung bei der DBE

### 8.2.2.2 Transporteinheiten

Die für die Einlagerung vorgesehenen Abfallgebinde werden für den Transport - soweit es aus Gewichts- und Handhabungsgründen möglich ist - zu Transporteinheiten zusammengefaßt.

Daraus ergeben sich für die in /1/ genannten Gebindetypen folgende Transporteinheiten:

- Tauschpalette / Transportpalette mit Betonbehälter I und II, Gußbehälter I bis III (bis zu 2 Gebinde pro Palette)
- Container I bis VI (als Einzelgebinde).

Die Annahmekapazität für die verschiedenen Varianten bei der Gebindeannahme für einschichtigen Betrieb zeigt Tabelle 8.2.2.1.

Durchlaufvariante	Annahmekapazität
Einlagerung (Zuführung zum Schacht)	max. 3400 Transporteinheiten pro Jahr bei einschichtigem Betrieb, max. 6800 Transporteinheiten pro Jahr bei zweischichtigem Betrieb
Pufferung (Zuführung in die Pufferhalle)	maximal 40 Transporteinheiten pro Tag bei einschichtigem Betrieb bei allen Transporteinheiten
Gleichzeitige Einlagerung und Pufferung	maximal 40 Transporteinheiten pro Tag bei einschichtigem Betrieb, davon ca. 17 Transporteinheiten pro Schicht eingelagert, gültig für alle Transporteinheiten
Einlagerung aus der Pufferhalle	ca. 17 Transporteinheiten pro Schicht bei allen Transporteinheiten

**Tabelle 8.2.2.1: Annahmekapazität des Endlagers**

### 8.2.3 Berücksichtigung von Anforderungen aus den Sicherheitsanalysen (Mischung von Abfallgebinden)

Für die Füllung eines Stapelabschnittes können auch Abfallgebinde, die miteinander stapelbar sind und unterschiedliche Abmessungen haben, abgerufen werden. Weiterhin ist die sicherheitsanalytische Anforderung zu beachten, daß Gebinde mit nahezu gleicher Masse abgerufen werden.

#### 8.2.3.1 Bestimmungsgemäßer Betrieb

Der Sicherheitsanalyse für den bestimmungsgemäßen Betrieb liegen Aktivitätsgrenzwerte für die pro Jahr einlagerbare Aktivität für verschiedene Radionuklide bzw. Radionuklidgruppen zugrunde. Im Rahmen der Gebindedatenprüfung bei der Anmeldung der Abfallgebinde werden die Grenzwerte überprüft und es wird die Jahresbilanzierung vorgenommen. Bei Überschreitung des  $10^{-4}$ -fachen des Jahresgrenzwertes - des sog. Garantiewertes - pro Abfallgebinde ist vor einer Anlieferung der betreffenden Abfallgebinde die Zustimmung des BfS erforderlich.



### 8.2.3.2 Thermische Beeinflussung des Wirtsgesteins

Die Wärmeleistung der im Endlager Konrad einlagerbaren Abfallgebinde wird zur Vermeidung signifikanter thermischer Einwirkungen auf das Wirtsgestein begrenzt. Aus der Begrenzung der Temperaturerhöhung am Kammerstoß auf  $\Delta_t \leq 3\text{K}$  wurden Aktivitätswerte für Einzelgebinde abgeleitet. Bei einer Überschreitung dieser Aktivitätswerte (Summenwert  $S_w > 1$ ) ist die Einlagerung zulässig, wenn eine radiale und/oder axiale thermische Verdünnung in der Einlagerungsstrecke erfolgt. Hierbei ist es erforderlich, daß eine definierte Einlagerungsfolge eingehalten wird.

Der Abruf von Abfallgebinden mit einem Summenwert  $S_w \geq 1$  bedarf der Zustimmung des BfS.

### 8.2.3.3 Kritikalitätssicherheit

Zwecks Einhaltung der Kritikalitätsanforderungen kann ebenfalls von einer Mischung von Abfallgebinden mit unterschiedlichen Radionuklidzusammensetzungen im Querschnitt einer Einlagerungskammer Gebrauch gemacht werden. Die Kritikalitätssicherheit wird mit dem Summenwert  $S_K < 1$  nachgewiesen. Bei Mischungen von Abfallgebinden ist es möglich, auch Abfallgebinde mit Summenwerten über 1 zusammen mit Abfallgebinden endzugelagern, die entsprechend geringe Summenwerte besitzen.

Der Abruf von Abfallgebinden mit einem Summenwert  $S_K \geq 1$  bedarf der Zustimmung des BfS.

## 8.2.4 Pufferung

Bei Ausnutzung der durch die Pufferhalle zur Verfügung stehenden Pufferkapazität des Endlagers erhöht sich die Annahmekapazität entsprechend der Darstellung in Tabelle 8.2.2.2.

Die Berücksichtigung der in Kapitel 8.2.3 erwähnten Anforderungen aus den Sicherheitsanalysen kann eine abgestimmte Einlagerungsplanung für die Gebinde erfordern. Da bei der Anlieferung der Abfallgebinde eine entsprechende Reihenfolgebildung in der Regel nicht realisierbar ist, wird diese unter Einbeziehung der Pufferhalle vorgenommen. Aus diesem Grund sind in der Pufferhalle Positionen für Gebinde vorgesehen, die einer Mischung mit anderen Gebinden bei der Einlagerung bedürfen.

Insgesamt verfügt die Pufferhalle über 154 Abstellpositionen für Container bzw. Tauschpaletten / Transportpaletten. 24 Abstellplätze sind dabei im störungsfreien Betrieb für Transporteinheiten vorgesehen, bei denen eine Mischung der Abfallgebinde im Streckenquerschnitt der Einlagerungskammer notwendig ist.

Die Pufferung von Abfallgebinden wird zeitlich und mengenmäßig so begrenzt, daß die Freisetzung im Normalbetrieb aus der Pufferhalle (und der Umladehalle) nicht mehr als 1 % der Antragswerte beträgt. Diesbezügliche Regelungen über die Anzahl- und Aktivitätsbilanzierung werden in das Betriebshandbuch aufgenommen.

## 8.3 Transport

Die Abfallgebinde (zylindrische Gebinde auf Tauschpaletten / Transportpaletten und Container) werden auf Bahn-Waggons oder Lastkraftwagen (LKW) angeliefert.

Der Ablieferungspflichtige / Ablieferer organisiert den termingerechten Transport der freigegebenen, abgerufenen Abfallgebinde.

Dabei sind von ihm insbesondere zu beachten:

- Vorbereitungszeit für die Bereitstellung der Transportfahrzeuge (Waggon oder LKW), Beladen der Fahrzeuge, Einholen von Transportgenehmigungen etc.,
- Transportzeiten für Bahn- bzw. LKW-Antransport unter Berücksichtigung der Entfernungen, der Bahnbindungen etc.

### 8.3.1 LKW-Transport

Tabelle 8.3.1 zeigt Entfernungen und Transportzeiten für eine repräsentative Auswahl von Ablieferungspflichtigen/Ablieferern zum Endlager Konrad auf.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, kann die Anlieferung per LKW innerhalb eines Tages bewältigt werden. Die Abfahrtszeiten der Transportfahrzeuge sollten vom Ablieferungspflichtigen/Ablieferer so gewählt werden, daß die Abfallgebinde rechtzeitig am Endlager eintreffen, damit sie am vorgesehenen Tag eingelagert werden können.

Ablieferer	Biblis	Brunsbüttel	Grohnde	Lingen	Karlsruhe	Ohu (Landshut)
Entfernung zum Endlager Konrad (km)	398	297	107	478	270	576
Transportzeiten (h)	7	5	2	8	5	10

**Tabelle 8.3.1: Entfernungen und Transportzeiten zum Endlager Konrad (LKW)**

### 8.3.2 Bahn-Transport

Der Antransport der Waggons erfolgt durch die Deutsche Bundesbahn bis zum Übergabebahnhof Beddingen. Hier übernimmt die Verkehrsbetriebe Peine-Salzgitter GmbH (VPS) die Waggons zum Weitertransport.

Für die Anlieferung der beladenen Waggons wurden dieselben repräsentativen Orte ausgewählt, wie für die Anlieferung per LKW. Die sich ergebenden Transportzeiten von den Ablieferern zum Endlager Konrad sind in Tabelle 8.3.2 wiedergegeben. Die Rangierzeiten auf dem Übergabebahnhof Beddingen bzw. vom Absenden zum nächsten Rangierbahnhof sind in diesen Zeiten enthalten.

Ablieferer	Biblis	Brunsbüttel	Grohnde	Lingen	Karlsruhe	Ohu (Landshut)
Transportzeiten (h)	44	43	29	39	27	41

**Tabelle 8.3.2: Transportzeiten zum Endlager Konrad (Bahn)**

Der Transport zum Endlager ist in der Regel in weniger als 2 Tagen zu bewältigen.

## 8.4 Tauschpalette / Transportpalette

Die Anlieferung zylindrischer Abfallgebinde zum Endlager erfolgt mit Tauschpaletten / Transportpaletten. Aufgrund der geringen geplanten Lagerkapazität für Paletten im Endlager erhalten die Anlieferer in der Regel eine gleiche Anzahl versandfertiger Paletten zurück, wie sie anliefern. Diese Paletten stammen aus einem vorherigen Einlagerungsvorgang und sind vom Strahlenschutz freigegeben. Es sind jedoch auch andere Varianten, z. B. Direktzustellung von Paletten vom Endlager, möglich.

## 8.5 Verhalten bei Störungen

Grundsätzlich sind zu unterscheiden:

- Störungen in der Anlieferung,
- Störungen im Endlager.

### Störungen in der Anlieferung

Störungen während der Anlieferung liegen im Verantwortungsbereich des Ablieferungspflichtigen oder des Transporteurs. Hat eine Störung in der Anlieferung zur Folge, daß die Abfallgebinde an dem vorgesehenen Tag nicht eingelagert werden können, so werden die Anlieferfahrzeuge bei ihrem Eintreffen nach Möglichkeit in Empfang genommen, entladen und freigemessen. Ist dies nicht möglich, verbleibt das Fahrzeug auf dem Betriebsgelände.

### Störungen im Endlager

Bei Störungen im Endlager, die eine Verringerung der Einlagerungskapazität zur Folge haben, werden die betroffenen Ablieferer baldmöglichst informiert, falls es notwendig ist, den Antransport weiterer Gebinde zu reduzieren oder zu unterbinden.

Die Pufferhalle hat bei Störungen im Einlagerungsvorgang, z. B. bei Ausfall von Komponenten des Einlagerungsvorgangs, die Aufgabe, Gebinde aufzunehmen, die auf dem Weg zum Endlager sind. Da die maximale Transportzeit nach Konrad ca. 2 Tage beträgt, wird in der Pufferhalle eine Mindestkapazität von 3 Tageskampagnen freigehalten.



## **Kapitel**

### **9. Dokumentation der Abfalldaten**

#### **Unterkapitel**

- 9.1 Datenführung und Datenübermittlung
  - 9.1.1 Datenführung
  - 9.1.2 Datenübermittlung
- 9.2 Datensicherung
  - 9.2.1 Datensicherung bei Übersendung von Datenträgern
  - 9.2.2 Datensicherung bei Datenfernübertragung
  - 9.2.3 Datensicherung der gespeicherten Daten
- 9.3 Schlußbemerkung

## 9. Dokumentation der Abfalldaten

Um die notwendigen Informationen über die endzulagernden bzw. endgelagerten Abfallgebinde jederzeit zur Verfügung zu haben, müssen die endlagerrelevanten Daten der Abfallgebinde gespeichert, verarbeitet und ggf. archiviert werden. Das nachfolgend beschriebene Dokumentationssystem für radioaktive Abfälle erfüllt diese Aufgabe und unterstützt DBE, BfS und ggf. die beauftragten Sachverständigen bei der Erfüllung betrieblicher Aufgaben und genehmigungsmäßiger Anforderungen. Für die Endlagerung relevante Daten können bei den Verursachern, Ablieferungspflichtigen, Konditionierern und Transporteuren radioaktiver Abfälle, bei unabhängigen Sachverständigen / Institutionen oder am Endlager selbst anfallen. Sie können untergliedert werden in

- die für den Abruf und die Einlagerung von Abfallgebinden benötigten Daten,
- die zum Nachweis der Einhaltung der Endlagerungsbedingungen notwendigen Daten und
- die für zusätzliche statistische Auswertungen oder Planungszwecke benötigten Daten.

Durch Erfassung, Bereitstellung, Vergleich, Berechnung, Speicherung und Auswertung von Abfalldaten werden insbesondere die folgenden Zielsetzungen erfüllt:

- Prüfung der Begleitpapiere radioaktiver Abfallgebinde auf Einhaltung der Endlagerungsbedingungen vor deren Abruf,
- Unterstützung beim Abruf und bei der Einlagerung von Abfallgebinden,
- Erfassung der Ergebnisse der Eingangskontrolle,
- nuklidspezifische Bilanzierung der in einem Betriebsjahr oder insgesamt eingelagerten Aktivität zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen des bestimmungsgemäßen Betriebes oder der Festlegungen im Planfeststellungsbeschluß,
- abschnittsweise Bilanzierung der nuklidspezifischen Aktivität von Abfallgebinden, bei denen aufgrund der Wärmebelastung des Wirtsgesteins bzw. Kritikalitätssicherheit nur gemischte Einlagerung zulässig ist,
- Unterstützung der Sachverständigen durch Bereitstellung und Auswertung von Abfalldaten,
- Dokumentation der Daten der eingelagerten Abfallgebinde,
- Erstellung von Statistiken und Hochrechnungen, beispielsweise für die Endlagerplanung.

Die vom Dokumentationssystem erfaßten Abfalldaten werden in /1/, Anhang IV bis VI, durch das Datenblatt zur Abfallvoranmeldung, das Abfalldatenblatt und durch den Lieferschein spezifiziert. Die Erfassung, Speicherung und Verarbeitung dieser Daten wird - soweit möglich - durch elektronische Datenverarbeitungsanlagen unterstützt. Nachfolgend wird daher erläutert, wie diese Daten entsprechend dem heutigen Stand der Technik gegen Mißbrauch oder Datenverlust geschützt werden. Eine Anpassung an den Stand der Technik ist vorgesehen.

### 9.1 Datenführung und Datenübermittlung

#### 9.1.1 Datenführung

Die Abfalldaten werden parallel bei DBE und BfS elektronisch gespeichert und verarbeitet. Sie sind somit zweifach vorhanden, räumlich und örtlich voneinander getrennt. Darüber hinaus werden die Begleitpapiere (Abfalldatenblätter, Lieferscheine) zusätzlich archiviert.

## 9.1.2 Datenübermittlung

Die Datenübermittlung vom Ablieferer zum Endlager erfolgt durch Übersendung von Datenträgern oder durch Datenfernübertragung.

- Übersendung von Datenträgern (Offline-Betrieb)  
Infrage kommen insbesondere der Austausch der Datenträger
  - Papier für Ablieferer ohne EDV,
  - Diskette für Ablieferer mit PC,
- Datenfernübertragung (Online-Betrieb)  
Infrage kommen insbesondere Verbindungen über
  - Standleitungen,
  - DATEX-P-Netz der Deutschen Bundespost.

Die Datenübermittlung zwischen Endlager, BfS und den beauftragten Sachverständigen erfolgt ebenfalls durch Übersendung von Datenträgern oder durch Datenfernübertragung.

## 9.2 Datensicherung

### 9.2.1 Datensicherung bei Übersendung von Datenträgern

Die Übersendung der Datenträger erfolgt per Post oder mit Kurieren. Durch Überprüfung dieser Daten und Vergleich mit den Daten der parallel übersandten Abfalldatenblätter (Anhang V der Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle /1/) wird von der Endlagerbetriebsgesellschaft sichergestellt, daß beim Datentransport keine Datenverluste oder Datenverfälschungen auftreten. Die endgültige Kontrolle erfolgt bei der Annahme der Gebinde anhand der Begleitpapiere.

### 9.2.2 Datensicherung bei Datenfernübertragung

Die Begleitpapiere der zur Endlagerung angelieferten Abfallgebände werden mit den mittels Datenfernübertragung übermittelten Abfalldaten verglichen. Damit stellt die Endlagerbetriebsgesellschaft die Fehlerfreiheit bei der Datenfernübertragung sicher. Zusätzlich kontrolliert das BfS die Fehlerfreiheit der Abfalldaten durch Vergleich der archivierten und der gespeicherten Daten.

### 9.2.3 Datensicherung der gespeicherten Daten

#### 9.2.3.1 Berechtigung für Zugriff und Änderung von gespeicherten Daten

Im Falle einer Datenfernübertragung wird die Zugriffsberechtigung durch Prüfung der Teilnehmerkennung des anrufenden Verbindungspartners bzw. durch Angabe von Paßworten sichergestellt.

Das Datenbanksystem ist so gestaltet, daß die Daten nur von den jeweils autorisierten Anwendern gelesen und geschrieben werden können. Das BfS und die Endlagerbetriebsgesellschaft sind berechtigt, Datenänderungen vorzunehmen. Ablieferer können ihre Daten nur mittelbar über die vorgenannten Institutionen lesen und ändern lassen. Der Zugang zur Datenbank erfolgt über Paßworte bzw. über ein Schlüsselsystem.

#### 9.2.3.2 Sicherung gegen Löschung und Verfälschung der übermittelten Daten

Der Datenfluß zwischen Ablieferer und Endlager findet stets in Richtung zum Endlager statt, der Verbindungsaufbau der Telefonverbindung ebenfalls. Deshalb wird eine externe Löschung oder Verfälschung von Daten, die in der Datenbank des Endlagers gespeichert sind, ausgeschlossen.

Zusätzlich erfolgt die Sicherung gegen Datenverlust oder Datenveränderung in den Speichermedien durch mehrfach redundante Ablage der Informationen und durch regelmäßigen Vergleich miteinander.

Durch die parallele, örtlich getrennte Führung des Datensatzes beim Endlager und beim BfS und durch zusätzliche Archivierung der Begleitpapiere (Abfalldatenblätter, Lieferscheine) ist eine weitere Sicherung der Abfalldaten gegeben.

### **9.2.3.3 Längerfristige Datensicherung**

Die archivierten Daten der eingelagerten Abfälle (Daten des Abfalldatenblattes) sind gegen Überschreiben und Löschen geschützt. Alle übrigen Daten bleiben entsprechend den Anforderungen über einen längeren Zeitraum (ca. 2 Jahre) gespeichert und werden anschließend gelöscht.

## **9.3 Schlußbemerkung**

Die beschriebenen Maßnahmen gewährleisten die ordnungsgemäße Dokumentation der Daten endgelagerter radioaktiver Abfälle. Das BfS behält sich Änderungen bei der Datenübermittlung und Datensicherung entsprechend dem jeweiligen Stand der Technik vor.



**Kapitel****10. Literatur**

- /1/ Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Oktober 2010) - Endlager Konrad - , Bundesamt für Strahlenschutz, interner Bericht SE-IB-29/08-REV-1, Oktober 2010
- /2/ DIN ISO 1161, ISO-Container der Reihe 1: Eckbeschläge Anforderungen, Juli 1981
- /3/ DIN ISO 1496 Teil 1, ISO-Container: Spezifikation und Prüfung Stückgut-Container, März 1993
- /4/ Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz - SprengG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. April 1986, zuletzt geändert durch Art. 41 fünfte ZuständigkeitsanpassungsVO vom 26.2.1993 ( BGBl. I S. 278)
- /5/ Grundlagen der Ableitung von Aktivitätsbegrenzungen für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Schachanlage Konrad, BfS-Dok.-Nr. LBA/RB/0002, EU262
- /6/ Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 1987, zuletzt geändert durch die Bekanntmachung der Neufassung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz vom 31. Januar 1991 (BGBl. I S. 170)
- /7/ DIN 55350 Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik, Teil 12: Merkmalsbezogene Begriffe, März 1989 und Teil 13: Begriffe zur Genauigkeit von Ermittlungsverfahren und Ermittlungsergebnissen, Juli 1987
- /8/ DIN 1319 Teil 3, Begriffe für die Meßunsicherheit und für die Beurteilung von Meßgeräten und Meßeinrichtungen, August 1983
- /9/ Graf, U.; Stange, K.; Henning, H.-J.: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik, Springer Verlag, 1966
- /10/ Bundes-Immissionsschutzgesetz (BIMSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14.5.1990, zuletzt geändert durch Art. 4 des 31. Strafrechts-ÄndG. Zweites Gesetz zur Bekämpfung der Umweltkriminalität vom 27.6.1994 (BGBl I S.1440)
- /11/ Bilanzierungsvorschrift, BfS-Dok.-Nr.MAO/RB/0001, EU 478
- /12/ Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts und Abfallgesetz - KrW - / AbfG) vom 27.09.1994, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1994, Teil I, S. 2705 - 2728
- /13/ DIN 50 049 Metallische Erzeugnisse: Arten von Prüfbescheinigungen, April 1992 (Deutsche Fassung EN 10204, August 1991)
- /14/ DIN 18800 Teil 1 Stahlbauten: Bemessung und Konstruktion, November 1990
- /15/ DIN 18800 Teil 7 Stahlbauten: Herstellen, Eignungsnachweise zum Schweißen, Mai 1993
- /16/ DIN 1045 Beton und Stahlbeton: Bemessung und Ausführung, Juli 1988
- /17/ DIN 1693 Teil 2, Blatt 1 Gußeisen mit Kugelgraphit, unlegiert und niedriglegiert: Eigenschaften im angegossenen Probestück, Oktober 1977
- /18/ Droste, B.; Wieser, G.; Probst, U.: Thermal Test Requirements and their Verification by Different Test Methods, Proc. PATRAM `92, Volume 3, pp. 1435-1442

- /19/ Ableitung eines abdeckenden Reduktionsfaktors für Aktivitätsgrenzwerte aus der Störfallanalyse zur pauschalen Berücksichtigung modifizierter Störfallberechnungsgrundlagen, BfS-Dok.-Nr. EBL/RB/0009, EU 493
- /20/ Anforderungen an die zulässige Massenkonzentration und zulässige Massen an spaltbaren Stoffen in Abfallgebinden für das geplante Endlager Konrad, BfS-Dok.-Nr. EBK/RB/008, EU 426
- /21/ Richtlinie zur Kontrolle radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die nicht an eine Landessammelstelle abgeliefert werden in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. Januar 1989, zuletzt ergänzt am 26. Juni 1989
- /22/ DIN ISO 668, ISO-Container der Reihe 1, Klassifikation Außenmaße Gewichte, Juli 1981
- /23/ Technische Regeln Druckgase, VdTÜV, Verlag Carl Heymanns
- /24/ DIN 25403 Teil 1 Kritikalitätssicherheit bei der Verarbeitung und Handhabung von Kernbrennstoffen, Grundsätze, Dezember 1991
- /25/ DIN 25475 Maßnahmen administrativer Art zur Einhaltung der Kritikalitätssicherheit in kerntechnischen Anlagen ausgenommen Reaktoren, Juli 1996
- /26/ Niedersächsisches Umweltministerium, Planfeststellungsbeschluß für die Errichtung und den Betrieb des Berwerkes Konrad in Salzgitter als Anlage zur Endlagerung fester und verfestigter radioaktiver Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung vom 22. Mai 2002
- /27/ Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, stoffliche Aspekte – Endlager Konrad - , Bundesamt für Strahlenschutz, interner Bericht SE-IB-31/08-REV-1, Oktober 2010
- /28/ B.-R. Martens (Hrsg.), „Produktkontrolle radioaktiver Abfälle, - Schachtanlage Konrad-, Stand: Dezember 1995, ET-IB-45-REV-3“