

# Ressortforschungsberichte zur kerntechnischen Sicherheit und zum Strahlenschutz

**Durchführung eines Ringversuches zu Freigabemessungen mit  
einem Gebinde bekannter Aktivität  
– Vorhaben 3607S04563**

**Auftragnehmer:**

**\* Brenk Systemplanung GmbH, Aachen**

**\*\* ISE GmbH, Rödermark**

**Stefan Thierfeld \***

**Jörg Kirchhoff \*\***

**Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt.**

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen der Ressortforschung des BMU (UFOPLAN) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

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

**BfS-RESFOR-08/09**

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
**urn:nbn:de:0221-2009011284**

Salzgitter, April 2009

**Durchführung eines  
Ringversuchs zu Freigabe-  
messungen mit einem  
Gebinde bekannter Aktivität  
Endbericht: Teilnehmerkreis,  
Durchführungskonzept**

BS-Projekt-Nr. 0703-08

Vorhaben StSch. 3607S04563

erstellt im Auftrag des  
Bundesamtes für Strahlenschutz  
Ingolstädter Landstr. 1, 85764 Neuherberg

durch die  
Brenk Systemplanung GmbH (BS)  
Heider-Hof-Weg 23, 52080 Aachen  
und  
ISE GmbH  
Carl-Zeiss-Str. 41, 63322 Rödermark

Aachen, den 18. Juli 2008

Dieser Bericht wurde von folgenden Bearbeitern erstellt:

- Dr. Stefan Thierfeldt, Brenk Systemplanung GmbH
- Dipl.-Ing. (BA) Jörg Kirchhoff, ISE GmbH

Es wird versichert, dass dieser Bericht nach bestem Wissen und Gewissen, unparteiisch und ohne Ergebnisweisung angefertigt worden ist.

Wissenschaftlich-technische Prüfung	Freigabe
Unterschrift Projektleiter	Unterschrift Geschäftsleitung

**Inhaltsverzeichnis:**

Seite:

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Aufgabenstellung .....</b>	<b>2</b>
2.1	Bedeutung eines Ringversuchs für Freigabemessungen .....	2
2.2	Beispiel für unterschiedliche Messergebnisse bei Anwendung verschiedener Messverfahren für dasselbe Messgut .....	3
2.3	Durch den Ringversuch zu beantwortende Fragestellung.....	6
2.3.1	Vergleich verschiedener Messverfahren, grundsätzliche Fragestellung .....	6
2.3.2	Vergleich verschiedener Geräte desselben Messverfahrens .....	7
2.3.3	Fazit .....	8
<b>3.</b>	<b>Grobkonzept.....</b>	<b>9</b>
3.1	AP1: Ermittlung des Teilnehmerkreises an einem Ringversuch.....	9
3.1.1	AP1.1: Erarbeitung eines Grobkonzepts zum Ringversuch .....	9
3.1.2	AP1.2: Ermittlung des potentiellen Teilnehmerkreises.....	9
3.1.3	AP1.3: Abstimmung unter den potentiellen Teilnehmern .....	10
3.1.4	AP1.4: Dokumentation und Abstimmung der Ergebnisse mit dem BfS .....	10
3.2	AP2: Entwicklung eines Konzepts zur Durchführung des Ringversuchs .....	11
3.2.1	AP2.1: Gestaltung des Gebindes und Anforderungen für den Ringversuch .....	11
3.2.2	AP2.2: Logistik und praktische Durchführung des Ringversuchs .....	13
3.3	AP3: Erstellung von Zwischen- und Abschlussberichten .....	15
<b>4.</b>	<b>Teilnehmerkreis .....</b>	<b>15</b>
<b>5.</b>	<b>Befragung des potentiellen Teilnehmerkreises zur Teilnahme und zur Durchführung des Ringversuchs .....</b>	<b>17</b>
5.1	Wiedergabe des ersten Fragebogens .....	17
5.2	Ergebnisse der Befragung zum Ringversuch .....	19
5.2.1	zu Frage 1: Interesse an der Teilnahme an einem Ringversuch zu Freigabemessungen.....	20
5.2.2	zu Frage 2: Auswahl der Messgeräte für den Ringversuch.....	20
5.2.3	zu Frage 3: Auswahl der Gebinde für den Ringversuch .....	20
5.2.4	zu Frage 4: Anforderungen an das Messgut.....	20
5.2.5	zu Frage 5: Möglichkeit der Vereinzelung bzgl. Oberflächenmessungen .....	20
5.2.6	zu Frage 6: Anforderungen an die Aktivitätsverteilung im Gebinde .....	21
5.2.7	zu Frage 7: Qualitative oder quantitative Ausführung der Messung.....	21
5.2.8	zu Frage 8: Ausschöpfung des Freigabewerts durch das zu messende Gebinde.....	21
5.2.9	zu Frage 9: Bevorzugte Variante für das Gebinde .....	21
5.2.10	zu Frage 10: Weitere Anforderungen.....	21
5.3	Diskussion und Ausblick .....	22
5.3.1	Auswahl der Messtechnik für die Freimessung sowie qualitative / quantitative Ausführung der Messungen .....	22
5.3.2	Festlegung des Behälters für das zu messende Gebinde .....	22
5.3.3	Auswahl der einzubeziehenden Stoffe und Möglichkeit der Vereinzelung des Messguts .....	23
5.3.4	Erforderliche Variabilität der zu messenden Gebinde und Aktivitätsverteilung.....	23
5.3.5	Sonstige Anforderungen bzw. Wünsche.....	23
<b>6.</b>	<b>Konzept zur Durchführung des Ringversuchs.....</b>	<b>24</b>
6.1	Wiedergabe des zweiten Fragebogens .....	24

6.2	Ergebnisse des zweiten Fragebogens.....	25
6.2.1	Zu Frage 1: zu messende Gebinde.....	25
6.2.2	Zu Frage 2: Daten der Gebinde.....	25
6.2.3	Zu Frage 3: Wertebereich der Aktivität.....	27
6.2.4	Zu Frage 4: Homogenität der Aktivität im Gebinde.....	27
6.2.5	Besonderheiten bzgl. inhomogener Aktivitätsverteilung.....	27
6.3	Gestaltung der Messgebände.....	27
6.4	Vorbereitung und Logistik des Ringversuchs.....	29
6.4.1	Übersicht.....	29
6.4.2	Anfertigung der Messgebände.....	29
6.4.3	Auswahl von Prüfstrahlern.....	31
6.4.4	Transport der Gebände.....	32
6.4.5	Planung eines Ringversuchs.....	33
6.4.6	Mitteilung der notwendigen Daten an die Teilnehmer.....	34
6.4.7	Bestückung der Gebände mit Prüfstrahlern vor Ort.....	34
6.4.8	Durchführung und Auswertung der Messungen.....	34
6.4.9	Auswertung der Ergebnisse.....	35
6.5	Einbeziehung von Behörden und Sachverständigen.....	37
7.	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>38</b>

### **Abbildungsverzeichnis:**

Seite:

Abbildung 3.1:	Prinzipskizze eines für Ringversuche mit Freimessanlagen universell einsetzbaren Gebindes am Beispiel einer Gitterbox (Erläuterung im Text).....	13
Abbildung 6.1:	Prinzipskizze für die beiden mit Bauschutt gefüllten Messgebände.....	30
Abbildung 6.2:	Positionierung der Prüfstrahler im Leerrohr (um 90° gedreht).....	30

### **Tabellenverzeichnis:**

Seite:

Tabelle 2.1:	Übersicht der für den Vergleich relevanten Eigenschaften der im Beispiel betrachteten Messverfahren.....	5
Tabelle 4.1:	Übersicht über potentielle Teilnehmer am Ringversuch zu Freigabemessungen in Deutschland, die über Freimessanlagen verfügen.....	15
Tabelle 4.2:	Hersteller bzw. Lieferanten von Freimessanlagen.....	17
Tabelle 6.1:	Daten zum 200 l-Fass.....	26
Tabelle 6.2:	Daten zur Gitterbox.....	26
Tabelle 6.3:	Daten zur PE-Box und zur Boxpalette.....	27

## **1. EINLEITUNG**

Im August 2007 sind die Firmen

- Brenk Systemplanung GmbH, Aachen, und
- ISE GmbH, Rödermark,

vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) mit der Durchführung des Vorhabens StSch 4563 mit dem Titel „Durchführung eines Ringversuchs zu Freigabemessungen mit einem Gebinde bekannter Aktivität“ beauftragt worden. Dieses Vorhaben befasst sich mit der Fragestellung, ob zur Sicherstellung eines hohen Qualitätsstandards bei Entscheidungsmessungen im Rahmen von Freigabeverfahren nach § 29 StrlSchV die Durchführung von Ringversuchen, wie sie bei Radioaktivitätsmessungen im Labor üblich sind, sinnvoll ist und wie solche Ringversuche ggf. angelegt sein könnten. Zu diesem Zweck gliedert sich das Vorhaben in die beiden Arbeitspunkte:

- AP1: Ermittlung des Teilnehmerkreises an einem Ringversuch und
- AP2: Entwicklung eines Konzepts zur Durchführung des Ringversuchs.
- sowie AP3 bzgl. der Anfertigung von Zwischen- und Endberichten.

Der vorliegende Endbericht gliedert sich wie folgt:

- Zunächst diskutiert Abschnitt 2 die Aufgabenstellung im Hinblick auf die zu vergleichenden Messverfahren bzw. -geräte.
- Daran anschließend wird in Abschnitt 3 ein Überblick über das Gesamtvorhaben gegeben.
- Abschnitt 4 stellt den potentiellen Teilnehmerkreis vor.
- Abschnitt 5 geht auf die Arbeiten zu AP1 ein, indem zunächst der Fragebogen zur Datenerhebung bzgl. des geplanten Ringversuchs (Abschnitt 5.1) und hieran anschließend dessen Auswertung (Abschnitt 5.2) wiedergegeben werden, gefolgt von einem sich hieraus ergebenden Ausblick bzgl. AP2 (Abschnitt 5.3).
- Die Arbeiten zu AP2 werden in Abschnitt 6 beschrieben. Hierbei wird zunächst der zweite Fragebogen (Abschnitt 6.1), mit dem spezielle Fragen der Durchführung des Ringversuchs geklärt wurden, samt Auswertung (Abschnitt 6.2) dargestellt. Hieran schließt sich die Diskussion zur Gestaltung der zu messenden Gebinde (Abschnitt 6.3) sowie von Fragen der Logistik (Abschnitt 6.4) an. Die Möglichkeiten der Einbeziehung von Behörden und Gutachtern wird in Abschnitt 6.5 angesprochen.
- In Abschnitt 7 erfolgt eine kurze Zusammenfassung der Vorgehensweise und der Ergebnisse.

## **2. AUFGABENSTELLUNG**

### **2.1 Bedeutung eines Ringversuchs für Freigabemessungen**

Im Hinblick auf die Freigabe schwach radioaktiver Stoffe nach § 29 StrlSchV ist die Qualitätssicherung der für den Nachweis der Einhaltung der Freigabewerte verwendeten Messverfahren bedeutsam. Dies wird z. B. auch durch die Tatsache unterstrichen, dass insbesondere bei größeren Rückbauprojekten kerntechnischer Anlagen, für die die Freigabe den mengenmäßig wichtigsten Entsorgungsweg darstellt, umfangreiche Überprüfungsmessungen durch die von den zuständigen Behörden bestellten Gutachter durchgeführt werden.

Die für die Messungen verwendeten Messverfahren können vom Betreiber aus den am Markt verfügbaren Angeboten entsprechend den Anforderungen des jeweiligen Freigabeverfahrens (Materialarten, Nuklidvektoren, Massendurchsatz usw.) gewählt werden. Üblicherweise wird hierbei gefordert, dass diese Messverfahren den Anforderungen nach DIN 25457 oder vergleichbaren Ansprüchen genügen. Die folgenden Messverfahren werden gegenwärtig in verschiedenen kerntechnischer Anlagen in Deutschland, vorwiegend in Rückbauprojekten, zur Freigabe genutzt:

- Freigabe von Metallen sowie von sonstigen Stoffen: Beta- oder Alpha-Oberflächenaktivitätsmessung (Oberflächenkontaminationsmonitore), Gesamt-Gamma-Aktivitätsmessungen (Freimessanlagen), Aktivitätsmessungen über Gammaskopimetrie (Probenentnahme und Auswertungen), Gammaskopimetrie an Gebinden (Fassscanner)
- Freigabe von Bauschutt: Gesamt-Gamma-Aktivitätsmessungen (Freimessanlagen), Gammaskopimetrie an Gebinden (Fassscanner), Nuklidspezifische Untersuchungen an Proben
- Freigabe von Gebäuden: Direkte Beta-Oberflächenaktivitätsmessung (Oberflächenkontaminationsmonitore), Probenentnahme mit nuklidspezifischer Auswertung, kollimierte und unkollimierte In-situ-Gammaskopimetrie
- Freigabe von Anlagenflächen des Standorts: In-situ-Gammaskopimetrie, Oberflächenaktivitätsmessung mit Großflächenzähler für  $\beta$ -Aktivität, Probenentnahme in Rastern, Materialabtrag mit Probenentnahme zur Entscheidungsmessung bei offenen Bodenflächen

Aus der jeweiligen Bandbreite der Messverfahren für eine bestimmte Messgutart wird bereits deutlich, dass sich verschiedene Freigabeverfahren hinsichtlich der ermittelten Aktivitäten in den freizumessenden Stoffen unterscheiden können. Da die jeweils für ein bestimmtes Messgut anwendbaren Messverfahren auf der Messung unterschiedlicher Radionuklide beruhen und die Aktivitäten der nicht zum Messeffekt beitragenden Radionuklide über den Nuklidvektor beziehungsweise über Hochrechnungsfaktoren aus der Messung der Schlüsselnuklide erschließen, können sich die absoluten Ergebnisse der verschiedenen Messverfahren bzgl. der Ermittlung der nuklidspezifischen Einzelaktivitäten für ein und dasselbe Messgut durchaus unterscheiden, wodurch sich auch unterschiedliche Werte der Ausschöpfung der Summenformel nach Anl. IV Teil A Nr. 1 Buchst. e StrlSchV ergeben können. Dieses wird an einem Beispiel in Abschnitt 2.2 verdeutlicht.

Es kommen jedoch noch andere Faktoren hinzu, die unterschiedliche Ergebnisse verschiedener Messverfahren für ein und dasselbe Messgut bewirken, wie zum Beispiel unterschiedliche Kalibrierung (Annahmen über die räumliche Verteilung der Aktivität im Messgut, Beiträge der Radionuklide zum Messeffekt) oder Mittelung über unterschiedliche Flächen- bzw. Massenbereiche. Ferner

unterscheiden sich auch gleichartige Geräte verschiedener Hersteller voneinander, beispielsweise Freimessanlagen im Hinblick auf die geometrische Anordnung und die Typen der Detektoren, die Auswertesoftware usw.

Es ist daher wünschenswert, die Ergebnisse verschiedener Messgeräte bzw. Messverfahren für ein und dasselbe Messgut nach standardisierten Kriterien zu vergleichen, um sicher zu sein, dass Stoffe, für die der Nachweis der Einhaltung der Freigabewerte durchgeführt werden soll, mittels anderer anwendbarer Messgeräte bzw. Messverfahren in gleicher Weise beurteilt werden. Die hierbei zu beantwortende Fragestellung wird in Abschnitt 2.3 ausgeführt. Eine standardisierte Vorgehensweise zum Vergleich verschiedener Messergebnisse würde in dieser Hinsicht zur Qualitätssicherung der Freigabeverfahren beitragen. Dieses Ziel ist der Ausgangspunkt für die hier durchgeführten Überlegungen zu einem Ringversuch bei Messverfahren für Entscheidungsmessungen im Rahmen von Freigabeverfahren nach § 29 StrlSchV. Das Konzept zur Durchführung eines solchen Ringversuchs wird in Abschnitt 3 entwickelt. Der mögliche Teilnehmerkreis für einen solchen Ringversuch wird in Abschnitt 4 skizziert.

## **2.2 Beispiel für unterschiedliche Messergebnisse bei Anwendung verschiedener Messverfahren für dasselbe Messgut**

Das folgende Beispiel verdeutlicht, dass drei unterschiedliche Messverfahren, die alle für Entscheidungsmessungen im Rahmen von Freigabeverfahren in vollem Umfang geeignet sind, in Abhängigkeit von den Randbedingungen für dasselbe Messgut unterschiedliche Ergebnisse liefern können. Der Ausgangspunkt wird wie folgt charakterisiert:

- Die Aufgabenstellung besteht darin, Metallschrott mit reiner Oberflächenkontamination (d. h. ohne volumengetragene Aktivität etwa durch Aktivierung), der sich in einem Abfallfass (z. B. 200 l-Fass) befindet, bzgl. der Einhaltung von Freigabewerten nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV zu bewerten.
- Verglichen werden die drei Messverfahren Gesamt-Gamma-Messung (Freimessanlage, FMA) am feststehenden Gebinde, gammaspektrometrische Messung (kollimierte In-situ-Gammaspektrometrie, Fassscanner) am rotierenden Gebinde und Messung mit Oberflächenkontaminationsmonitor (KM) an den einzelnen Schrottstücken.
- Der Nuklidvektor besteht aus Co 60, Cs 137, Sr 90 und Am 241 in den folgenden Aktivitätsanteilen: (50 %, 35 %, 10 %, 5 %). Dies stellt einen Nuklidvektor dar, der z. B. für ein in Stilllegung befindliches Kernkraftwerk mit Brennelementschäden während der Betriebsphase nicht untypisch wäre<sup>1</sup>.
- Der Nuklidvektor wurde zuvor durch eine ausreichende Anzahl von Messungen mit gammaspektrometrischer Auswertung und teilweiser Sondernuklidanalyse sowie unter Berücksichtigung sonstiger Randbedingungen für das anlagentechnische System, aus dem der betreffende Metallschrott stammt, festgelegt.

---

<sup>1</sup>) In realen Nuklidvektoren wären neben Am 241 auch andere alphastrahlende Radionuklide vorhanden, was hier vereinfachend nicht berücksichtigt wird. Da Am 241 im Alpha-Anteil in Reaktoren den größten Aktivitätsanteil aufweist, können andere, im vollständigen Nuklidgemisch ggf. vorhandene alphastrahlende Radionuklide daneben auch über die „10 %-Regel“ nach Anl. IV Teil A Nr. 1 Buchst. e StrlSchV aus dem Nuklidvektor entfallen sein.

Die Durchführung der Messungen erfolgt gemäß folgender Vorgehensweise:

- Gesamt-Gamma-Messung (FMA): Das Gebinde wird in die Messkammer gebracht. Die Messung erfolgt in  $4\pi$ -Geometrie durch Plastikszintillationsdetektoren und/oder Großflächen-Proportionalzähler, die das Gebinde allseits umgeben und die vom Gebinde emittierten Photonen registrieren.
- Kollimierte In-situ-Gammaspektrometrie (Fassscanner): Das Gebinde wird auf einen rotierenden Teller gesetzt. Die Messung erfolgt durch ein feststehendes Gammaspektrometer, welches vor dem Drehteller in der Mitte der Fasshöhe angeordnet ist. Das Spektrometer führt die Messung während mehrerer Umdrehungen des Fasses aus.
- Messung mit Oberflächenkontaminationsmonitor (KM): Die einzelnen Schrottstücke werden aus dem Fass entnommen und an einem hierfür vorgesehenen Messplatz vom Messpersonal einzeln ausgemessen. Hierzu werden die Oberflächen der Stücke mit Oberflächenkontaminationsmonitoren in einem festgelegten Abstand überstrichen.

Zur Berechnung der Aktivität aus den Messeffekten gilt Folgendes bzgl. der einzelnen Messverfahren:

- Gesamt-Gamma-Messung (FMA): Zum Messeffekt tragen integral die Gamma-Quanten aus dem gesamten Gebinde bei. Bei der Messung wird nicht nach Energien unterschieden. Die Zuordnung zu den gammastrahlenden Nukliden des o. g. Nuklidvektors, Co 60 und Cs 137, muss über den Schlüssel der Aktivitätsanteile des Nuklidvektors erfolgen. Am 241, das schwache Gammalinien besitzt, trägt nahezu nicht zum Messeffekt bei. Die Aktivitäten von Am 241 und Sr 90 werden über die Aktivitätsanteile aus dem Nuklidvektor berechnet.
- Kollimierte In-situ-Gammaspektrometrie (Fassscanner): Die Aktivitäten der beiden gammastrahlenden Nuklide des o. g. Nuklidvektors, Co 60 und Cs 137, werden direkt bestimmt, die Anwendung der Kenntnis von deren Anteilen (50 %, 35 %) im Nuklidvektor ist nicht notwendig. Die Aktivitäten von Am 241 und Sr 90 können nicht direkt gemessen werden, da die schwachen Gammalinien von Am 241 nicht für eine quantitative Auswertung herangezogen werden können und da Sr 90 / Y 90 keine Gammalinien besitzt. Die Aktivitäten von Am 241 und Sr 90 werden über die Aktivitätsanteile aus dem Nuklidvektor berechnet.
- Messung mit Oberflächenkontaminationsmonitor (KM): Die Aktivitäten der Betastrahlung ausstrahlenden Radionuklide tragen zum Messeffekt in unterschiedlichem Maße bei. Bei der Messung findet keine Energieauflösung statt, sondern es werden alle registrierten Beta-Teilchen gleichartig gezählt. Das Oberflächenansprechvermögen ist für die im Nuklidvektor vorhandenen Radionuklide unterschiedlich, je nach Zählgas kann z. B. folgende Wichtung des nuklidbezogenen Oberflächenansprechvermögens  $O$  bestehen:  $O(\text{Sr } 90) > O(\text{Cs } 137) > O(\text{Co } 60)$ . Am 241 trägt als Alpha-Strahler nicht zum Messeffekt im Beta/Gamma-Messmodus bei. Die Zuordnung zu den messbaren betastrahlenden Nukliden des o. g. Nuklidvektors, Co 60, Cs 137 und Sr 90, muss über den Schlüssel der Aktivitätsanteile des Nuklidvektors erfolgen, die Aktivität von Am 241 wird über den Aktivitätsanteil aus dem Nuklidvektor berechnet oder separat mittels Alpha-Messung bestimmt.

Hinsichtlich der Mittelung und Ortsauflösung der Messergebnisse sowie der Möglichkeit der Angabe von massen- bzw. flächenbezogenen Messergebnissen gilt folgendes

- Gesamt-Gamma-Messung (FMA): Die Messplatzrechner werten die Signale aller (bei größeren FMAs in der Regel 24) Detektoren separat aus und ermitteln hieraus rudimentäre Aussagen zu

Inhomogenitäten der Aktivitätsverteilung im Messgut. Zusätzlich wird die Gesamtaktivität des Gebindes ermittelt. Die Mittelung erfolgt über die Gesamtmasse des Messguts. Durch Division der berechneten Gesamtaktivität durch die Masse des Messguts wird die massenbezogene Aktivität angegeben.

- Kollimierte In-situ-Gammaspektrometrie (Fassscanner): Aufgrund des Messverfahrens (rotierendes Gebinde vor einzelndem Spektrometer) findet keine Ortsauflösung der Messung statt, das Messergebnis ist vielmehr eine gute Mittelung über die Aktivität des gesamten Gebindes. Die Mittelung erfolgt somit über die Gesamtmasse des Messguts. Durch Division der berechneten Gesamtaktivität durch die Masse des Messguts wird die massenbezogene Aktivität angegeben.
- Messung mit Oberflächenkontaminationsmonitor (KM): Da bei der Messung alle Oberflächen jedes Einzelteils gemessen werden, bringt dieses Messverfahren eine hohe Ortsauflösung mit sich. Die Mittelung erfolgt – je nach Messvorschrift – mindestens über die Messfläche des Detektors, z. B. 200 bis 300 cm<sup>2</sup>) oder durch Zusammenfassung mehrerer Einzelmessungen z. B. über 1000 cm<sup>2</sup>. Das Messverfahren liefert Aussagen zur flächenbezogenen Aktivität. Eine Umrechnung auf die massenbezogene Aktivität kann unter Kenntnis der gemessenen Fläche sowie der mittleren Dichte und Dicke des Materials erfolgen.

Die Unterschiede aller Verfahren im Hinblick auf die hier relevante Fragestellung der Vergleichbarkeit der Aussagen sind in Tabelle 2.1 zusammengefasst.

Tabelle 2.1: Übersicht der für den Vergleich relevanten Eigenschaften der im Beispiel betrachteten Messverfahren

Eigenschaft	FMA	Fassscanner	KM
direkt gemessene Radionuklide	Co 60, Cs 137 als $\gamma$ -Summenaktivität	Co 60, Cs 137 direkt spektrometrisch	Co 60, Cs 137, Sr 90 als $\beta$ -Summenaktivität
Radionuklide, deren Aktivität berechnet wird	Co 60, Cs 137 Messeffekt Sr 90, Am 241 aus NV	Sr 90, Am 241 aus NV	Co 60, Cs 137, Sr 90 aus Messeff., Am 241 aus NV oder als $\alpha$ -Summenaktivität
Ortsauflösung / Mittelung	Gebinde, Messgutmasse z. B. 300 kg	Gebinde, Messgutmasse z. B. 300 kg	Detektorfläche, z. B. 300 cm <sup>2</sup> , < 1 kg
massenbezogene Aktivität	Division Aktivitäten durch Nettomasse Messgut	Division Aktivitäten durch Nettomasse Messgut	Umrechnung flächenbez. Aktivität m. Dicke, Dichte
wesentliche Konservativitäten	in Kalibrierung der FMA in Aktivitätsanteilen aller Nuklide des Nuklidvektors	in Kalibrierung des Fass- scanners, in Hochrech- nungsfaktoren für nicht messbare Nuklide	in Aktivitätsanteilen aller Nuklide des Nuklidvektors, in Umrechnung flächen- / massenbezog. Aktivität

Das Beispiel zeigt, dass unterschiedliche Messverfahren, die jeweils nach DIN 25457 geeignet sind, unterschiedliche Werte der (massenbezogenen) Aktivitäten für die einzelnen, im Nuklidvektor vorhandenen Radionuklide ermitteln und somit unterschiedliche Werte der Summenformel nach Anl. IV Teil A Nr. 1 Buchst. e StrlSchV ergeben können. Dennoch können diese Messverfahren bei sachgemäßer Anwendung dieselbe Aussage bzgl. der Freigebbarkeit eines Gebindes treffen. Diese Überlegungen müssen bei der korrekten Wahl der durch den Ringversuch zu beantwortenden Fragestellung berücksichtigt werden, worauf im folgenden Abschnitt 2.3 näher eingegangen wird.

## **2.3 Durch den Ringversuch zu beantwortende Fragestellung**

### **2.3.1 Vergleich verschiedener Messverfahren, grundsätzliche Fragestellung**

Ausschlaggebend für die Eignung eines bestimmten Messverfahrens für Freigabemessungen ist in jedem Fall die Frage, ob das betreffende Messverfahren hinreichend zuverlässig in der Lage ist, die (mögliche oder tatsächliche) Überschreitung von Freigabewerten zu erkennen, so dass das betreffende Messgut (z. B. die betreffenden Gitterboxen bei Freimessanlagen, Fässer bei Fassscannern, Einzelteile bei der Anwendung von Oberflächenkontaminationsmonitoren) ausgesondert und ggf. weiter dekontaminiert oder als radioaktiver Abfall entsorgt werden kann. Die absolute Höhe der Ausschöpfung der Summenformel nach Anl. IV Teil A Nr. 1 Buchst. e StrlSchV bzgl. eines bestimmten Satzes von Freigabewerten (z. B. den Werten nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV) spielt hierbei eine geringere Rolle, solange folgende Bedingungen eingehalten werden:

1. Das Messverfahren stellt für Messgut, dessen (wahre) Aktivität die Freigabewerte überschreitet, diese Überschreitung sicher fest. Die Freigabe von nicht freigebbaren Stoffen wird hierdurch zuverlässig verhindert.
2. Das Messverfahren stellt für Messgut, dessen (wahre) Aktivität die Freigabewerte deutlich unterschreitet, diese Unterschreitung sicher fest. Die Freigabe von sicher freigebbaren Stoffen wird hierdurch gewährleistet, ein normaler Materialfluss im Freigabeverfahren wird sichergestellt.
3. Das Messverfahren stellt für Messgut, dessen (wahre) Aktivität nicht weit von den Freigabewerten entfernt ist, diese jedoch unterschreitet, entweder die (mit der Realität übereinstimmende) Freigabbarkeit oder aber (konservativ) eine Überschreitung der Freigabewerte fest. Die Freigabe von gerade noch freigebbaren Stoffen wird hierdurch zwar evtl. verhindert, was eine Konservativität des Freigabeverfahrens darstellt, es wird jedoch sichergestellt, dass der umgekehrte Fall, d. h. die Freigabe von Stoffen, die die Freigabewerte gerade überschreiten, vermieden wird.

Werden verschiedene Messverfahren miteinander verglichen, so muss zunächst sichergestellt sein, dass sie sich hinsichtlich der ersten beiden der hier genannten Bedingungen gleichartig verhalten. Ihre Aussagen bzgl. der dritten Bedingung dürfen voneinander abweichen, ohne dass die jeweilige Tauglichkeit der Verfahren beeinträchtigt wäre. Aufgrund der Verschiedenartigkeit der Messverfahren, auf die im Beispiel in Abschnitt 2.2 eingegangen wurde, ist nicht zu erwarten, dass verschiedene Messverfahren insbesondere für Nuklidgemische zahlenmäßig gut vergleichbare Ergebnisse liefern werden. Vielmehr weisen verschiedene Messverfahren neben den rein verfahrensbedingten Ungleichheiten auch Unterschiede in den Konservativitäten, also in der Überschätzung der tatsächlich vorhandenen Aktivität, auf. Eine hinreichende Vergleichbarkeit der Messergebnisse wäre ggf. für die Bestimmung der Aktivität von Einzelnukliden zu erwarten, sofern diese von allen betrachteten Messverfahren direkt nachweisbar sind, wie Co 60 und Cs 137. Eine solche Messung von Einzelnukliden wäre jedoch für konkrete Freimessaufgaben nicht repräsentativ und könnte nicht als Grundlage für einen Ringversuch dienen. Die Durchführung eines Ringversuchs mittels verschiedener Messverfahren kann somit nicht den Vergleich der gemessenen Aktivitäten, sondern nur die gleichartige Bewertung nicht freigebarerer sowie ohne Schwierigkeit freigebarerer Reststoffgebände zum Gegenstand haben.

### 2.3.2 Vergleich verschiedener Geräte desselben Messverfahrens

Im Unterschied zum Vergleich verschiedener Messverfahren, auf den im vorhergehenden Abschnitt 2.3.1 eingegangen wurde, kann im Fall, dass verschiedene Geräte desselben Messverfahrens miteinander verglichen werden, ein quantitativer Vergleich erfolgen. Werden beispielsweise nur Freimessanlagen untereinander verglichen, so fallen Unterschiede in der Ermittlung des Ergebnisses aufgrund der Verschiedenartigkeit von Messverfahren weg. Die quantitative Auswertung zwischen verschiedenen Geräten unterscheidet sich dann beispielsweise nur noch durch folgende Aspekte:

- Durchführung der Geometriekalibrierung, d. h. verfügbare Kalibrierungsmessungen mit Messgut bekannter Aktivität, das dem für einen Ringversuch verwendeten Messgutdummy hinsichtlich Füllhöhe sowie Materialart und Packungsdichte (Selbstabschirmung) möglichst nahe kommt;
- Anwendung einer rechnerisch bestimmten Kalibrierung für beliebige gammastrahlende Radionuklide (mit Energien oberhalb ca. 200 keV) aus einer einzigen Referenzkalibrierung, die z. B. mit Co 60-Prüfstrahlern durchgeführt wurde (bei Anlagen eines Herstellers „Inc-Faktoren“ genannt);
- Anwendung von Hochrechnungsfaktoren zur Ermittlung der Aktivitäten der nicht zum Messeffekt beitragenden Radionuklide;
- Algorithmus zur Bestimmung der minimal benötigten Messdauer zur Erzielung ausreichender Nachweisgrenzen;
- Algorithmen zur automatischen Ermittlung und zum Abzug des Nulleffekts;
- Anwendung eines Kriteriums zur Bestimmung der Homogenität und Festlegungen zur Zurückweisung eines bestimmten Messgutes, bei dem die Aktivität zu inhomogen verteilt ist.

Für den Fall, dass flächenbezogene Entscheidungsmessungen mit Kontaminationsmonitor untereinander verglichen werden, können Unterschiede u. a. aus folgenden Aspekten resultieren:

- Verwendung von Werten für das Oberflächenansprechvermögen (individuelle Werte für jedes zum Messeffekt beitragende Radionuklid oder nur eines integralen Wertes für alle Nuklide, für die der Detektor ein mindestens so hohes Oberflächenansprechvermögen wie für Co 60 aufweist);
- Abstimmung der Kalibrierung auf Größe, Zählgas und Eintrittsfolie des Detektors;
- Festlegung der Einstellgrößen in Abhängigkeit von Dämpfungskonstante, Überstreichgeschwindigkeit, Nuklidvektor, Abstand zwischen Messgutoberfläche und Detektor;
- Festlegungen zur Ermittlung und zum Abzug der Nulleffektzählrate;
- Festlegungen zur Anwendung von Korrekturfaktoren bei gekrümmten Messgutoberflächen bzw. allgemein bei Verwendung von größeren Abständen zwischen Messgutoberfläche und Detektor.

Allerdings ist auch für den Fall des Vergleichs verschiedener Geräte desselben Messverfahrens bzw. sogar derselben Messgeräte ein quantitativer Vergleich problematisch, wenn die Messgeräte beim Ringversuch in genau der Konfiguration und Einstellung betrieben werden, wie sie auch in der Routineanwendung des Freigabeverfahrens verwendet werden. So werden etwa je nach Betreiber (Bundesland, Aufsichtsbehörde, Gutachter) andere Einstellungen einer Freimessanlage verwendet

(s. obige Aufzählung, insbesondere bzgl. max. Mittelungsmasse, Mittelungsfläche, Nuklidvektor usw.), die bei dem gleichen Messgut zu unterschiedlichen absoluten Aktivitätswerten bzw. unterschiedlichen massen- und flächenbezogenen Aktivitätswerten führen. Daher gilt das Ergebnis der Diskussion in Abschnitt 2.3.1 eingeschränkt auch für den Vergleich verschiedener Geräte desselben Messverfahrens. Bei einem quantitativen Vergleich müssen zumindest alle Unterschiede der Einstellung und alle Randbedingungen der Messung bei der Interpretation des Vergleichs einbezogen werden.

Eine Alternative für die Durchführung eines vollständig quantitativen Vergleichs könnte darin bestehen, dass die Einstellungen und Randbedingungen für den Ringversuch exakt vorgegeben werden und somit von den Routineeinstellungen des normalen Freimessbetriebs abweichen können. Hierfür würde es aber z.T. wesentlicher Eingriffe in den Messaufbau insbesondere bei Freimessanlagen bedürfen (ggf. bis hin zu Änderungen im Messprogramm des den Messablauf steuernden Rechners), so dass fraglich ist, ob die Betreiber der Messanlagen dazu bereit wären. Außerdem würde eine solche Umstellung nur für die Durchführung des Ringversuchs die eigentliche Aussagekraft des Vergleiches erheblich einschränken.

### **2.3.3 Fazit**

Die Diskussion in den Abschnitten 2.3.1 und 2.3.2 zeigt folgendes:

- Sollen im Rahmen eines Ringversuchs verschiedene, für ein bestimmtes Messgut prinzipiell geeignete Messverfahren miteinander verglichen werden, so führen die zwischen diesen Messverfahren bestehenden prinzipiellen Unterschiede bei der Bewertung realistischer Nuklidvektoren dazu, dass ein quantitativer Vergleich der Messergebnisse wenig aussagekräftig wäre, wie in Abschnitt 2.3.1 diskutiert wurde. In einem solchen Fall kann nur die Beantwortung der Frage im Vordergrund stehen, ob alle verglichenen Implementierungen der Freigabemessverfahren übereinstimmend nicht freigebbare Gebinde (also solche, die Freigabewerte überschreiten) als nicht freigebbar zurückweisen. Je nach Ausschöpfung der Freigabewerte (Aktivitätshöhe) im Gebinde wäre dagegen der umgekehrte Fall, dass ein an sich freigebbares Gebinde von einigen Messanlagen als nicht freigebbar zurückgewiesen wird, während andere es korrekt als freigebbar einstufen, konservativ und im Hinblick auf das Schutzziel bei der Freimessung nicht zu beanstanden.
- Sollen im Rahmen eines Ringversuchs gleichartige Messverfahren mit Messgeräten verschiedener oder gleicher Hersteller verglichen werden, so können – mit Einschränkungen - ggf. quantitative Vergleiche der Ergebnisse innerhalb gewisser Bandbreiten erzielt werden. In diesem Fall lassen sich Unterschiede in den ermittelten Werten auf bestimmte Eigenschaften der jeweiligen Implementierung des Messverfahrens entsprechend der Diskussion in Abschnitt 2.3.2 zurückführen. Der Vergleich von Messwerten darf außerdem nur unter Berücksichtigung der Randbedingungen und Einstellung der Messapparaturen erfolgen.

Daher sollte ein Ringversuch auf den direkten Vergleich eines oder zweier gleichartiger Messverfahren beschränkt bleiben. In diesem Zusammenhang ist auch die Vorgabe gemäß den Unterlagen im Rahmen der Ausschreibung zu diesem Vorhaben relevant, wonach die Aktivität des zu messenden Gebindes „mindestens um den Faktor 2 unterhalb des restriktivsten Freigabewertes“ liegen soll. Dieser Ansatz ist sinnvoll, wenn ein quantitativer Vergleich verschiedener oder gleicher Geräte desselben Messverfahrens erfolgen soll und die Ermittlung der Bandbreite der Ergebnisse sowie der Einflussfaktoren, die für diese Bandbreite verantwortlich sind, im Vordergrund steht. Werden dage-

gen verschiedene Messverfahren verglichen, so ist es ratsam, Gebinde zu verwenden, die Freigabewerte geringfügig über- sowie knapp unterschreiten, um festzustellen, ob die verschiedenen Verfahren zu Ergebnissen mit der in Abschnitt 2.3.1 diskutierten Tendenz kommen.

### **3. GROBKONZEPT**

Dieser Abschnitt stellt das Grobkonzept für die Arbeiten im Rahmen des Vorhabens StSch 4563, „Durchführung eines Ringversuchs zu Freigabemessungen mit einem Gebinde bekannter Aktivität“, dar, welches auf der in Abschnitt 2 gegebenen Übersicht zur Aufgabenstellung basiert. Die Darstellung bezieht sich dabei auf die beiden Arbeitspunkte AP1 und AP2. Es ist zu beachten, dass die Erstellung dieses Grobkonzepts am Anfang der Arbeiten stand und dass daher die Darstellung im Rahmen dieses Konzepts durch die später gewonnenen Ergebnisse der in den Abschnitten 5 und 6 dargestellten Befragung und deren Auswertung teilweise konkretisiert und angepasst werden.

#### **3.1 AP1: Ermittlung des Teilnehmerkreises an einem Ringversuch**

##### **3.1.1 AP1.1: Erarbeitung eines Grobkonzepts zum Ringversuch**

AP1.1 diente der Erarbeitung eines Grobkonzepts zum Ringversuch, in dessen Rahmen zunächst der Teilnehmerkreis und aus dessen Befragung anschließend der Bedarf für diesen Ringversuch ermittelt wurde. Des Weiteren wurden Randbedingungen für den Ringversuch und Wünsche der potentiellen Teilnehmer erhoben. AP1.1 wird durch Abschnitt 3.1 sowie die auf AP2 zielenden Überlegungen in Abschnitt 5.3 umgesetzt.

##### **3.1.2 AP1.2: Ermittlung des potentiellen Teilnehmerkreises**

Der potentielle Teilnehmerkreis zu dem hier beschriebenen Ringversuch setzt sich aus zwei Gruppen zusammen. Hierzu gehören

- Teilnehmer, die selbst Messungen durchführen, wie z. B. Betreiber kerntechnischer Anlagen im Rückbau und im Betrieb, Dienstleistungsfirmen, die Freimessungen am Markt anbieten, Gutachterorganisationen, die Kontrollmessungen zu Freimessungen (z. B. im Auftrag der zuständigen Behörden) durchführen.
- Teilnehmer, die die Durchführung und die Ergebnisse des Ringversuchs beobachten und ggf. für folgende Entscheidungen oder Festlegungen nutzen, wie z. B. die zuständigen Behörden der Länder und des Bundes.

Obwohl die eigentliche Durchführung der Messungen im Rahmen des Ringversuchs den Teilnehmern der ersten Gruppe obliegt, sollte auch die zweite Gruppe in die Diskussion einbezogen werden, um eine optimale Planung der Durchführung und der Messaufgaben zu gewährleisten. Die aus der Bestimmung des potentiellen Teilnehmerkreises resultierende Liste bildete nach Abstimmung mit dem BfS die Grundlage für das weitere Vorgehen in AP1.3.

Die Ergebnisse von AP1.2 sind in Abschnitt 4 dargestellt.

### **3.1.3 AP1.3: Abstimmung unter den potentiellen Teilnehmern**

Die Kontaktierung der potentiellen Teilnehmer gemäß der Auswahl in AP1.2 zielte auf die Abstimmung hinsichtlich der folgenden Aspekte des Ringversuchs:

- anwendbares Messverfahren gemäß der in Abschnitt 2.1 beschriebenen Auswahl, vorzugsweise Freimessanlage und ggf. ein weiteres Verfahren wie Entscheidungsmessung durch Fass-Scanner oder Oberflächenkontaminationsmonitore, für welche jeweils für einen quantitativen Vergleich innerhalb desselben Messverfahrens sowie für einen qualitativen Vergleich zwischen beiden Gruppen von Messverfahren ausreichend viele Teilnehmer zur Verfügung stehen;
- Art und Gestaltung des Messguts bzw. des Gebindes, an dem die Messungen durchzuführen sind, insbesondere hinsichtlich der Materialarten (Metall, Bauschutt usw.), der Art der Kontamination (flächig, durch verteilte punktförmige Prüfstrahler usw.), des Gewichts usw.;
- der Bewertungsmaßstäbe wie z. B. Festlegung des Nuklidvektors, Berücksichtigung nicht messbarer Nuklide, Aussagen zur räumlichen Verteilung der Aktivität im Messgut („Homogenitätskriterium“),
- Darstellung der Messaussage und des Gesamtergebnisses (Freigabewerte eingehalten, Aktivitäten der nachgewiesenen Nuklide, Nachweisgrenzen der nicht nachgewiesenen Nuklide usw.), Beschreibung der Messungen und vorbereitenden Schritte.

Die potentiellen Teilnehmer wurden gebeten, zu diesen Punkten Antworten bzw. Anregungen zu geben sowie die Charakteristika des bzw. der bei ihnen implementierten Freigabeverfahren zu erläutern. Diese Angaben sind für die spätere Planung eines Ringversuchs wichtig, da im Vorfeld eine Übersicht gewonnen werden muss, in welchen Parametern sich die Verfahren aufgrund administrativer Festlegungen wesentlich unterscheiden. Hierauf wird in Abschnitt 3.2.1 näher eingegangen. Die Abstimmung unter den Teilnehmern erfolgte in Form eines Fragebogens, der die oben genannten Themen abdeckt. Die Fragen dieses Fragebogens sind in Abschnitt 5 wiedergegeben.

Die in diesem Rahmen zusammengetragenen Anforderungen und Wünsche an den Ringversuch wurden zusammengestellt und ausgewertet. Hieraus wurde ein Vorschlag für eine konkrete Durchführung erarbeitet, der möglichst viele der genannten Aspekte berücksichtigt und auf diese Weise möglichst vielen Interessenten die Teilnahme an der späteren Durchführung des Ringversuchs ermöglicht.

Als Ergebnis von AP1.3 liegt eine Liste von Teilnehmern, die am Ringversuch teilnehmen würden, und eine Liste von Anforderungen und Randbedingungen für den Ablauf dieses Versuchs vor. Diese wurden im Rahmen von AP2 weiter ergänzt und konkretisiert.

### **3.1.4 AP1.4: Dokumentation und Abstimmung der Ergebnisse mit dem BfS**

Die Ergebnisse der Arbeitspunkte AP1.1 bis AP1.3 wurden in einem Zwischenbericht zu AP1 dokumentiert. Dieser Bericht diente als Grundlage für die Entscheidung des BfS über die Fortsetzung des Vorhabens mit AP2.

## **3.2 AP2: Entwicklung eines Konzepts zur Durchführung des Ringversuchs**

### **3.2.1 AP2.1: Gestaltung des Gebindes und Anforderungen für den Ringversuch**

Gemäß der im vorliegenden Bericht dargestellten Zielsetzung (Grobkonzept gemäß AP 1.1) wird zunächst die Gestaltung eines Gebindes für einen Ringversuch vorgeschlagen, das anschließend in Zusammenarbeit mit den in AP1 ausgewählten Teilnehmern näher konkretisiert wird. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 6.3 beschrieben. Bei der Festlegung eines solchen Gebindes spielen die folgenden Fragestellungen eine Rolle.

#### *Festlegung des Behälters für das zu messende Gebinde*

Der typische Behälter, in dem beim Abbau von kerntechnischen Anlagen Reststoffe gesammelt, transportiert und freigemessen werden, ist zur Zeit die Gitterbox. Jedoch werden in manchen Anlagen auch andere Behälter für die Freimessung von relevanten Massenströmen verwendet. So erfolgte die Freimessung von Bauschutt im VAK z. B. in 200 l-Fässern, die Freimessung von Reststoffen durch VKTA e. V. erfolgt in der Regel in PE-Boxen mit Deckel, deren Geometrie der der Gitterbox jedoch nahe kommt. Weitere potentielle Teilnehmer, die nicht aus dem Kreis der Abbauprojekte kommen, verwenden ggf. weitere Behälter. Ziel ist es, einen Behälter auszuwählen, den möglichst viele Teilnehmer am Ringversuch messen können, ohne dafür eine spezielle, also eine nicht im Freigabeverfahren etablierte Kalibrierung erstellen zu müssen.

#### *Welche Stoffe fallen (in freizumessenden Gebinden) in relevanten Mengen an?*

Ziel ist hier die Festlegung des Stoffes (der Materialart) für das zu messende Gebinde, der sowohl bezogen auf die Masse (die Anzahl der Freigabemessungen) als auch bezogen auf die freigegebene Restaktivität und das Nuklidgemisch für die Freigabe bei den Teilnehmern am Ringversuch bestimmend ist. Dazu werden die Massen- und Aktivitätsströme bei der Freigabe in Deutschland der letzten Jahre sowie Prognosen über den zukünftigen Anfall von freizugebenden Reststoffen bei den Teilnehmern betrachtet. Ggf. könnte es auch sinnvoll sein, mehrere Gebinde mit unterschiedlichen Materialien und Nuklidinventaren bzw. ein bezogen auf Dichte und Nuklidinventar variables Gebinde (s. u.) für den Ringversuch zu konzipieren. Insgesamt kann jedoch davon ausgegangen werden, dass Eisenmetallschrott sowie Bauschutt für einen Ringversuch sehr gut geeignete Materialien darstellen würden.

#### *Mit welchen Anlagen werden Gebinde freigemessen?*

Typischerweise werden freizugebende Reststoffe mit Freimessanlagen (FMA, Gesamt-Gamma-Messung) radiologisch gemessen. Jedoch gewinnen auch andere Messverfahren wie kollimierte Gammaskpektrometrie (stationär betrieben), sonstige Fassmessanlagen oder auch CCM-Messverfahren zunehmend an Bedeutung. Hierauf wurde in Abschnitt 2.1 kurz eingegangen. Ziel ist hier die Auswahl der bei den Teilnehmern für die Freigabe am weitesten verbreiteten Messtechniken und die Sicherstellung der Eignung des zu messenden Gebindes für diese Messtechniken. Dabei ist festzulegen, ob das zu messende Gebinde nur für ein bestimmtes Messverfahren und hierbei für eine bestimmte Messgeometrie geeignet sein soll, oder ob Messungen mit verschiedenen Verfahren/Geometrien möglich sein sollen. Aus gegenwärtiger Sicht kann davon ausgegangen werden, dass die Durchführung des Ringversuchs für Freimessanlagen den für Deutschland relevantesten Fall erfassen würde.

### *Erforderliche Variabilität des zu messenden Gebindes*

Es ist zu ermitteln und festzulegen, ob das zu messende Gebinde bezogen auf Materialart (oder simulierte Materialart), Dichte, Aktivitätsinventar, Nuklidvektor und Homogenität bzw. Inhomogenität variabel gestaltet werden kann bzw. soll. So wäre das Gebinde für wiederkehrende Ringversuche im Sinne einer regelmäßigen Qualitätssicherung mit verschiedenen Materialien und Aktivitäten bestückbar. Ist dies nicht der Fall, so wären die Daten des zu messenden Gebindes nach einem einmaligen Ringversuch bekannt und das Gebinde könnte/müsste nach Beendigung des Ringversuches entsorgt oder für einen nächsten Versuch umgestaltet werden.

Aus gegenwärtiger Sicht erscheint ein Gebinde, das mit inaktivem Material der zuvor ausgewählten Materialart sowie mit Rohren oder anderen Einrichtungen zur Aufnahme von Prüfstrahlern an verschiedenen Stellen ausgestattet ist, als die flexibelste Wahl. Die Prüfstrahler sollten die Radionuklide Co 60, Cs 137 und Eu 152 umfassen, da hierdurch der für Freigabemessungen relevante Bereich von Gammaenergien überdeckt wird.

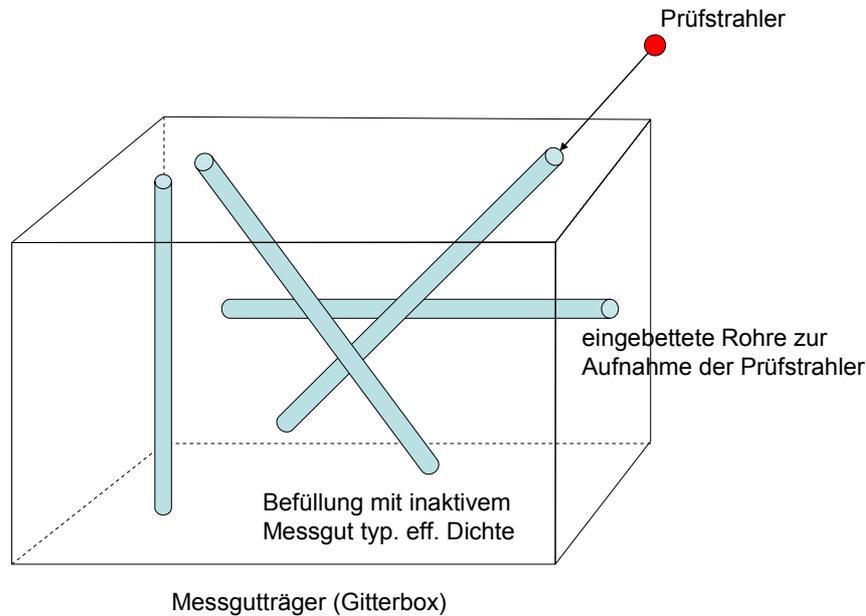
### *Ist die Möglichkeit einer Vereinzelung des Messgutes erforderlich?*

Zum Nachweis der Einhaltung der flächenbezogenen Freigabewerte sowie zur Kontrolle der Aktivitätsverteilung im Messgut (Homogenität) wird in manchen Freimessverfahren eine Vormessung oder Orientierungsmessung, z. B. mittels Oberflächenkontaminationsmonitoren, durchgeführt. Es ist festzulegen, ob diese Möglichkeit beim zu messenden Gebinde gegeben sein muss. Dies trifft natürlich nur auf Messgut mit einer messbaren Oberfläche, wie etwa Metallschrott, zu. Falls die Anforderung der Vereinzelung und somit der separaten Messbarkeit der im Gebinde vereinigten Stücke bestehen soll, müssten zumindest einige der Stücke eine definierte Oberflächenaktivität aufweisen. Sie könnten aus realen Freigabeverfahren entnommen werden oder aber (für wesentlich höhere Kosten) als Prüfstrahler angefertigt werden.

Abbildung 3.1 zeigt eine Prinzipskizze des möglichen Aufbaus eines für Ringversuche universell einsetzbaren Gebindes ohne die Anforderung der einzeln messbaren Stücke. Neben der in der Abbildung angedeuteten Gitterbox sind natürlich auch Messgutträger anderer Geometrien denkbar.

In dem Messgutträger werden inaktive Materialstücke, z. B. Metallschrott, bzw. inaktives Schüttgut in für Freimessungen typischer effektiver Dichte und Füllhöhe gestapelt. Des Weiteren werden in diese Füllung Rohre oder andere Vorrichtungen zur Aufnahme der Prüfstrahler eingelassen. In diese Rohre können die Prüfstrahler durch Abstandshalter vor und hinter dem Prüfstrahler exakt und reproduzierbar positioniert werden. Damit alle Beteiligten des Ringversuchs identische Messbedingungen erhalten, müssten Messgut und Rohre geeignet fixiert werden. Hierzu können inaktive Distanzstücke vor und hinter den / die Prüfstrahler eingesetzt werden. Eine solche Anordnung hätte den Vorteil, dass die Prüfstrahler jederzeit entnommen und ausgetauscht werden können, so dass das Gebinde flexibel einsetzbar bleibt und bei entnommenen Prüfstrahlern vollständig aktivitätsfrei ist.

Abbildung 3.1: Prinzipskizze eines für Ringversuche mit Freimessanlagen universell einsetzbaren Gebindes am Beispiel einer Gitterbox (Erläuterung im Text)



### 3.2.2 AP2.2: Logistik und praktische Durchführung des Ringversuchs

Die Ergebnisse zu AP2.2 sind in Abschnitt 6.4 wiedergegeben. Gemäß den für dieses Vorhaben definierten Anforderungen soll das Gebinde mit einem Kleinlastkraftwagen transportiert werden können. Für das Logistikkonzept ist zwischen dem Transport des zu messenden Gebindes zu den einzelnen Teilnehmern und dem internen Transport des Gebindes in den Anlagen der einzelnen Teilnehmer zu unterscheiden.

#### *Transport des zu messenden Gebindes zu den einzelnen Teilnehmern*

Bei dem vorgegebenen Aktivitätsinventar des zu messenden Gebindes mit Faktor 2 unterhalb des restriktivsten Freigabewertes ist davon auszugehen, dass der Transport des Gebindes zu den einzelnen Teilnehmern über das öffentliche Straßen- und/oder Schienennetz nicht den Regelungen der GGVSE unterliegt. Die Sicherstellung der Dichtheit / Spezifikation als „umschlossene Strahlenquelle“ ist aus radiologischen Gründen nicht erforderlich, da es sich beim Gebindeinhalt um freigegebene Stoffe handelt. Es muss allerdings sichergestellt werden, dass sich das Aktivitätsinventar des zu messenden Gebindes während der Transporte nicht ändern kann.

Es werden verschiedene Logistikvarianten hinsichtlich ihres personellen, technischen und zeitlichen Aufwandes bewertet und Vorschläge für die Optimierung der Logistik erarbeitet.

Mögliche zu betrachtende Transportvarianten sind mindestens:

- Transport durch Eigenpersonal des BfS
- Transport durch Eigenpersonal der verschiedenen Teilnehmer
- Versand per Spedition

- Versand per Bahn

Eine Optimierung der Versandroute nach geografischen Gesichtspunkten kann erfolgen, wenn alle Teilnehmer bekannt sind.

#### *Transport des zu messenden Gebindes innerhalb der Anlage der einzelnen Teilnehmer*

Es ist zu klären, welche Anforderungen an das zu messende Gebinde aus dem anlageninternen Transport bei den einzelnen Teilnehmern resultieren. Ggf. sind variable Transportmöglichkeiten wie z. B. Anschlagpunkte für Krane, Transport mit Gabelstaplern oder weitere vorzusehen. Ebenso ist ggf. auf einfache Dekontaminierbarkeit/Messbarkeit der äußeren Oberfläche zu achten, falls das zu messende Gebinde bei einigen Teilnehmern für die Messung in einen Kontrollbereich eingeschleust werden muss. Dies dient zum einen der praktikablen Ausschleuskontrolle vor dem Weitertransport zum nächsten Teilnehmer, aber auch zum Ausschluss von Querkontamination aus dem Kontrollbereich der Teilnehmer. Für den unwahrscheinlichen Fall einer Querkontamination sollte eine einfache Dekontaminationsmöglichkeit der Gebindeoberfläche gegeben sein.

#### *Durchführung und Auswertung*

Die Durchführung des Ringversuchs ist nicht Gegenstand des hier durchgeführten Vorhabens, soll aber in Grundzügen im Rahmen von AP2 beschrieben werden. Ein solcher Ringversuch kann in folgenden grundlegenden Schritten erfolgen:

- Abstimmung eines Termins mit dem jeweiligen Teilnehmer,
- Anlieferung des Gebindes,
- Mitteilung der Radionuklide und des Nuklidvektors, nicht jedoch der Aktivitätswerte, zu prüfendes Freigabeziel (Option nach § 29 Abs. 2 Nr. 1 bzw. 2 StrlSchV),
- Ausführung der Messungen durch den Teilnehmer, Vorlage der Auswertung hinsichtlich der Aktivitätshöhen der im Nuklidvektor vorhandenen Radionuklide, Aussage zur Freigebbarkeit,
- Aufnahme der Auswertungsergebnisse,
- Feststellung der Kontaminationsfreiheit und Abtransport des Gebindes.

Nach Sammlung aller Auswertungsergebnisse werden diese verglichen. Die Auswertungskriterien hierbei hängen von der genauen Fragestellung entsprechend der Diskussion in Abschnitt 2 ab. Erfolgt ein quantitativer Vergleich, so werden die mitgeteilten Aktivitätswerte (nuklidspezifisch und für die Gesamtaktivität) erfasst und hinsichtlich Mittelwert und Verteilung ausgewertet. Analog werden die berechneten Werte der Summenformel und hieraus die Aussage über die Freigebbarkeit des Gebindes ausgewertet. Erfolgt dagegen ein rein qualitativer Vergleich, etwa weil verschiedene Messverfahren am Ringversuch beteiligt sind, so wird untersucht, ob alle Teilnehmer übereinstimmend ein nicht freigebbares Gebinde als nicht freigebbar erkennen. Es wird ebenfalls untersucht, welche Messverfahren und –geräte bei Gebinden, die Freigabewerte knapp unterschreiten, zu welcher Aussage bzgl. der Freigebbarkeit gelangen.

Aussagen zur generellen Eignung und zur Vergleichbarkeit verschiedener Messgeräte und Messverfahren können auf der Basis der hier beschriebenen Auswertungen erfolgen. Die Ergebnisse sollten mit den Teilnehmern diskutiert werden.

### 3.3 AP3: Erstellung von Zwischen- und Abschlussberichten

Die Berichtserstellung erfolgt gemäß Anforderungen des BfS. Neben dem in AP1.4 genannten Zwischenbericht zu AP1 wird ein Abschlussbericht (der vorliegende Bericht) erstellt, der alle Ergebnisse von AP1 und AP2 umfasst.

## 4. TEILNEHMERKREIS

Der potentielle Teilnehmerkreis zu dem hier beschriebenen Ringversuch setzt sich aus zwei Gruppen zusammen, die nach Teilnehmern, welche Messungen durchführen, und Teilnehmern, welche Messungen begleiten, unterschieden werden. Zunächst wurden die potentiellen Messungen durchführenden Teilnehmer durch Internetrecherchen sowie telefonische Befragung einzelner Betreiber ermittelt. Dabei wurde, wie in Abschnitt 3.2 dargestellt, der Fokus auf eine Freimessung mittels Gesamt-Gamma-Messung in Freimessanlagen (FMA) gelegt. Die ermittelten Betreiber von Freimessanlagen sind in Tabelle 4.1 aufgeführt, Hersteller bzw. Lieferanten von Freimessanlagen in Tabelle 4.2.

Tabelle 4.1: Übersicht über potentielle Teilnehmer am Ringversuch zu Freigabemessungen in Deutschland, die über Freimessanlagen verfügen

FMA-Betreiber	Anschrift	Ansprechpartner
KGR 1-5 Kernkraftwerk Greifswald (2 FMA)	Energiewerke Nord GmbH Postfach 1125, 17507 Lubmin	Hr. Wittmann (SSB), Hr. Zimmer ☎ 0383/544-8474 ronald.zimmer@ewn-gmbh.de
KKR Kernkraftwerk Rheinsberg (1 FMA)	Energiewerke Nord GmbH Am Nehmitzsee 1, 16831 Rheinsberg	☎ 033931/570 Fr. Dr. Nina Hildebrandt ☎ 033931/57-232, nina.hildebrandt@ewn-gmbh.de
KBR Kernkraftwerk Brokdorf (1 FMA)	Kernkraftwerk Brokdorf Osterende 999, 25576 Brokdorf	☎ 04829/752460 Hr. Dr. Dietmar Schlösser, dietmar.schloesser@eon-energie.com
KKS Kernkraftwerk Stade (1 FMA)	Kernkraftwerk Stade Postfach 1780, 21657 Stade	☎ 04141/77-0, ☎ 04141/70312 Dr. Bacmeister ☎ 04141/772517, georg.bacmeister@eon-energie.com; Hr. Krüger -2506, marko.krueger@eon-energie.com
KWW Kernkraftwerk Würzgassen (1 FMA)	Kernkraftwerk Würzgassen Zum Kernkraftwerk 25 37688 Beverungen	☎ 05273/38-0, ☎ 05273/38-2350 Helmut Sander ☎ 05273/38-2372
KKK Kernkraftwerk Krümmel (1 FMA)	Kernkraftwerk Krümmel Elbuferstr. 82, 21502 Geesthacht	☎ 04152/15-0, ☎ 04152/15-2008 Hr. Schrader, Hr. Maystoras
KMK Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich (1 FMA)	RWE Power AG Kraftwerk Mülheim-Kärlich Postfach 1432 56210 Mülheim-Kärlich	☎ 02637/64 44 56 ☎ 02637/64 22 80 Hr. Jungblut, -2259 dieter.jungblut@kkw.rwe.com (Hr. Schered, -4333)
KWO Kernkraftwerk Obrigheim (1 FMA)	Kernkraftwerk Obrigheim Kraftwerkstraße, 74847 Obrigheim	☎ +49 (0) 6261/65-0 Hr. Kruzinski -456, g.kruzinski@kk.enbw.com

FMA-Betreiber	Anschrift	Ansprechpartner
KRB Kernkraftwerk Gundremmingen (1 FMA)	Kernkraftwerk Gundremmingen GmbH Dr.-August-Weckesser-Str. 1, 89355 Gundremmingen	☎ 08224/78-0 Hr. Dirk Wiedig -3631, dirk.wiedig@kkw.rwe.com
KKP Kernkraftwerk Philippsburg (1 FMA)	Kernkraftwerk Philippsburg Rheinschanzinsel, 76661 Philippsburg	☎ 07256/95-0, ☎ 07256/952029 G. Muhr, ☎ 07256/95-3957
KKG Kernkraftwerk Grafenrheinfeld (1 FMA)	Kernkraftwerk Grafenrheinfeld Kraftwerksstraße, 97506 Grafenrheinfeld	☎ •09723/62-1, ☎ 09723/62-2989 Hr. Knobloch, georg.knobloch@eon-energie.com
NUKEM (2 FMA)	NUKEM GmbH Industriestraße 13 63754 Alzenau	☎ 06023/91-01 Ingolf Auler ☎ 06023/913964, ☎ 06023/913970
GNS (1 FMA)	Gesellschaft für Nuklear-Service mbH Hollestraße 7A, 45127 Essen	☎ 0201/109-0, ☎ 0201/109-1100 Hr. Marsen (SSB), Hr. Dr. Lorenz
FZJ (3 FMA)	Forschungszentrum Jülich GmbH 52425 Jülich	Dr.-Ing. G. Caspary ☎ 02461/61-6294, g.caspary@fz-juelich.de
FZK (1 FMA)	Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Hauptabteilung Dekontaminationsbetriebe Postfach 3640, 76021 Karlsruhe	A. Reichert ☎ 07247/82-3180
VKTA (1 FMA)	VKTA Postfach 510119 D-01314 Dresden Besucheradresse: Bautzner Landstraße 128(B6), D-01328 Dresden	Dr. Kahn ☎ 0351/260-2394 (Dr. B. Heintelmann / Dr. G. Hofmann ☎ 0351/260-3463, ☎ 351/260-3190)
Studsvik SINA (1 FMA) (Blankenloch)	SINA Industrieservice GmbH & Co. KG, Karlsruher Str. 20, 75179 Pforzheim	☎ 07231/58695-01, ☎ 07231/58695-13 Dr. Ruschel ☎ 07244/74-1062
Kernkraftwerk Brunsbüttel	Kernkraftwerk Brunsbüttel GmbH & Co. oHG Otto-Hahn-Straße 1 25541 Brunsbüttel	Dr. Matthias Roskamp, Abt. Strahlenschutz und Chemie, ☎ •04852-89-2520
Kernkraftwerk Isar	E.ON Kernkraft GmbH Kernkraftwerk Isar Postfach 1126, 84049 Essenbach	Wolfgang Schwarz, Leiter Überwachung ☎ 08702-38-4280, ☎ 08702-38-4921
Kernkraftwerk Neckarwestheim	Herr U. Kastner Kernkraftwerk Neckarwestheim im Steinbruch 74382 Neckarwestheim	U. Kastner ☎ •07133/12-3380 oder -2891 u.kastner@kk.enbw.com
Kernkraftwerk Lingen (1 In-Situ-Gammaspektrometer)	Herr Thomas Rojahn Kernkraftwerk Lingen GmbH Postfach 1640 49786 Lingen	T. Rojahn ☎ 0591/806-1125 Thomas.Rojahn@kkw.rwe.com

Tabelle 4.2: Hersteller bzw. Lieferanten von Freimessanlagen

FMA-Hersteller	Anschrift	Ansprechpartner
RADOS (Germany) synOdys Group	Hamburg: Rados Technology GmbH Ruhrstrasse 49 D-22761 Hamburg  München: MGP Instruments GmbH Landsberger Str. 328 a D-80687 München	☎ +49 40/85193 0 ☎ +49 40/85193 256  ☎ +49 (0) 89/51513-0 ☎ +49 (0) 89/51513-169
mab Strahlenmesstechnik	mab Obere Tiefenbachstraße 8 83734 Hausham	☎ +49 (0) 8026/9222-790 ☎ +49 (0) 8026/9222-792
RaTec	RaTec Messtechnik GmbH Birkenweg 3-5 25451 Quickborn	☎ +49 4106/7976-0 ☎ +49 4106/7976-29

Eine erste telefonische Befragung von Betreibern von Freimessanlagen ergab eine überwiegend positive Reaktion auf einen möglichen Ringversuch. Daher wurden detailliertere Fragen in einem Fragebogen (Abschnitt 5) entworfen.

Neben dem BfS als Initiator kommen weitere potentielle Teilnehmer, die die Messungen begleiten, am Ringversuch aus dem Kreis von zuständigen Behörden und Gutachter in Betracht. Mit diesen potentiellen Teilnehmern wurde im Rahmen von AP1 kein Kontakt aufgenommen.

## **5. BEFRAGUNG DES POTENTIELLEN TEILNEHMERKREISES ZUR TEILNAHME UND ZUR DURCHFÜHRUNG DES RINGVERSUCHS**

### **5.1 Wiedergabe des ersten Fragebogens**

Die folgenden Fragen wurden an die in Abschnitt 4 identifizierten potentiellen Teilnehmer in Form eines Fragebogens versandt. Ziel dieses ersten Fragebogens war es, neben der Erklärung der generellen Bereitschaft zur Teilnahme nähere Details und Randbedingungen zu Messtechnik, Gebinden, Messgut, Aktivitäten und deren räumlicher Verteilung usw. von jedem potentiellen Teilnehmer zu erfragen, um auf dieser Basis die weitere Planung bzgl. AP2 (vgl. Abschnitt 6) durchführen zu können.

Die ursprünglich gesetzte Rücksendefrist 30.11.2007 musste wegen der nicht befriedigenden Rücklaufquote auf den 31.12.2007 verlängert werden.

---

## Umfrage Ringversuch zu Freigabemessungen

- 1. Sind Sie interessiert an der Teilnahme an einem Ringversuch zu Freigabemessungen?**
  - ja (bitte beantworten Sie auch die nachfolgenden Fragen)
  - nein (bitte geben Sie unter Nr. 10 eine kurze Begründung an)
  
- 2. Für welche Messgeräte sollte ein Ringversuch zu Freigabemessungen konzipiert werden?**
  - Freimessanlage (FMA)
  - Fass-Scanner / In-Situ-Gammaspektrometer
  - sonstiges (bitte angeben) .....
  
- 3. Mit welchem Gebinde sollte ein Ringversuch durchgeführt werden?**  
(Mehrfachnennung möglich)
  - 200 l-Fass
  - Gitterbox
  - sonstiges (bitte angeben) .....
  
- 4. Welches Messgut halten Sie für wesentlich?**
  - Schüttgut (z. B. Bauschutt, Glaswolle, etc.)
  - mit messbaren Oberflächen (z. B. Metallschrott)
  - beides gleichwertig
  - sonstiges (bitte angeben) .....
  
- 5. Bei messbarer Oberfläche: Sollte die Möglichkeit der Vereinzelung bestehen?**
  - ja
  - nein
  
- 6. Bestehen Anforderungen an die Aktivitätsverteilung im Gebinde?**
  - homogene Verteilung ist Voraussetzung für die Messung
  - Verteilung wird bei der Messung/im Rahmen des Freigabeverfahrens geprüft
  - Verteilung ist nicht relevant
  
- 7. Wie sollte die Freigabemessung erfolgen?**
  - qualitativ (nur Feststellung der Einhaltung oder Nichteinhaltung der Freigabewerte)
  - quantitativ (Bestimmung des Aktivitätsinventars im Gebinde und Freigabeentscheidung)

**8. Bei quantitativer Aktivitätsbestimmung: Wie hoch sollte das Aktivitätsinventar im zu messenden Gebinde in Relation zum Freigabewert (Summenformel) sein?**

- $\sum_i \frac{Ci}{Ri} \leq 0,7$
- $0,7 \leq \sum_i \frac{Ci}{Ri} \leq 1,3$
- $\sum_i \frac{Ci}{Ri} \geq 1,3$

**9. Bitte geben Sie die von Ihnen bevorzugte Variante an**

- Messung eines unveränderbaren Gebindes pro Ringversuch
- mehrere Messungen eines variablen Gebindes, das von einem Dritten jeweils vor Ort umkonfiguriert wird, pro Ringversuch
- Messung mehrerer unveränderbarer Gebinde mit unterschiedlichen Materialien / Aktivitätsinventaren pro Ringversuch

**10. Wesentliche Punkte, die aus Ihrer Sicht bei der Durchführung eines Ringversuchs zu Freigabemessungen zu berücksichtigen sind:**

.....

---

Ferner wurden der Absender / die kerntechnische Anlage sowie der Ansprechpartner für Rückfragen erfragt und es wurde um Angabe von Ort und Datum der Ausfüllung sowie um Unterschrift des zurückgesandten Bogens gebeten.

## **5.2 Ergebnisse der Befragung zum Ringversuch**

Unter den in Abschnitt 4 identifizierten potentiellen Messungen durchführenden Teilnehmern wurde eine Umfrage durchgeführt, um zunächst das Interesse an einer Teilnahme am Ringversuch zu erfragen. Der in Abschnitt 5 dargestellte Fragebogen wurde an die in Tabelle 4.1 aufgeführten potentiellen Teilnehmer versandt. Sofern die Teilnehmer in Frage 1 des Fragebogens Interesse an der Durchführung eines Ringversuchs angaben, waren die Fragen 2 bis 10 zu den Randbedingungen eines durchzuführenden Ringversuches zu beantworten.

Die potentiellen Messungen begleitenden Teilnehmern wurden in diese Fragebogenaktion nicht einbezogen, da sich die Fragen hauptsächlich auf einzusetzende Messgeräte, Messgeometrien und Messbedingungen bezogen.

Es wurden insgesamt 20 uns bekannte Betreiber von Freimessanlagen (FMA) und 1 Betreiber eines In-situ-Gammaspektrometers gemäß Tabelle 4.1 angeschrieben und um Beantwortung des Fragebogens gebeten.

- Von 16 Betreibern lagen bis zum 22. Januar 2008 schriftliche Antworten vor.
- 2 Betreiber haben telefonisch bzw. per E-Mail Anfang Januar 2008 abgesagt.

- 3 Betreiber haben bis zum 22. Januar 2008 nicht geantwortet. Zwei davon haben zwar telefonisch ihr Interesse bekundet und wollten relativ kurzfristig den Fragebogen bearbeiten und zurückschicken, diese Zusage jedoch bis zum 22. Januar 2008 nicht eingehalten.
- Insgesamt liegen somit seitens 18 von 21 Befragten Antworten vor.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Befragung einzeln dargestellt. Dabei sind die 18 Betreiber berücksichtigt, von denen am 22. Januar 2008 endgültige Antworten vorlagen.

### **5.2.1 zu Frage 1: Interesse an der Teilnahme an einem Ringversuch zu Freigabemessungen**

Zwölf der Befragten sind interessiert an der Teilnahme an einem Ringversuch zu Freigabemessungen.

Sechs der Befragten sind nicht interessiert. Darunter sind 2 Befragte, die in Zukunft keine eigene FMA mehr betreiben und denen daher eine Teilnahme als Messungen durchführende Teilnehmer nicht möglich ist. 1 Befragter sieht derzeit für sich keine Notwendigkeit zur Teilnahme an einem derartigen Ringversuch, weitere 3 Befragte haben keine Gründe für ihr Desinteresse angegeben.

*Die weiteren Fragen waren nur von den 12 an der Teilnahme an einem Ringversuch zu Freigabemessungen interessierten Befragten zu beantworten.*

### **5.2.2 zu Frage 2: Auswahl der Messgeräte für den Ringversuch**

11 Befragte gaben die Freimessanlage (FMA) als Messgerät für einen Ringversuch zu Freigabemessungen an. 6 Befragte sahen einen Fass-Scanner bzw. ein In-Situ-Gammaspektrometer als relevantes Messgerät für den Ringversuch, wovon 1 Befragter ausschließlich Fass-Scanner bzw. ein In-situ-Gammaspektrometer als relevantes Messgerät angab. Sonstige Messgeräte gab keine der Befragten an.

### **5.2.3 zu Frage 3: Auswahl der Gebinde für den Ringversuch**

6 Befragte sehen sowohl das 200 l-Fass wie auch die Gitterbox (bzw. PE-Box) als relevantes Gebinde für den Ringversuch. 4 Befragte haben ausschließlich das 200 l-Fass angegeben, 1 Befragter gab ausschließlich die Gitterbox an. Ein weiterer Befragter gab ausschließlich ein sonstiges Gebinde mit Maximalabmessungen 50 x 50 x 60 cm<sup>3</sup> an. Zusätzlich wurden 2 sonstige Gebinde (Boxpalette bzw. PE-Box) angegeben (Mehrfachnennungen waren möglich).

### **5.2.4 zu Frage 4: Anforderungen an das Messgut**

11 Befragte halten sowohl Schüttgut wie auch Stoffe mit messbaren Oberflächen für wesentlich. 1 Befragter hält nur Schüttgut für wesentlich. Als sonstige Messgüter wurden von einem Befragten Komponenten und Armaturen angegeben.

### **5.2.5 zu Frage 5: Möglichkeit der Vereinzelung bzgl. Oberflächenmessungen**

Für Messgut mit messbarer Oberfläche sollte laut 10 Befragten die Möglichkeit der Vereinzelung, d. h. die Möglichkeit der Entnahme des Messgutes aus dem Gebinde zum Zweck der separaten

Messung (z. B. mit Oberflächenkontaminationsmonitoren), bestehen. 2 Befragte halten die Vereinzelung für nicht erforderlich.

#### **5.2.6 zu Frage 6: Anforderungen an die Aktivitätsverteilung im Gebinde**

Für 4 Befragte ist eine homogene Aktivitätsverteilung Voraussetzung für die Messung. Bei 8 Befragten wird die Aktivitätsverteilung bei der Messung bzw. im Rahmen des Freigabeverfahrens geprüft (bei den ersten 2 Fragen erfolgte 1 Mehrfachnennung). Für einen Befragten ist die Verteilung nicht relevant.

#### **5.2.7 zu Frage 7: Qualitative oder quantitative Ausführung der Messung**

Alle 12 Befragten nannten die quantitative Freigabemessung, d. h. die Bestimmung des tatsächlichen Aktivitätsinventars im Gebinde und eine darauf beruhende Freigabeentscheidung. Ein Befragter nannte zugleich auch die qualitative Freigabemessung.

#### **5.2.8 zu Frage 8: Ausschöpfung des Freigabewerts durch das zu messende Gebinde**

3 Befragte halten ein Aktivitätsinventar von max. 70 % des Freigabewertes (Summenformel) für sinnvoll. Die anderen 9 Befragten halten ein Aktivitätsinventar zwischen 70 % und 130 % des Freigabewertes für sinnvoll, sehen also auch Messungen an Gebinden, die Freigabewerte überschreiten und damit nicht freigegeben werden könnten, als sinnvoll an. Ein Aktivitätsinventar von mehr als 130 % des Freigabewertes wird in keiner Antwort befürwortet.

#### **5.2.9 zu Frage 9: Bevorzugte Variante für das Gebinde**

Hinsichtlich der bevorzugten Variante (unveränderbares Gebinde; variables Gebinde mit Umkonfigurierung vor Ort; mehrere unveränderbare Gebinde mit unterschiedlichen Materialien / Aktivitätsinventaren) ergibt sich auch aufgrund von Mehrfachnennungen kein sehr eindeutiges Ergebnis. Die Variante „Messung eines unveränderbaren Gebindes pro Ringversuch“ wurde 5-mal genannt, die Variante „mehrere Messungen eines variablen Gebindes, das von einem Dritten jeweils vor Ort umkonfiguriert wird, pro Ringversuch“ wurde 4-mal genannt und die Variante „Messung mehrerer unveränderbarer Gebinde mit unterschiedlichen Materialien / Aktivitätsinventaren pro Ringversuch“ wurde 7-mal genannt (Mehrfachnennungen waren möglich). In einem Fall erfolgte keine Angabe.

#### **5.2.10 zu Frage 10: Weitere Anforderungen**

Bei Frage 10 konnten weitere, aus der Sicht der Befragten wesentliche Punkte angegeben werden, die bei der Durchführung eines Ringversuchs zu Freigabemessungen zu berücksichtigen sind.

Mehrfach wurde angegeben, dass der Nuklidvektor für die Messung mittels FMA vorgegeben werden muss. Des Weiteren sollten Füllgrad des Gebindes bzw. Dichte des Messgutes den Teilnehmern des Ringversuchs mitgeteilt werden. Auch die natürliche Aktivität sollte, falls vorhanden, vorgegeben werden. Weiterhin kam der Hinweis, dass die Aktivitätsverteilung im Gebinde nicht extrem inhomogen sein sollte.

Ein Befragter gab zu bedenken, dass bei der Konzeption eines Gebindes die unterschiedlichen Messkammergrößen der verschiedenen FMAs zu berücksichtigen seien. Dies führt bei Auslegung des Gebindes auf die kleinste Messkammer bei den anderen Teilnehmern, die über eine größere Messkammer verfügen, zur Abweichung gegenüber ihren jeweiligen Kalibriergeometrien.

Ein weiterer Befragter merkte an, dass ein qualitativer Anspruch einer Labormessung unter Berücksichtigung der Freigabestrategie nicht gerechtfertigt ist sowie die Freigabemessung unter Berücksichtigung von Voruntersuchungen, die wiederum Einfluss auf die Mittelungskriterien haben, erfolgt.

### **5.3 Diskussion und Ausblick**

Vor dem Hintergrund des in Abschnitt 3.2 diskutierten Konzepts für den Arbeitspunkt 2 des Vorhabens legt die in Abschnitt 5.2 dargestellte Auswertung die folgende Vorgehensweise nahe:

#### **5.3.1 Auswahl der Messtechnik für die Freimessung sowie qualitative / quantitative Ausführung der Messungen**

Aufgrund der weiten Verbreitung und der durchgängigen Nennung von Freimessanlagen (FMA, Gesamt-Gamma-Messung) als einzubeziehende Messtechnik sollte der Ringversuch bevorzugt auf die Anwendung von FMAs ausgelegt werden. Da bei einer relevanten Anzahl von Antworten außerdem Fass-Scanner bzw. In-Situ-Gammaspektrometer genannt wurden, sollte versucht werden, auch diese Geräte in den Ringversuch einbeziehen zu können.

Alle genannten Geräte sind in der Lage, ein quantitatives Messergebnis, d. h. die Angabe von Bq/g und ggf. Bq/cm<sup>2</sup> zu liefern. Diese Art der Messung wurde in der Befragung eindeutig gegenüber der rein qualitativen Vorgehensweise (vgl. die Diskussion in Abschnitt 2.3) bevorzugt. Es wurde ferner ein Aktivitätsbereich zwischen 70 % und 130 % des Freigabewertes deutlich bevorzugt genannt. Dieser Aktivitätsbereich würde gewährleisten, dass insbesondere Freigabeentscheidungen in der Nähe der vollständigen Ausschöpfung der Freigabewerte (sichere Zurückweisung von Gebinden, in denen die Aktivität die Freigabewerte knapp überschreitet) geprüft werden könnten.

Diese Anforderungen wären in Planung und Durchführung des Ringversuchs problemlos umsetzbar.

#### **5.3.2 Festlegung des Behälters für das zu messende Gebinde**

Die Antworten umfassten sowohl das 200 l-Fass wie auch die Gitterbox als relevante Gebindetypen. Die praktische Durchführbarkeit der Messungen an bestimmten Gebindetypen hängt einerseits von den räumlichen Gegebenheiten des Messgeräts ab (Größe der Messkammer der FMA, Geometrie und Aufnahmekapazität des Drehtischs bei Messungen mit In-situ-Gammaspektrometrie usw.), andererseits auch von der verfügbaren und behördlicherseits genehmigten Kalibriergeometrie. Um möglichst viele Teilnehmer einbeziehen zu können, sollte erwogen werden, sowohl 200 l-Fass als auch Gitterbox als Messgeometrie in den Ringversuch einzubeziehen.

### **5.3.3 Auswahl der einzubeziehenden Stoffe und Möglichkeit der Vereinzelung des Messguts**

Da die überwiegende Zahl der Antworten sowohl Schüttgut wie auch Stoffe mit messbaren Oberflächen für wesentlich erachten, sollte erwogen werden, mindestens zwei Stoffarten einzubeziehen. Hierbei könnte es sich um ein Gebinde mit Bauschutt und ein Gebinde mit Metallschrott in möglichst großen Stücken in einem häufig vorkommenden Dickenbereich handeln.

Eine relativ große Zahl von Antworten befürwortete die Möglichkeit der Vereinzelung des Messguts, um ggf. eine separate Oberflächenmessung durchführen zu können. Sofern diesem Wunsch gefolgt wird, könnte das mit Metallschrott gefüllte Gebinde so gestaltet werden, dass die Teile entnommen und reproduzierbar wieder eingesetzt werden können. Bei der Auswahl der zu messenden Teile wäre allerdings zu beachten, dass die Aktivität nicht durch die Handhabung freigesetzt werden kann (Fixierung), um eine Kontaminationsverschleppung zu vermeiden und um reproduzierbare Messungen auch nach mehrfachem Einsatz des Gebindes zu gewährleisten.

Da die Anfertigung eines Gebindes mit Metallschrott mit realer Oberflächenkontamination, ggf. auch mit der Möglichkeit der Vereinzelung, deutlich aufwendiger ist als die Anfertigung eines Bauschuttgebindes, könnte eine erste Runde des Ringversuchs auch lediglich mit einer Materialart ausgeführt werden, wobei Bauschutt zu bevorzugen wäre.

### **5.3.4 Erforderliche Variabilität der zu messenden Gebinde und Aktivitätsverteilung**

Sofern dem Wunsch der Teilnehmer gefolgt wird, das Messgut mit messbarer Oberfläche vereinzelnd zu können (vgl. Abschnitt 5.3.3), ergibt sich automatisch zumindest die Möglichkeit, das Gebinde immer wieder neu zu konfigurieren. Andernfalls kann ein Gebinde mit inaktivem Material und einzubringenden Prüfstrahlern entsprechend Abbildung 3.1 zum Einsatz kommen, welches auch für Bauschutt den sinnvollsten Ansatz darstellen würde. Die Möglichkeit, ein bestimmtes Gebinde für verschiedene Messungen umzukonfigurieren, wäre für eine Steigerung der Anzahl von Einzelmessungen wünschenswert. Es muss hierbei aber durch geeignete Maßnahmen, etwa durch ein geeignetes Gestell für die Aufnahme der Schrottteile oder durch fest eingelegte Rohre für die Positionierung von Prüfstrahlern, gewährleistet werden, dass die Aktivitätsverteilung immer wieder reproduziert werden kann.

Für die gewünschte Aktivitätsverteilung konnte keine eindeutige Präferenz ermittelt werden. Es sollte jedoch vermieden werden, durch die Wahl einer besonders untypischen und evtl. nicht durch die verfügbaren Kalibrierungen abgedeckten Aktivitätsverteilung einen die Interpretation der Messung erheblich erschwerenden Faktor einzubringen. Eine annähernd homogene Aktivitätsverteilung wäre daher zu bevorzugen. Diese lässt sich bei Bauschuttgebinden mit inaktivem Material durch eine größere Anzahl entsprechend kleiner Prüfstrahler erreichen, bei Gebinden mit metallischen Reststoffen durch die Auswahl entsprechend gleichmäßig kontaminierter Schrottteile.

### **5.3.5 Sonstige Anforderungen bzw. Wünsche**

Die Wünsche einiger der Befragten, den Nuklidvektor für die Messung mittels FMA vorzugeben, den Füllgrad des Gebindes bzw. die Dichte des Messgutes anzugeben und die (im Bauschutt) vorhandene natürliche Aktivität mitzuteilen, sollten bei der Planung des Ringversuchs berücksichtigt werden, da sie der allgemeinen Praxis im Freigabeablauf entsprechen. Sonstige Anforderungen wurden seitens der Befragten nicht geäußert.

## 6. KONZEPT ZUR DURCHFÜHRUNG DES RINGVERSUCHS

### 6.1 Wiedergabe des zweiten Fragebogens

Zur Präzisierung der Antworten, die zum ersten Fragebogen (Abschnitt 5.1) eingingen, wurde ein weiterer Fragebogen entworfen und versandt. In diesen Fragebogen flossen auch Festlegungen mit ein, die in einem Fachgespräch zwischen dem BfS und Brenk Systemplanung sowie ISE am 21.04.2008 erarbeitet wurden.

Der folgende Fragebogen wurde Mitte Mai 2008 versandt. Der Fragebogen wurde von einem Brief begleitet, in welchem die Notwendigkeit der Beantwortung angesprochen wurde, um den Ringversuch so einrichten zu können, dass die Teilnahme für möglichst viele Teilnehmer möglich ist.

Die ursprünglich gesetzte Rücklauffrist 30.05.2008 konnte von mehreren potentiellen Teilnehmern nicht eingehalten werden, weshalb auch im Juni 2008 noch einige Antworten eingingen. Die spätere Auswertung umfasst alle Fragebögen, die bis zum 30.06.2008 zurückgesandt wurden.

#### 1. **Welches Gebinde würden Sie beim Ringversuch messen wollen?**

(Mehrfachnennung möglich)

- 200 l-Fass
- Gitterbox
- sonstiges (bitte angeben) .....

#### 2. **Bitte geben Sie für jedes bei 1 angekreuzte Gebinde die folgenden Daten an:**

- 200 l-Fass:
    - maximal mögliche Abmessungen: .....
    - Bereich der zulässigen Masse (kg): .....
    - Bereich zulässiger Füllgrad (%): .....
    - max. zulässige Nettomasse, die als Bezugsmasse eingesetzt werden darf (kg): .....
  - Gitterbox
    - maximal mögliche Abmessungen: .....
    - Bereich der zulässigen Masse (kg): .....
    - Bereich zulässiger Füllgrad (%): .....
    - max. zulässige Nettomasse, die als Bezugsmasse eingesetzt werden darf (kg): .....
  - sonstiges (bitte angeben) .....
- maximal mögliche Abmessungen: .....
  - Bereich der zulässigen Masse (kg): .....
  - Bereich zulässiger Füllgrad (%): .....
  - max. zulässige Nettomasse, die als Bezugsmasse eingesetzt werden darf (kg): .....

#### 3. **Wertebereich der Aktivität bezogen auf die Summenformel**

(bitte keine Mehrfachnennung)

- Der Wertebereich  $0,7 \leq \sum_i \frac{C_i}{R_i} \leq 1,3$  ist lediglich als Vorzugsbereich anzusehen, es sind auch kleinere Aktivitäten sinnvoll messbar.
- Beim Wertebereich  $\sum_i \frac{C_i}{R_i} \leq 0,7$  können keine sinnvollen Aktivitätsangaben mehr gemacht werden.

#### **4. Homogenität der Aktivität im Gebinde:**

- homogene Verteilung ist bevorzugt, aber keine unbedingte Voraussetzung für die Messung
- homogene Verteilung ist unbedingte Voraussetzung für die Messung

**Bitte beschreiben Sie Besonderheiten, die bei Ihrer Messanlage bei der Kalibrierung für inhomogene Aktivitätsverteilung berücksichtigt werden müssen:**

.....

## **6.2 Ergebnisse des zweiten Fragebogens**

Auf den in Abschnitt 6.1 wiedergegebenen Fragebogen gingen 7 Antworten ein. Diese werden im Folgenden im Zusammenhang mit den 4 Fragen wiedergegeben.

### **6.2.1 Zu Frage 1: zu messende Gebinde**

Zur Frage der für die Messungen in Frage kommenden Gebinde gingen folgende Antworten ein, wobei Mehrfachnennungen sowie die Beschreibung anderer als die vordefinierten Gebindetypen möglich waren:

- 3 Teilnehmer nannten 200 l-Fass und Gitterbox als mögliche Gebindetypen.
- 2 Teilnehmer nannten nur das 200 l-Fass.
- 1 Teilnehmer nannte nur die Gitterbox.
- 2 Teilnehmer führten eine PE-Box sowie eine Boxpalette als weitere Gebindetypen an. Auf deren Abmessungen wird in Zusammenhang mit Frage 2 näher eingegangen.

### **6.2.2 Zu Frage 2: Daten der Gebinde**

#### 6.2.2.1 Daten zum 200 l-Fass:

Tabelle 6.1 zeigt die eingegangenen Antworten zu den Abmessungen und Massen des 200 l-Fasses als Messgebinde. Bei der Angabe der zulässigen Masse wurden in zwei Fällen nur Angaben zur Tara, nicht aber zur gesamten Gebindemasse gemacht. Hierbei kann davon ausgegangen werden, dass die zulässige Gesamtmasse ähnlich wie bei anderen Anlagen liegt.

Tabelle 6.1: Daten zum 200 l-Fass

200 l-Fass	KGR	KRB	VKTA	KWW	KKR	KBR
maximal mögliche Abmessungen	Ø 58 cm, H 96 cm	60 x 87 cm	60 x 90	keine Angabe	H 92,6 cm	Ø 622 mm H 929 mm
Bereich der zulässigen Masse (kg)	50 Tara	16 - 300	500	650	Tara 15 - 51	260
Bereich zulässiger Füllgrad (%)	25, 50, 75, 100	80 - 100	100	100	25, 50, 75, 100	100
max. zulässige Nettomasse, die als Bezugsmasse eingesetzt werden darf (kg)	300	300	300, bei Bauschutt + Bodenaushub 1000	300	400	200

#### 6.2.2.2 Daten zur Gitterbox:

Tabelle 6.2 zeigt die eingegangenen Antworten zu den Abmessungen und Massen der Gitterbox als Messgebinde. Bei der Angabe der zulässigen Masse wurden in zwei Fällen nur Angaben zur Tara, nicht aber zur gesamten Gebindemasse gemacht. Hierbei kann davon ausgegangen werden, dass die zulässige Gesamtmasse ähnlich wie bei anderen Anlagen liegt.

Tabelle 6.2: Daten zur Gitterbox

Gitterbox	KKS	KGR	KWW	KKR
maximal mögliche Abmessungen	1200 x 1000 mm	80 x 120 x 96 cm	120 x 80 x 60	1200 x 800 x 900
Bereich der zulässigen Masse (kg)	50 – 1000	50 Tara	800	Tara 50
Bereich zulässiger Füllgrad (%)	100	25, 50, 75, 100	100	25, 50, 75, 100
max. zulässige Nettomasse, die als Bezugsmasse eingesetzt werden darf (kg)	1000	300	300	800

#### 6.2.2.3 Daten zur PE-Box und zur Boxpalette:

Tabelle 6.3 zeigt die eingegangenen Antworten zu den Abmessungen und Massen von PE-Box und Boxpalette als Messgebinde, die für die Anlagen VKTA und KKR zum Einsatz kommen können.

Tabelle 6.3: Daten zur PE-Box und zur Boxpalette

sonstiges	VKTA	KKR
Gebindetyp	PE-Box 500 l	Boxpalette, Palette geschlossen
maximal mögliche Abmessungen	B x L x H 80 x 120 x 80	L x B x H 1200 x 800 x 500
Bereich der zulässigen Masse (kg)	700	Tara 60,5
Bereich zulässiger Füllgrad (%)	100	25, 50, 75, 100
max. zulässige Nettomasse, die als Bezugs- masse eingesetzt werden darf (kg)	300, bei Bauschutt + Boden- aushub 1000	1000

### 6.2.3 Zu Frage 3: Wertebereich der Aktivität

Von 6 Teilnehmern wurde angegeben, dass der Wertebereich der Summenformel von 0,7 bis 1,3 lediglich als Vorzugsbereich anzusehen ist und dass auch kleinere Aktivitäten sinnvoll messbar sind. 1 Teilnehmer antwortete, dass bei einem Wertebereich der Summenformel von weniger als 0,7 keine sinnvollen Aktivitätsangaben mehr gemacht werden können.

### 6.2.4 Zu Frage 4: Homogenität der Aktivität im Gebinde

4 Teilnehmer gaben an, dass eine homogene Aktivitätsverteilung im Gebinde bevorzugt würde. 3 Teilnehmer nannten eine homogene Aktivitätsverteilung im Gebinde als Voraussetzung für die Messung, damit quantitative Aussagen gemacht werden können.

### 6.2.5 Besonderheiten bzgl. inhomogener Aktivitätsverteilung

Zur Frage nach evtl. Besonderheiten bzgl. inhomogener Aktivitätsverteilung ging nur eine Antwort ein. Hierin wurde aufgeführt, dass keine einzelnen Punktstrahler im Gebinde vorhanden sein dürften, da für solche Geometrien keine quantitativen Aussagen möglich sind.

## 6.3 Gestaltung der Messgebinde

Die Auswertung des zweiten Satzes der Fragebögen gemäß Abschnitt 6.2 hat Konsequenzen für die Gestaltung der Messgebinde, die für einen Ringversuch eingesetzt werden könnten. Die folgenden Punkte fassen die Bedingungen, die Messgebinde erfüllen müssten, damit der Ringversuch mit einem möglichst breiten Teilnehmerkreis durchgeführt werden könnte, zusammen.

- Es sollten als Gebindetypen sowohl 200 l-Fässer als auch Gitterboxen angeboten werden. Würde nur die Gitterbox angeboten werden, könnten mindestens zwei Teilnehmer keine Messungen mit vorhandenen Kalibrierungen durchführen. Ebenso ist eine Beschränkung nur auf das 200 l-Fass nicht sinnvoll, da auch in diesem Fall nicht alle Teilnehmer über geeignete Kalibrierungen verfügen würden. Durch die Einbeziehung von 200 l-Fass und Gitterbox wären die für Freigabemessungen relevantesten Gebindetypen abgedeckt.
- Die von jeweils einem Teilnehmer ebenfalls benannte PE-Box bzw. Boxpalette brauchen nicht einbezogen zu werden, da diese Teilnehmer jeweils auch einen anderen Gebindetyp messen

können. Evtl. könnten derartige Gebinde in einem späteren Schritt hergestellt werden, nachdem ausreichende Erfahrungen mit der Gebindegestaltung und der Durchführung des Ringversuchs vorliegen.

- Die Abmessungen von 200 l-Fass und Gitterboxen entsprechen jeweils weitgehend Standardmaßen. Damit die zu messenden Gebinde jeweils in alle Anlagen eingebracht werden können, sollten sie jeweils die genannten Minimalwerte hinsichtlich der äußeren Abmessungen einhalten. Bei gegenwärtigem Stand entspräche dies beim 200 l-Fass: Ø 58 cm, Höhe 87 cm, bei der Gitterbox: Grundfläche 120 · 80 cm<sup>2</sup>, Höhe 60 cm. (Anmerkung: Sicherheitshalber sollte später vor der tatsächlichen Anfertigung der Gebinde eine erneute Abfrage der Maße, der erlaubten TARA und des maximalen Füllgewichts erfolgen, damit die Messung auch ggf. weiteren Teilnehmern möglich ist.)
- Eine eindeutige Festlegung des Materials, mit dem das Gebinde gefüllt sein sollte (Metall, Bauschutt), ergab sich weder aus dem ersten noch aus dem zweiten Satz von Fragebögen. Aus dem ersten Satz Fragebögen ist ersichtlich, dass die Teilnehmer insgesamt befürworten, sowohl Schüttgut als auch Messgut mit messbaren Oberflächen einzubeziehen. Es ist jedoch nicht notwendig, dass dies bereits in der ersten Runde des Ringversuchs umgesetzt wird. Vielmehr ist es als sinnvoll anzusehen, das Messgut zunächst auf eine Materialart zu beschränken, um die Sammlung erster Erfahrungen möglich zu machen. Daher wird vorgeschlagen, die Gebinde, die zunächst gemessen werden sollen, mit Bauschutt zu füllen, da sich eine Bauschuttschüttung im Vergleich zu Metallschrott wesentlich leichter gegen Verrutschen stabilisieren lässt, was für die Reproduzierbarkeit der Messanordnung wichtig ist (vgl. hierzu auch Abschnitte 6.4.2 und 6.4.7).
- Die Einbringung der Aktivität in die Gebinde kann in Form von mehreren Punktstrahlern erfolgen. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Anzahl der Prüfstrahler so groß ist, dass - zumindest in einem Teil des Gebindes - eine annähernd homogene Aktivitätsverteilung simuliert wird. Drei der befragten Teilnehmer nennen die homogene Aktivitätsverteilung als Voraussetzung dafür, dass eine quantitative Aussage über den Aktivitätsgehalt möglich ist.
- Der Wertebereich der Aktivitäten, die in die Gebinde eingebracht werden, sollte so angepasst werden, dass der Wert der Summenformel (SF) bzgl. der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV und bzgl. des nachzuweisenden Nuklidvektors zwischen 0,7 und 1,3 liegt. Bei niedrigeren Werten als 0,7 kann zumindest ein Teilnehmer keine sinnvollen Aktivitätsangaben machen. Es ist ferner auch für die Aussagekraft des Ringversuchs wichtig, neben dem Vergleich der quantitativen Aktivitätsangabe zwischen den Teilnehmern zu untersuchen, ob alle Teilnehmer ein Gebinde, das die Freigabewerte überschreitet (z. B. mit SF = 1,1), sicher als nicht freigebbar identifizieren (vgl. hierzu auch die Diskussion in Abschnitt 2). Verschiedene Messungen im Aktivitätsbereich  $0,7 \leq SF \leq 1,3$  würden in dieser Hinsicht geeignete Aussagen sowohl quantitativer Art (Vergleich der ermittelten Werte der massenbezogenen oder der Gesamtaktivität) als auch qualitativer Art (sichere Erkennung nicht freigebbarer Gebinde) ermöglichen. Hierauf wird in Abschnitt 6.4 näher eingegangen.

## **6.4 Vorbereitung und Logistik des Ringversuchs**

### **6.4.1 Übersicht**

In diesem Abschnitt werden Vorbereitung und Logistik des Ringversuchs im Sinne eines Konzepts beschrieben. Es handelt sich hierbei um

- die Vorbereitungen des Versuchs durch Erstellung der zu messenden Gebinde und Zurverfügungstellung der Aktivitäten,
- die Durchführung des Versuchs durch Transport der Gebinde zu den Teilnehmern, Bestückung mit Aktivität und Ausführung der Messungen, sowie
- die Auswertung der Messungen und die Darstellung der Ergebnisse.

Die tatsächliche Ausführung dieser Arbeiten ist nicht Gegenstand der im vorliegenden Bericht beschriebenen Arbeiten.

### **6.4.2 Anfertigung der Messgebinde**

#### 6.4.2.1 Messgebinde mit Bauschutt

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse beider Befragungen (Abschnitte 5.2 und 6.2) sowie der sonstigen Festlegungen für den Ringversuch in Abschnitt 5.3 sollte die Anfertigung folgender Messgebinde erfolgen:

- ein 200 l-Fass,
- eine Gitterbox,

jeweils gefüllt mit Bauschutt, welcher frei von künstlicher Aktivität ist, und ausgestattet mit nicht verschiebbaren Leerrohren, die die reproduzierbare Positionierung von Prüfstrahlern zur Einbringung der Aktivität in das Gebinde ermöglichen.

Die räumliche Verteilung der Prüfstrahler muss es ermöglichen, eine angenähert homogene Aktivitätsverteilung zu simulieren. Abbildung 6.1 zeigt hierzu eine Möglichkeit, Leerrohre zu positionieren und zu fixieren. Bauschutt wird zwischen den Leerrohren und der Gebindewand eingefüllt. Damit eine gleichmäßige Ausfüllung erreicht wird, sollte die Körnung des Bauschutts klein genug gewählt werden.

Das Einbringen der Prüfstrahler in die Leerrohre erfolgt von oben (Abbildung 6.2). Die Positionen werden durch geeignete Abstandshalter (z. B. Kunststoffstäbe) zwischen den Prüfstrahlern festgelegt. Wenigstens der unterste Abstandshalter ist mit einem geeigneten Mechanismus zur Rückholung der Strahler und anderen Abstandshalter auszurüsten.

Das Gebinde einschließlich der Leerrohre ist vor Befüllung zwecks Bestimmung der Tara zu wiegen. Die Nettomasse des eingefüllten Bauschutts ergibt sich aus der Differenz der Wägung des Gebindes nach Befüllung und der Tara. Aus der Füllhöhe, der Fläche und der Nettomasse wird die effektive Schüttdichte bestimmt.

Abbildung 6.1: Prinzipskizze für die beiden mit Bauschutt gefüllten Messgebinde

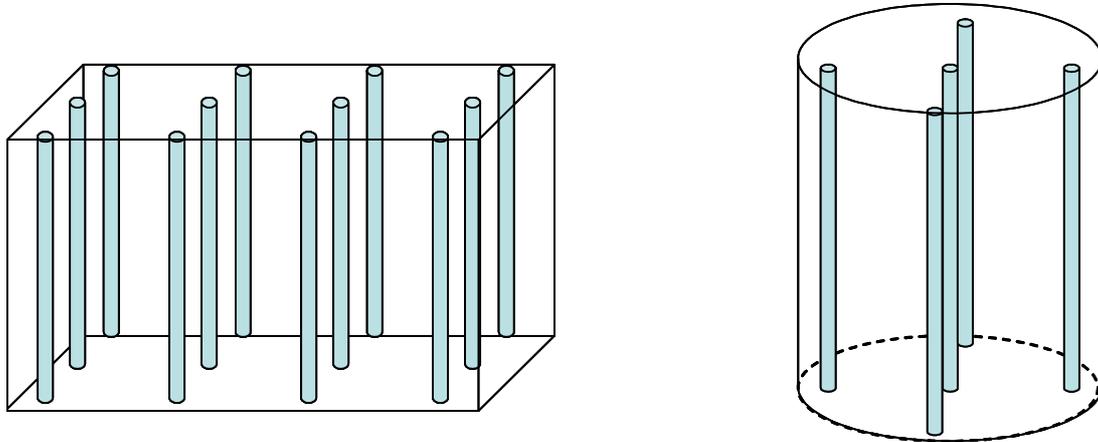
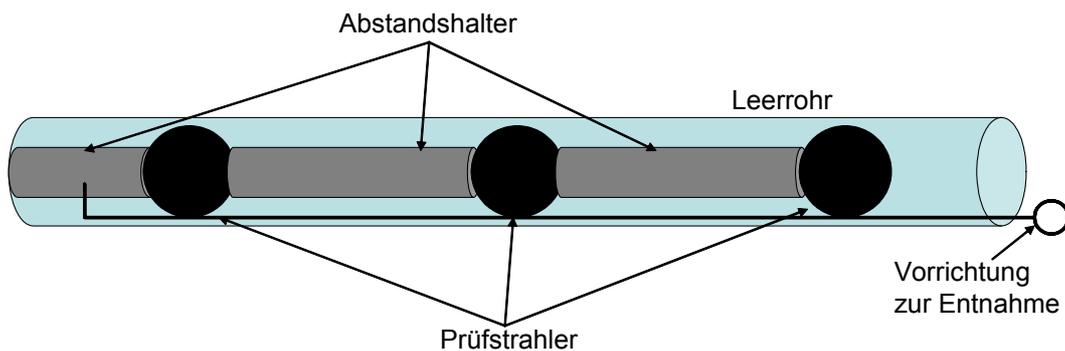


Abbildung 6.2: Positionierung der Prüfstrahler im Leerrohr (um 90° gedreht)



Die hier vorgeschlagene Konzeption von Messgebinden, die mit aktivitätsfreiem Messgut (bei Bauschutt nur natürliche Aktivität) gefüllt sind und mit Prüfstrahlern nach Bedarf bestückt werden, bietet für die Aufgabenstellung des Ringversuchs die größtmögliche Flexibilität.

Damit eine eindeutige Interpretation der Messergebnisse möglich ist, muss auch die natürliche Eigenaktivität des Bauschutts bekannt sein. Diese Eigenaktivität wird bei der Messung üblicherweise abgezogen (vgl. auch Abschnitt 6.4.6 und 6.4.9).

#### 6.4.2.2 Messgebinde mit Metallschrott

Die Anfertigung entsprechender Messgebinde mit Metallschrott wird für die erste Runde des Ringversuchs nicht empfohlen, da die Herstellung eines solchen Gebindes, das die Anforderungen zur reproduzierbaren Einbringung von Prüfstrahlern erfüllt und bei dem 200 l-Fass und Gitterbox jeweils gleichwertige Messaufgaben stellen, wesentlich schwieriger ist. Auch mit einem mit Metallschrott gefüllten Gebinde wären nur massenbezogene Aktivitäten messbar und vergleichbar, was auch durch ein mit Bauschutt gefülltes Gebinde abgedeckt werden kann. Die Konstruktion eines mit Metallschrott gefüllten Gebindes könnte analog zum in Abbildung 6.1 gezeigten Prinzip erfolgen. Die Metallteile sowie die Rohre zum Einbringen der Prüfstrahler wären mit einigen Schweißpunkten oder alternativ mit Laschen (Klemmen oder Verschrauben) zumindest untereinander zu fixieren. Darüber hinaus könnte auch eine Verbindung mit dem Gebinde (etwa dem Gitter der Gitterbox oder dem Fass) durch Schweißen oder Verschrauben erfolgen.

Die Möglichkeit zur Entnahme der Einzelteile für Oberflächenmessungen und zur späteren erneuten Positionierung an annähernd identischer Stelle würde sehr hohe Anforderungen stellen:

- Es müsste sich um Stücke handeln, die eine reale Oberflächenkontamination aufweisen. Die Simulation der Aktivitätsverteilung mittels Punktstrahlern wäre in diesem Fall nicht mehr möglich.
- Die Werte der Oberflächenkontamination aller Einzelstücke müssten vor Versuchsbeginn extern mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden. Damit sich die Aktivität während des Versuchs nicht ändert, müsste eine geeignete Fixierung erfolgen, die jedoch gleichzeitig Beta-Messungen mit Kontaminationsmonitoren nicht behindert.
- Es müsste eine Möglichkeit geschaffen werden, die Einzelstücke in Halterungen zu fixieren, aus denen sie entnommen werden könnten. Es reicht nicht, die Einzelstücke lediglich nach Augenmaß (etwa anhand eines Fotos der ursprünglichen Lage) wieder in das Gebinde zurückzulegen, da sich hierdurch Selbstabschirmung und Aktivitätsverteilung zwangsläufig soweit ändern würden, dass ein quantitativer Vergleich sinnlos würde.

Zum Vergleich auch der Messung von Oberflächenaktivitäten bestünde natürlich die Alternative, unveränderliche Gebinde mit aktivitätsfreiem Metallschrott und einbrachten Prüfstrahlern nach dem oben beschriebenen Prinzip herzustellen und nur für massenbezogene Messungen zu verwenden, und separat hierzu einige oberflächenkontaminierte Stücke mit Kontaminationsmonitoren messen zu lassen. Ein solcher Ringversuch würde aber aus zwei unabhängigen Messungen bestehen, da nicht dasselbe Material mit zwei Messmethoden bewertet werden würde, und daher an Aussagekraft verlieren.

#### 6.4.2.3 Handhabung der Gebinde

Bei der Gestaltung der beiden Gebindetypen sind die Möglichkeiten zur Handhabung in den einzelnen Anlagen zu berücksichtigen.

- Die Gitterbox kann mit den in den Anlagen, die mit derartigen Gebindetypen umgehen, vorhandenen Gabelstaplern oder mittels einer Traverse an den oberen Ecken mit Hebezeug gehandhabt werden. Eine konstruktive Veränderung oder Anpassung an die Handhabung in einer Anlage ist daher nicht notwendig.
- Das 200 l-Fass wird in den Anlagen üblicherweise mit Gabelstaplern mit angesetzten Fassgreifern oder mittels Hebezeug mit angehängtem Fassgreifer gehandhabt. Je nach Ausführung müssen die Fässer hierfür eine geeignete Deckelwulst aufweisen. Daneben besteht die Möglichkeit, die Fässer mit am Deckel angreifenden bzw. dort angeschlagenen Hebezeugen zu handhaben. Da hierfür in den Anlagen in Deutschland verschiedene Systeme im Einsatz sind, empfiehlt es sich, bei der Anschaffung des 200 l-Fasses nicht nur einen Standarddeckel, sondern einen Satz passender Deckel für die verschiedenen Handhabungssysteme zu erwerben.

#### 6.4.3 Auswahl von Prüfstrahlern

Als Prüfstrahler, die zur Bestückung der Gebinde eingesetzt werden, eignen sich handelsübliche Ausführungen. Als Nuklide können Co-60, Cs-137 und Eu-152 verwendet werden. Diese Radionuklide haben die folgenden hier relevanten Eigenschaften:

- Co-60: Halbwertszeit 5,3 a, weit verbreitet in der Kontamination vieler kerntechnischer Anlagen, Schlüsselnuklid,  $\gamma$ -Linien bei 1,17 MeV und 1,33 MeV jeweils mit 100 % Emissionswahrscheinlichkeit.
- Cs-137: Halbwertszeit 30,7 a, weit verbreitet in der Kontamination vieler kerntechnischer Anlagen, Schlüsselnuklid,  $\gamma$ -Linie bei 661 keV mit 90 % Emissionswahrscheinlichkeit aus dem radioaktiven Tochternuklid Ba-137m.
- Eu-152: Halbwertszeit 13,6 a, in Kontamination gelegentlich vorhanden sowie in aktiviertem Bauschutt aus stabilem Eu-151 über (n, $\gamma$ )-Reaktion gebildet, breites Spektrum von  $\gamma$ -Linien mit hohen Emissionswahrscheinlichkeiten vom keV- bis MeV-Bereich (beispielsweise 121, 344, 779, 964, 1112, 1408 keV mit Emissionswahrscheinlichkeiten jeweils > 10 %).
- Eu-154: Halbwertszeit 8,8 a, sonst analog zu Eu-152, Bildung aus stabilem Eu-153 über (n, $\gamma$ )-Reaktion.

Für den Fall von Co-60 würde beispielsweise zur Erreichung der vollständigen Ausschöpfung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV (0,1 Bq/g), d.h. Wert der Summenformel = 1, bei einer Bauschuttmasse von 300 kg eine Gesamtaktivität von 30 kBq benötigt werden. Um eine ausreichende Variationsmöglichkeit und gute räumliche Verteilung zu erreichen, könnten beispielsweise 30 einzelne Strahler von je 1 kBq Co-60 (oder entsprechend gestaffelte Strahler der anderen Nuklide) eingesetzt werden.

Preise für Prüfstrahler bewegen sich im Bereich einiger 100 € pro Stück. Es wäre somit mit Investitionskosten im Bereich von 10.000 bis 20.000 € (je nach Staffelung und Anzahl der Radionuklide) für die Ausstattung mit Prüfstrahlern zu rechnen, was im Rahmen des gesamten Ringversuchs als einmalige Anschaffung nur einen kleinen Anteil der Gesamtkosten ausmachen würde. Die Prüfstrahler würden bei einer Wiederholung des Versuchs nach Ablauf von einem oder mehreren Jahren außerdem wieder einsetzbar sein.

#### **6.4.4 Transport der Gebinde**

Die hier vorgeschlagene Konzeption von Messgebinden aus aktivitätsfreiem Messgut mit Prüfstrahlern erlaubt den einfachen Transport der Gebinde zum jeweiligen Einsatzort. Die Prüfstrahler können für Lagerung und Transport der Gebinde entnommen und sicher separat verwahrt werden. Sie brauchen erst für die eigentliche Messung vor Ort eingesetzt zu werden.

Da das eigentliche Messgebinde aktivitätsfrei ist (die natürliche Aktivität des Bauschutts ist unerheblich), stellt sich die Frage des Transports des Gebindes nach Transportrecht nicht. Die Prüfstrahler können als freigestelltes Versandstück transportiert werden, so dass die zu erfüllenden Anforderungen äußerst gering sind.

Es ist selbstverständlich, dass die Abstimmung der Anlieferung und der Durchführung der Messungen beim jeweiligen Teilnehmer individuell geregelt werden muss und hier nicht behandelt werden kann. Es soll allerdings darauf hingewiesen werden, dass das ggf. Gebinde z. B. durch eine Folie o. ä. gegen Querkontamination in der kerntechnischen Anlage, in der es zur Messung kommt, geschützt werden sollte und dass hierzu geeignete Abstimmungen mit dem Strahlenschutz vor Ort zu treffen sind. Das Umfeld einer Freimessanlage ist natürlich in aller Regel sehr sauber und frei von Kontaminationen, um die empfindlichen Messungen überhaupt erst zu ermöglichen, jedoch kann es je nach räumlichen Verhältnissen ggf. notwendig sein, das Messgebinde in den Kontrollbereich

einzubringen. In vielen Fällen ist allerdings die Beschickung der Freimessanlage, die oft auf der Grenze zwischen Kontrollbereich und Überwachungsbereich angeordnet ist, auch von der Seite des Überwachungsbereichs her möglich, so dass kein Kontaminationsrisiko besteht.

Der Transport der Gebinde kann beispielsweise mit einem Kleintransporter erfolgen. Je nach Füllgrad beträgt die Bruttomasse eines Gebindes einige 100 kg bis z. B. 600 kg, wobei voraussichtlich der Bereich um 350 kg (300 kg Nettomasse) zu bevorzugen ist.

#### 6.4.5 Planung eines Ringversuchs

Bei der Planung einer Runde des Ringversuchs müssen folgende Festlegungen getroffen werden:

- Abstimmung des Teilnehmerkreises und der gewünschten Termine, einschließlich der zu messenden Gebindetypen (200 l-Fass, Gitterbox oder beides).
- Festlegung einer Route und Koordination der Termine, um ggf. mehrere Teilnehmer auf einer Fahrt zu bereisen.
- Abstimmung der Zugangsregelungen für den Mitarbeiter, der die Messungen im Rahmen des Ringversuchs im Auftrag des BfS betreut, zu den kerntechnischen Anlagen.
- Festlegung eines Messprogramms hinsichtlich „Nuklidvektoren“ (Mischung der Prüfstrahler) und Ausschöpfung der Summenformel der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV. Beispiel: 4 Einzelmessungen mit SF = 0,6 / 0,8 / 0,9 / 1,1 – jeweils für einen Nuklidvektor aus 90 % Co-60 / 10 % Cs-137 und aus 40 % Co-60, 40 % Cs-137 und 20 % Eu-152, d.h. insgesamt 8 Einzelmessungen.
- Ggf. Einbeziehung von nicht messbaren Nukliden. Um die Messaufgabe realistischer zu gestalten und Aussagen zum Umgang mit nicht zum Messeffekt beitragender Aktivität zu gewinnen, können dem „Nuklidvektor“ auch einige nicht mit Freimessanlage oder Fass-Scanner messbare Nuklide beigegeben werden. Typische Nuklide sind etwa Sr-90 oder Am-241<sup>2</sup> bzw. Gesamt-Alpha, daneben auch beispielsweise H-3, C-14, Fe-55 und Ni-63. Aufgrund vergleichsweise hoher Freigabewerte trägt die Gruppe der letztgenannten Nuklide zur Summenformel allerdings auch bei hohem Aktivitätsanteil nur wenig bei. Sinnvoll ist daher vor allem die Einbeziehung von Sr-90 mit Aktivitätsanteilen zwischen beispielsweise 5 % und 20 % und/oder Am-241 bzw. Gesamt-Alpha mit Aktivitätsanteilen zwischen beispielsweise 0,5 % und 3 %.
- Für jede Einzelmessung Festlegung der Bestückungspläne der Prüfstrahler (Zuordnung, welche Prüfstrahler und welche Abstandshalter in die Leerrohre eingebracht werden). Da 200 l-Fass und Gitterbox gleichwertig behandelt werden, müssen für jeden „Nuklidvektor“ und jeden Ausschöpfungswert der Summenformel für beide Gebindetypen Bestückungspläne entworfen werden.
- Die Reihenfolge der Einzelmessungen kann zwischen den Teilnehmern gewechselt werden, um eine vorherige Einstellung auf die Messaufgabe zu erschweren.
- Rechnet man für eine Einzelmessung eine Gesamtzeit von  $\frac{3}{4}$  h, bestehend aus 5 min zur Bereitstellung des Gebindes zum Bestücken, 15 min Ausbau der Prüfstrahler der vorherigen Konfigu-

---

<sup>2)</sup> Die schwache Gamma-Linie von Am-241 bei 59,5 keV trägt aufgrund von Selbstabsorption im Messgut praktisch nicht zum Messeffekt bei

ration, 15 min Einbau der Prüfstrahler in der neuen Konfiguration und 10 min Messzeit, so können innerhalb einer Arbeitszeit von 8 h der Zugang zur Anlage, der Ein- und Ausschleusvorgang für das Gebinde und sonstige Formalitäten sowie 8 Einzelmessungen erledigt werden.

#### **6.4.6 Mitteilung der notwendigen Daten an die Teilnehmer**

Vor der Durchführung der Messungen sind dem Teilnehmer einige Daten mitzuteilen, die für die Auswertung der Messung unabdingbar sind. Die relevanten Informationen, die für alle Messungen gleich bleiben, sind:

- Geometrie des Gebindes,
- Tara des Messgutträgers, da die Wägeeinrichtung nur die Bruttomasse bestimmen kann,
- effektive Dichte und/oder Füllgrad (je nach Anforderung),
- Gehalt an natürlicher Aktivität im Falle von Bauschutt.

Daneben ist für jede Einzelmessung mitzuteilen:

- Nuklidvektor (d. h. verwendete Radionuklide und deren Anteile an der Gesamtaktivität).

Die sonstigen Daten, die für die vollständige Auswertung von Freigabemessungen benötigt werden, werden vom Teilnehmer ermittelt. Es handelt sich um:

- die Bruttomasse, aus der durch Abzug der Tara die Nettomasse des Messguts ermittelt wird,
- der Füllgrad bzw. die effektive Dichte (je nach mitgeteilten Ausgangsdaten),
- die geeignete Kalibrierung des Messgeräts, welche der Messgeometrie am besten entspricht bzw. welche gem. bestehender Messvorschrift anzuwenden ist,
- Informationen zu Dicken und Gesamtfläche des Materials, sofern es sich um metallische Reststoffe handelt; für Bauschutt sind derartige Daten irrelevant.

#### **6.4.7 Bestückung der Gebinde mit Prüfstrahlern vor Ort**

Wenn das bzw. die Gebinde zum Einsatzort gebracht wurden, müssen sie für jede Einzelmessung konfiguriert werden. Hierzu setzt der Mitarbeiter, der die Messungen vor Ort im Auftrag des BfS betreut, Abstandshalter und Prüfstrahler in der festgelegten Reihenfolge entsprechend des Bestückungsplans in die Leerrohre ein. Dies sollte verdeckt, d. h. ohne Einsichtnahme der Mitarbeiter des Teilnehmers erfolgen. Hierbei ist auf Sicherstellung der zwischen allen Teilnehmern immer gleichen Bestückung zu achten, da bei nicht erkannter fehlerhafter Bestückung das Messergebnis fälschlicherweise als fehlerhaft bzw. als mit großer Abweichung behaftet interpretiert werden würde.

#### **6.4.8 Durchführung und Auswertung der Messungen**

Der Teilnehmer führt die jeweiligen Einzelmessungen in möglichst exakt derselben Weise durch, wie es auch für ein freizumessendes Gebinde aus dem Kontrollbereich geschehen würde. Das Messprotokoll wird erstellt und an den Mitarbeiter, der die Messungen vor Ort im Auftrag des BfS betreut, übergeben. Aus diesem Messprotokoll müssen in Übereinstimmung mit DIN 25457 Teil 6 mindestens folgende Angaben ersichtlich sein:

- Kennung der Messung sowie Datum und Uhrzeit der Messung für die spätere Zuordnung bei der Auswertung des Ringversuchs,
- Masse des Messguts,
- Art des Messguts,
- Aussage zur räumlichen Verteilung der Aktivität,
- verwendete Kalibrierung,
- ermittelte Gesamtaktivität und / oder Aktivitäten der Nuklide des Nuklidvektors, alternativ errechneter Ausschöpfungsgrad der Summenformel bzgl. Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV,
- Aussage zur Freigebbarkeit des Gebindes.

Es ist zu beachten, dass ggf. eine evtl. vorhandene Automatik, die das Ausfahren eines Gebindes, das Freigebewerte überschreitet, in den Überwachungsbereich verhindert. außer Kraft gesetzt werden muss. Sollte ein Gebinde so bestückt sein, dass Freigebewerte nur geringfügig unterschritten oder aber tatsächlich überschritten sind, so dass der Messrechner der Freimessanlage als Ergebnis der Messung eine Überschreitung der Freigebewerte feststellt, so muss das Gebinde dennoch in den Überwachungsbereich gefahren werden können, damit es dort neu bestückt werden kann bzw. die Prüfstrahler entfernt werden können.

#### **6.4.9 Auswertung der Ergebnisse**

Wenn alle Messungen bei allen Teilnehmern durchgeführt wurden, kann der Ringversuch insgesamt ausgewertet werden. Die Kernaussage besteht zunächst darin festzustellen, ob alle Teilnehmer solche Gebinde, bei denen die eingesetzten Aktivitäten die Freigebewerte überschritten haben, auch als nicht freigebbar erkannt haben. Des Weiteren kann ermittelt werden, ab welcher Ausschöpfung der Summenformel (z. B.  $SF = 0,8$  oder  $SF = 0,9$ ) ein eigentlich freigebbares Gebinde von der Mehrzahl der Teilnehmer als nicht mehr freigebbar eingestuft wird. Beide Angaben sind von großer Bedeutung für die Gesamtdarstellung der Ergebnisse des Ringversuchs und bedeuten für die Einschätzung der Qualität von Freigaben nach § 29 StrlSchV mehr als die möglichst exakte Aktivitätsbestimmung.

Quantitative Aussagen können im Anschluss an die qualitative Auswertung getroffen werden. Hierzu werden die Messergebnisse aller Teilnehmer zu jeder Einzelmessung verglichen, und es werden beispielsweise Mittelwert und Standardabweichung über alle Einzelergebnisse gebildet. Die erste Interpretation dieser Ergebnisse besteht im Vergleich der tatsächlich im Gebinde befindlichen Aktivität mit den Einzelergebnissen aller Teilnehmer. Liegen diese Einzelergebnisse beispielsweise systematisch höher als die tatsächliche Aktivität, deutet dies auf Konservativitäten bei der Kalibrierung und/oder der Berechnung der Aktivität aus den Zählraten der Detektoren hin. Liegen ein oder einige wenige Einzelergebnisse unter der tatsächlichen Aktivität, so wäre dieser Befund zu interpretieren und die Ursachen hierfür wären darzustellen. Eine weitere Interpretation der Ergebnisse kann über die Breite der Verteilung der Einzelergebnisse erfolgen (Höhe der Standardabweichung in Relation zum Mittelwert). Einzelne Messergebnisse, die z. B. weiter als eine Standardabweichung vom Mittelwert entfernt liegen, können interpretiert werden, da die zugehörigen Messungen entweder wesentlich konservativer als bei den meisten anderen Teilnehmern oder ggf. nicht konservativ genug erfolgen. Jede quantitative Interpretation, insbesondere von relativ weit vom Istwert abweichenden Ergebnissen, muss jedoch immer auch die Ursachen für diese Abweichungen einbeziehen.

Sofern verschiedene Einzelmessungen bei jedem Teilnehmer durchgeführt wurden (z. B. mehrere Nuklidvektoren, mehrere Ausschöpfungsgrade der Summenformel), erfolgt zunächst die Auswertung bzgl. jeder Einzelmessung wie eben beschrieben. Anschließend kann verglichen werden, ob sich systematische Abhängigkeiten bei bestimmten Teilnehmern zeigen (z. B. immer zu hohe oder immer zu niedrige Aktivitätsangaben), oder ob es Unterschiede in Abhängigkeit von den Gammaenergien (Cs-137 und Eu-152 als Nuklide mit mittleren, Co-60 als Nuklid mit hohen Gammaenergien) gibt, was sich in der gewählten Kalibrierung widerspiegeln würde.

Gründe für ggf. vorliegende Unterschiede in den Messwerten können verschiedenartig und in ihrer Kombination für jeden Fall unterschiedlich sein. Wichtige Ursachen können sein:

- Wahl der Kalibrierung: Die Kalibrierung wird in der Regel deutlich konservativer gewählt, als dies für die tatsächliche Messgeometrie und die Aktivitätsverteilung im Messgut notwendig wäre. Durch die Wahl einer konservativen Kalibrierung wird der Tatsache Rechnung getragen, dass prinzipiell nicht alle Parameter einer Messung (wie etwa die genaue räumliche Verteilung der Aktivität im Messgut) genau bekannt sein können und dass die Aktivität nicht unterschätzt werden darf. Festlegungen zur Wahl der Kalibrierung und die Gründe hierzu sind üblicherweise in den Anlagen verschieden, so dass sich unterschiedliche Interpretationen der gemessenen Zählraten durch verschiedene Anlagen ergeben.
- Wahl des Füllgrads und der effektiven Dichte: Je nach Messvorschrift ist der Füllgrad des Gebindes bzw. die effektive Dichte zu wählen. Diese Daten gehen üblicherweise in die Kalibrierung mit ein. Beispiele für Bereiche des anwendbaren Füllgrads finden sich in Tabelle 6.1 bis Tabelle 6.3.
- Wahl der Bezugsmasse: Die Bezugsmasse in Freimessvorschriften ist meist gestaffelt und nach oben begrenzt. So kann beispielsweise eine Staffelung der Bezugsmassen in 50 kg-Schritten bis zur Obergrenze 300 kg vorliegen, wobei immer der nächst niedrige Wert zu wählen ist. Wird beispielsweise die Nettomasse zu 178 kg bestimmt, so wäre in diesem Raster als Bezugsmasse der Wert 150 kg zu wählen. Überschreitet die Nettomasse die Massenobergrenze, so ist diese einzusetzen. Das Messergebnis von beispielsweise 500 kg Messgut ist in diesem Fall nur auf 300 kg zu beziehen. Beispiele für Bereiche der Bezugsmassen finden sich in Tabelle 6.1 bis Tabelle 6.3.
- Wahl der Bezugsfläche: Analoges wie für die Bezugsmasse gilt für die Bezugsfläche. Dieser Parameter ist aber nur für Messgut mit messbarer Oberfläche relevant, also nicht für Bauschutt.
- Abzug des natürlichen Aktivitätsgehalts im Bauschutt: Je nach Messvorschrift in der Anlage darf die natürliche Eigenaktivität des Messguts abgezogen werden. Allerdings sind verschiedene Festlegungen hierzu in Gebrauch, die vom Abzug der realen Eigenaktivität über den Abzug eines konservativ niedrigen Standardwerts bis zur Interpretation der natürlichen Eigenaktivität des Messguts wie künstliche Aktivität reichen. Ist kein Abzug oder nur der Abzug einer kleinen natürlichen Eigenaktivität zulässig, ergibt sich das Messergebnis konservativ als zu hoch.
- Weitere Einflussfaktoren können im Einzelfall gegeben sein und müssen bei der Durchführung der Messungen erfragt werden.

In jedem Fall muss die Auswertung und die Ergebnisdarstellung dem Einzelfall angepasst werden, da die mit diesem Ringversuch zu beantwortende Fragestellung anders gelagert ist als etwa bei den üblichen Ringversuchen im Rahmen der Umweltradioaktivitätsmessung. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass ggf. verschiedene Messverfahren, in diesem Fall die Gesamt-Gamma-Messung

mit Freimessanlage und die spektrometrische Messung mit Fass-Scanner verglichen werden. Auch hierdurch können sich Unterschiede ergeben.

Wegen dieser Vielzahl von Einflussfaktoren sollte daher insgesamt die Auswertung und die Interpretation der Ergebnisse mit allen Teilnehmern – auch ggf. durch Rückfragen – genau abgestimmt werden.

## **6.5 Einbeziehung von Behörden und Sachverständigen**

Das Hauptaugenmerk des Ringversuchs, wie er in diesem Vorhaben entwickelt wurde, richtet sich auf die praktische Durchführung der Messungen und auf deren anschließenden Vergleich. Hierbei sind neben dem BfS, das den gesamten Ringversuch koordiniert (bzw. ggf. einer vom BfS hierzu beauftragten Firma) vorwiegend die kerntechnischen Anlagen, bei denen sich die Freimesseinrichtungen befinden, involviert. Es ist aber sinnvoll, auch die in den Freigabeverfahren normalerweise beteiligten zuständigen Behörden und deren Sachverständige nach § 20 AtG einzubeziehen. Deren Aufgaben im Rahmen des Ringversuchs könnten sich beispielsweise auf die folgenden Felder erstrecken:

- falls notwendig, Mitwirkung der Behörde zur Schaffung der rechtlichen Voraussetzungen für die Durchführung der Messungen bei den Teilnehmern für den Fall, dass die im Rahmen des Ringversuchs notwendigen Messungen nicht durch die bestehenden Genehmigungen abgedeckt wären,
- Beobachtung der Messungen bei den einzelnen Teilnehmern analog zur Vorgehensweise bei realen Freimessungen (zumindest in solchen Anlagen, in denen eine gutachterliche Begleitung üblich ist) – hierdurch wäre – falls gewünscht – die Möglichkeit gegeben sicherzustellen, dass alle Messungen im Rahmen des Ringversuchs analog zu realen Freigabemessungen verlaufen und keine besonderen Festlegungen getroffen werden, wie etwa erhebliche Verlängerung der Messzeiten zur Erreichung besserer Nachweisgrenzen,
- Mitwirkung bei der Auswertung, insbesondere bei der Interpretation der Ergebnisse des Ringversuchs und der ggf. festgestellten Abweichungen, Mitwirkung bei der Darstellung, warum bestimmte Festlegungen für das Messverfahren, die zu den ggf. festgestellten Abweichungen geführt haben, in den betreffenden Genehmigungen bzw. im Aufsichtsverfahren getroffen wurden,
- Mitwirkung bei der Interpretation des Gesamtergebnisses im Hinblick auf die Praxis der Freigabe in Deutschland und den ggf. notwendigen Bedarf für weitere Harmonisierungen.

Es ist selbstverständlich, dass jeweils Vertreter derjenigen Behörde bzw. derjenigen Sachverständigenorganisation eingesetzt werden sollten, die auch die jeweilige kerntechnische Anlage betreut.

Aus dieser Aufzählung der Mitwirkungsmöglichkeiten für Behörden und Sachverständigen wird deutlich, dass eine Abstimmung mit deren Vertretern erst relativ zeitnah zur Realisierung des Ringversuchs notwendig werden würde. Demgegenüber sollte die weitere Planung des Ringversuchs (sofern eine Realisierung tatsächlich angestrebt wird) durch das BfS erfolgen, d. h. von einer Stelle zentral koordiniert werden, da es ja gerade erklärtes Ziel des Ringversuchs ist, den Status quo der Freigabepaxis in Deutschland zu vergleichen. Eine Harmonisierung bzw. Abstimmung im Vorfeld durch Beteiligung aller involvierten Behörden und deren Sachverständigen könnte sich ggf. ungünstig auf die Unabhängigkeit und Neutralität des Versuchs insgesamt auswirken.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG

Das Vorhaben „Durchführung eines Ringversuchs zu Freigabemessungen mit einem Gebinde bekannter Aktivität“ (StSch. 4563) wurde von Mitte 2007 bis Mitte 2008 von den Firmen Brenk Systemplanung GmbH, Aachen, und ISE GmbH, Rödermark, durchgeführt. Es befasst sich mit der Fragestellung, ob zur Sicherstellung eines hohen Qualitätsstandards bei Entscheidungsmessungen im Rahmen von Freigabeverfahren nach § 29 StrlSchV die Durchführung von Ringversuchen, wie sie bei Radioaktivitätsmessungen im Labor üblich sind, sinnvoll ist und wie solche Ringversuche ggf. angelegt sein könnten.

In einem ersten Schritt wurden das Grobkonzept für einen solchen Ringversuch erarbeitet und der potenzielle Teilnehmerkreis ermittelt. Als Kernstück des Ringversuchs wäre ein Gebinde zu verwenden, wie es hinsichtlich Konfiguration und Messgut auch für Freigabemessungen verwendet wird, wobei das Messgut selbst allerdings aktivitätsfrei ist. Die für den Ringversuch notwendige Aktivität wird vor den Einzelmessungen in Form von Prüfstrahlern an vorgegebene Positionen eingebracht. Ein Durchgang des Ringversuchs besteht aus einer Reihe von Einzelmessungen bei jedem Teilnehmer. Vor jeder Einzelmessung wird das Gebinde durch die die Messung betreuende Person mit Aktivität bestückt, welche dem Teilnehmer hinsichtlich des Nuklidvektors bekannt, hinsichtlich ihrer Höhe jedoch jeweils unbekannt ist. Die Aktivitäten werden so gewählt, dass sie für Freigaben aus Reaktoranlagen typische Nuklidzusammensetzungen (z. B. Co-60, Cs-137 und andere gammastrahlende Nuklide) aufweisen und die Summenformel nach Anl. IV Teil A Nr. 1 Buchst. e StrlSchV bezüglich der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV zu beispielsweise 50 % bis 130 % ausschöpfen. Durch mehrere Einzelmessungen bei jedem Teilnehmer können verschiedene Nuklidvektoren und Aktivitätshöhen abgedeckt werden. Dieser Einzelmessungen werden nach einem vorher festgelegten Plan bei jedem Teilnehmer reproduzierbar durchgeführt, wobei die Reihenfolge der Einzelmessungen jeweils ggf. variiert werden kann.

Die Auswertung des Ringversuchs erfolgt zunächst bezüglich der grundlegenden Fragestellung, ob von allen Teilnehmern zuverlässig solche Gebinde, in denen Freigabewerte überschritten werden (d. h. die Summenformel einen Wert größer 1 annimmt), als nicht freigebbar erkannt werden. (Die fälschliche Einstufung eines die Freigabewerte unterschreitenden Gebindes als nicht freigebbar stellt dagegen keinen Mangel dar, da hierdurch in der Realität keine fehlerhafte Freigabe erfolgen würde.) Des Weiteren können die Werte der Aktivitätsangaben zwischen den einzelnen Teilnehmern verglichen werden. Die Gründe für das Abweichen der Messergebnisse einzelner Messungen um mehr als einen bestimmten Betrag vom Sollwert können dann näher untersucht werden.

In einem ersten Fragebogen, in welchem Grundzüge und Anliegen dieses Versuchs erläutert wurden, wurden die Betreiber von Freimesseinrichtungen gebeten, ihre Teilnahmebereitschaft anzugeben sowie die jeweils für sie gültigen Randbedingungen für die Freimessung hinsichtlich verfügbarer Messgeräte (Freimessanlage, Fassscanner, sonstiges), Art des Gebindes, Messgut, Anforderungen an die Aktivitätsverteilung im Gebinde, Aktivitätshöhen u. ä. darzustellen. Dieser Fragebogen wurde an die überwiegende Zahl deutscher Kernkraftwerke, Forschungszentren und Dienstleister mit derartigen Einrichtungen verteilt. Von den 21 angeschriebenen Stellen gingen 18 Antworten ein. Zwölf der Befragten signalisierten Interesse an der Teilnahme.

Die näheren Randbedingungen für die Durchführung eines solchen Ringversuchs wurden in einem zweiten Fragebogen, welcher an die 12 potenziellen Teilnehmer versandt wurde, abgefragt. Auf der Basis dieser Antworten wurden konkretere Vorschläge für die Gestaltung der Durchführung des gesamten Versuchs sowie die Gestaltung des zu messenden Gebindes erarbeitet. Um einen mög-

lichst breiten Teilnehmerkreis zu erreichen, sollten sowohl ein 200 l-Fass als auch eine Gitterbox bestimmter Abmessungen verwendet werden, die mit inaktiven Bauschutt gefüllt werden, in welchen durch eine Zahl von Leerrohren Prüfstrahler reproduzierbar so eingebracht werden können, dass eine angenähert homogene Aktivitätsverteilung simuliert wird.

Es bietet sich außerdem an, auch die für die jeweiligen Teilnehmer zuständigen atomrechtlichen Behörden sowie deren zugezogene Sachverständige an der Durchführung des Ringversuchs zu beteiligen. Diese Beteiligung kann in der Beobachtung der korrekten Durchführung der Einzelmessungen (Ablauf wie im normalen Freigabeverfahren) sowie der Interpretation der Ergebnisse, insbesondere im Falle von festgestellten deutlichen Abweichungen vom Sollwert, bestehen. Ferner besteht die Möglichkeit, dass das BfS die Gesamtergebnisse des Versuchs mit den messenden Teilnehmern sowie den Behörden und Sachverständigen abschließend diskutiert, um eine Übersicht zu Unterschieden in der Freigabepraxis in Deutschland zu ermitteln.

# | Verantwortung für Mensch und Umwelt |

**Kontakt:**

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 30 18333 - 0

Telefax: + 49 30 18333 - 1885

Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



**Bundesamt für Strahlenschutz**