

# Wissenswertes über hochradioaktive Strahlenquellen

Fachbereich  
Strahlenschutz und Gesundheit

K.-H. Motzkus

U. Häusler

R. Dollan



Bundesamt für Strahlenschutz

**BfS-SG-17/12**

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokuments immer auf folgende URN:

**urn:nbn:de:0221-2012112610240**

Zur Beachtung:

BfS-Berichte und BfS-Schriften können von den Internetseiten des Bundesamtes für Strahlenschutz unter <http://www.bfs.de> kostenlos als Volltexte heruntergeladen werden.

Salzgitter, November 2012

# **Wissenswertes über hochradioaktive Strahlenquellen**

**Fachbereich  
Strahlenschutz und Gesundheit**

**K.-H. Motzkus**

**U. Häusler**

**R. Dollan**



## ZUSAMMENFASSUNG

Vor dem Hintergrund schwerer Unfälle mit gestohlenen bzw. herrenlosen radioaktiven Strahlenquellen sowie der Möglichkeit, terroristische Anschläge unter Verwendung radioaktiven Materials zu verüben, wurden seit den 1990er Jahren auf IAEA-Ebene Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit radioaktiver Quellen diskutiert und als Ergebnis im September 2000 der „Code of Conduct on The Safety and Security of Radioactive Sources (CoC)“ veröffentlicht.

Insbesondere nach den Terroranschlägen vom 11. September 2001 begannen innerhalb der Europäischen Union (EU) Diskussionen über einheitliche Grundsätze bei der Anwendung von radioaktiven Quellen mit hohem Sicherheitsrisiko. Im Jahr 2003 wurde daraufhin die „Council Directive 2003/122/EURATOM on the Control of High-activity Sealed Sources and Orphan Sources“, die sogenannte HASS-Direktive (HASS – High Activity Sealed Source), verabschiedet, in der für die Mitgliedstaaten der EU einheitliche Vorgaben zur Kontrolle von hochradioaktiven umschlossenen sowie herrenlosen Strahlenquellen verbindlich festgelegt sind.

Mit dem Gesetz zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen, das am 18./19. August 2005 in Kraft trat, wurde die HASS-Direktive in deutsches Recht umgesetzt. Kern des deutschen Gesetzes ist die Einrichtung eines bundesweiten Registers über hochradioaktive umschlossene Strahlenquellen (HRQ-Register). Dieses ermöglicht eine lückenlose Rückverfolgung von hochradioaktiven Strahlenquellen innerhalb Deutschlands, da Erwerb, Abgabe und regelmäßige Kontrollen sowie Verlust oder Fund von hochradioaktiven Strahlenquellen dem Register zu melden sind.

Hochradioaktive Strahlenquellen sind umschlossene radioaktive Stoffe, deren Aktivität einem Hundertstel des sogenannten A1-Wertes entspricht oder diesen Wert überschreitet. Dieser Aktivitätsgrenzwert ist in der deutschen Strahlenschutzverordnung für jedes Nuklid angegeben.

Hochradioaktive Strahlenquellen finden breite Anwendung in der Medizin (Brachytherapie, Transfusionsmedizin, Teletherapie), bei der zerstörungsfreien Prüfung (Gamma-Radiografie, Materialanalyse), in Füllstands- oder Dichtemesseinrichtungen in der Forschung sowie in der Produktbestrahlung. Sie werden je nach Anwendung in den unterschiedlichsten Bauformen hergestellt. Dazu steht eine Vielzahl von unterschiedlichen radioaktiven Nukliden zur Verfügung.

Im Falle von missbräuchlicher Verwendung, von Verlust, Diebstahl oder Fund besitzen HRQ ein sehr hohes Gefährdungspotential. Die Direktstrahlung einer HRQ kann bei Personen in unmittelbarer Nähe der Quelle bereits innerhalb kurzer Zeit zu schweren oder sogar tödlichen Strahlenschäden führen.

Mit dem vorliegenden Handbuch wird unter Berücksichtigung des Bestandes der HRQ im HRQ-Register eine Materialsammlung geschaffen, die sowohl Aussagen über die einzelnen Quellenhersteller, als auch die von diesen produzierten und in den Verkehr gebrachten Bauarten der HRQ beinhalten. Ergänzt wird dieses mit einer Zusammenfassung der rechtlichen Grundlagen und der Erläuterung der physikalisch-technischen Gesichtspunkte, die für eine sicherheitstechnische Bewertung relevant sind.



## SUMMARY

Against the background of stolen and orphaned radioactive sources and the possibility of terrorist attacks involving radioactive material, measures to increase safety when dealing with radioactive sources have been discussed on the level of the International Atomic Energy Agency (IAEA) since the 1990s. As a result, the “Code of Conduct on The Safety and Security of Radioactive Sources (CoC)” has been published in September 2000.

Especially after the terrorist attacks of September 11, 2001, uniform principles for the use of radioactive sources with a high security risk have been discussed within the European Community. In 2003 the „Council Directive 2003/122/EURATOM on the Control of High-activity Sealed Sources and Orphan Sources”, the so-called HASS-directive (HASS – High Activity Sealed Source), has been adopted. The directive defines uniform requirements for the control of high-activity sealed sources and orphan sources and is mandatory for every member state of the European Community.

With the act on high-activity sealed radioactive sources, enacted on August, 18./19., 2005, the HASS-Directive was transferred into national law in Germany. The key issue of the act is the establishment of a national register of high-activity sealed sources. It provides the complete traceability of high-activity sources in Germany, since every receipt, supply, regular inspection as well as every loss, theft or finding of a HASS has to be notified to the register.

High-activity sealed sources are defined as sealed radioactive substances, whose activity corresponds or exceeds 1% of the A1-value. The activity limits for every radionuclide are listed in the German radiation protection ordinance.

High-activity sealed sources are widely used in medicine (brachytherapy, transfusion medicine, teletherapy), in nondestructive testing (gamma-radiography, material analysis), level- and density gauges as well as in research and for product irradiation. Depending on the field of application, high-activity sources are produced with various designs using a large number of different radioactive nuclides.

In case of improper use, loss, theft or find, HASS have a high potential risk. Direct radiation of a HASS exposed to a person could cause severe or even lethal radiation damage within a short time.

On the basis of the inventory of the German HASS-Register this Handbook provides a collection comprising designs and characteristics of sources as well as information about source manufacturers and suppliers. In addition, it summarizes the legal basis and the regulatory framework and explains the physical and technical aspects, which are necessary for a safety-related assessment.





# INHALT

|            |                                                                                                |           |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Einführung</b> .....                                                                        | <b>9</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Rechtliche Rahmenbedingungen zur Kontrolle von HRQ</b> .....                                | <b>9</b>  |
| 2.1        | Internationale Regelungen .....                                                                | 9         |
| 2.2        | Gesetzliches und untergesetzliches Regelwerk in Deutschland .....                              | 10        |
| 2.3        | Das Register über hochradioaktive Quellen (HRQ-Register) .....                                 | 11        |
| <b>3</b>   | <b>Anwendungsgebiete der HRQ</b> .....                                                         | <b>13</b> |
| <b>4</b>   | <b>HRQ und Vorrichtungen mit HRQ</b> .....                                                     | <b>14</b> |
| 4.1        | Aufbau der HRQ .....                                                                           | 15        |
| 4.1.1      | Das radioaktive Material .....                                                                 | 15        |
| 4.1.2      | Konstruktion .....                                                                             | 18        |
| 4.1.3      | Kennzeichnung .....                                                                            | 19        |
| 4.2        | Vorrichtungen mit HRQ .....                                                                    | 19        |
| 4.2.1      | Brachytherapie/ Afterloading .....                                                             | 19        |
| 4.2.2      | Bestrahlungsgeräte .....                                                                       | 20        |
| 4.2.3      | Füllstands-, Dichte-, Massendurchflussmessgeräte .....                                         | 22        |
| 4.2.4      | Gammarradiographie .....                                                                       | 23        |
| 4.2.5      | Dichte- und Feuchtemessgeräte (Troxlersonden) .....                                            | 24        |
| 4.3        | Transport- und Wechselbehälter .....                                                           | 25        |
| <b>5</b>   | <b>Sicherheit und Sicherung von HRQ</b> .....                                                  | <b>26</b> |
| 5.1        | Radiologisches Risiko beim Umgang mit HRQ .....                                                | 26        |
| 5.1.1      | Die D-Werte der IAEA .....                                                                     | 26        |
| 5.1.2      | Die $A_1/A_2$ -Werte der IAEA für den sicheren Transport radioaktiver Stoffe .....             | 27        |
| 5.1.3      | Vergleich der „ $A_1$ -Werte“ und der „D-Werte“ .....                                          | 27        |
| 5.2        | Sicherheitsanforderungen .....                                                                 | 28        |
| 5.2.1      | Auslegungstechnische Anforderungen zur Nutzung .....                                           | 28        |
| 5.2.2      | Transporttechnische Anforderungen .....                                                        | 31        |
| 5.3        | Sicherungsanforderungen .....                                                                  | 33        |
| <b>6</b>   | <b>Typenkatalog</b> .....                                                                      | <b>33</b> |
| 6.1        | Hersteller- und Verbringerfirmen .....                                                         | 33        |
| 6.2        | Typen umschlossener hochradioaktiver Quellen (VS-NfD) .....                                    | 34        |
| <b>7</b>   | <b>Literaturverzeichnis</b> .....                                                              | <b>35</b> |
| <b>A-1</b> | <b>Zusammenstellung der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden in Deutschland (Stand 03/2012)</b> | <b>37</b> |
| <b>A-2</b> | <b>Zusammenstellung der Rechtsvorschriften gemäss HRQ-Gesetz</b> .....                         | <b>43</b> |

# ABBILDUNGEN

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 2.3-1: Aufbau des HRQ-Registers .....                                                        | 13 |
| Abbildung 4.1-1: Aufbau einer Am-241-Quelle .....                                                      | 18 |
| Abbildung 4.1-2: Beispiele für Am-241-Quellen.....                                                     | 18 |
| Abbildung 4.1-3: Sr-90-Strahlenquelle.....                                                             | 18 |
| Abbildung 4.2-1: microSelectronDigital Afterloadinggerät .....                                         | 20 |
| Abbildung 4.2-2: Flexitron Afterloader .....                                                           | 20 |
| Abbildung 4.2-3: MultiSource Afterloader System .....                                                  | 20 |
| Abbildung 4.2-4: Blutbestrahlungsgerät Gammacell 1000/3000.....                                        | 21 |
| Abbildung 4.2-5: Blutbestrahlungsgerät Biobeam GM.....                                                 | 21 |
| Abbildung 4.2-6: Laborbestrahlungsgerät GSR-D1 .....                                                   | 22 |
| Abbildung 4.2-7: Gamma-Dichtemessgerät .....                                                           | 23 |
| Abbildung 4.2-8: Massendurchfluss-Messeinrichtung .....                                                | 23 |
| Abbildung 4.2-9: Quellenhalter .....                                                                   | 23 |
| Abbildung 4.2-10: Prinzip der Füllstandsmessung.....                                                   | 23 |
| Abbildung 4.2-11: GammaMat TK100 .....                                                                 | 24 |
| Abbildung 4.2-12: Quellengliederkette für TK100 .....                                                  | 24 |
| Abbildung 4.2-13: SPEC-150.....                                                                        | 24 |
| Abbildung 4.2-14: SPEC-300.....                                                                        | 24 |
| Abbildung 4.2-15: Troxler Modell 3440 Road Reader.....                                                 | 25 |
| Abbildung 4.3-1: Transportcontainer.....                                                               | 26 |
| Abbildung 4.3-2: Wechselcontainer zur Be- und Entladung von Afterloading-Tanks .....                   | 26 |
| Abbildung 5.1-1: Aktivitätswerte $A_1$ und $A_1/100$ sowie die Werte der IAEA-Kategorie 1, 2 u. 3..... | 28 |

# TABELLEN

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 2.3-1: Standarderfassungsblatt für hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ) gemäß StrlSchV. .... | 12 |
| Tabelle 4.1-1: Nuklide, die am häufigsten für HRQ genutzt werden, Eigenschaften und Grenzwerte. ....  | 16 |
| Tabelle 4.1-2: Übersicht der am häufigsten in Deutschland genutzten HRQ .....                         | 17 |
| Tabelle 4.2-1: Dosisleistung von HRQ in Bestrahlungsgeräten.....                                      | 21 |
| Tabelle 5.2-1: Mindestanforderungen für Quellen der Klasse C.....                                     | 30 |
| Tabelle 5.2-2: Beispiel für ein Zertifikat einer HRQ.....                                             | 31 |
| Tabelle 5.2-3: Prüfanforderungen an „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“ .....                     | 32 |

# 1 EINFÜHRUNG

Mit dem „Gesetz zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen“<sup>1</sup> vom 12.08.2005 [1] wurde in Deutschland ein zentrales „Register über hochradioaktive Strahlenquellen“ eingeführt, für dessen Betrieb und Weiterentwicklung das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) verantwortlich ist. Die in diesem Register vorhandenen Informationen beinhalten für die jeweils zu meldenden hochradioaktiven Strahlenquellen (HRQ) die Identifizierungsnummer, Angaben zu den Nukliden und zu deren Aktivitäten sowie weitere quellspezifische Informationen. Darüber hinaus werden weitere administrative Angaben zu den Verantwortlichkeiten und zu den durchgeführten Weitergaben und Entgegennahmen der HRQ erfasst. Angaben zum Typ der HRQ sind nur unvollständig enthalten, so dass im Bedarfsfall eine schnelle Zuordnung zu dem entsprechenden Quellentyp und dessen sicherheitstechnische Bewertung erschwert werden. Mit dem vorliegenden Handbuch wird unter Berücksichtigung des Bestandes der HRQ im HRQ-Register eine Materialsammlung geschaffen, die sowohl Aussagen über die einzelnen Quellenhersteller, als auch die von diesen produzierten und in den Verkehr gebrachten Bauarten der HRQ beinhalten. Ergänzt wird dieses mit einer Zusammenfassung der rechtlichen Grundlagen und der Erläuterung physikalisch-technischer Gesichtspunkte, die für eine sicherheitstechnische Bewertung wesentlich sind.

## 2 RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN ZUR KONTROLLE VON HRQ

### 2.1 INTERNATIONALE REGELUNGEN

In der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts standen zunächst Methoden der Sicherheits- und Risikobewertung von Kernkraftwerken und anderen kerntechnischen Anlagen im Mittelpunkt internationaler Untersuchungen. In den neunziger Jahren wurden jedoch international zunehmend Bemühungen unternommen das Sicherheitsrisiko, das mit der Anwendung von sonstigen radioaktiven Stoffen verbunden ist, ebenfalls deterministisch zu bewerten. Im Ergebnis der „Internationalen Konferenz über die Sicherheit von Strahlenquellen und der Sicherung von radioaktivem Material“, die 1998 in Frankreich/Dijon durchgeführt wurde, entstand ein Maßnahmenplan der Internationalen Atomenergiebehörde (IAEA), der im September 2000 zur Veröffentlichung des „Code of Conduct on The Safety and Security of Radioactive Sources (CoC)“ [2] führte. Dieser CoC beinhaltet administrative und technische Sicherheitsprinzipien, die zum Ziel haben, Einzelpersonen, Bevölkerungsgruppen und die Umwelt vor möglichen Schäden infolge der Anwendung sonstiger radioaktiver Stoffe, zu schützen. Nicht Gegenstand des CoC sind die Risiken bei der Anwendung von Kernmaterial und die Anwendung radioaktiver Stoffe im militärischen Bereich. Der CoC wurde in der Zwischenzeit regelmäßig auf der Grundlage der Erfahrungen der IAEA-Mitgliedsländer überprüft und entsprechend aktualisiert. Die Terroranschläge in den USA am 11.09.2001 führten dazu, dass Maßnahmen zur Sicherung von radioaktiven Stoffen bei der Anwendung und insbesondere auch beim Transport verstärkt in internationale Empfehlungen aufgenommen wurden. Zur Sicherung radioaktiver Quellen insbesondere der Kategorien 1 und 2 ist zur Umsetzung derartiger Empfehlungen ein IAEA-Guide „Security of Radioactive Sources“ in Vorbereitung.

Ausgehend von den Grundsätzen des CoC (Paragraphen 23 bis 29) wurde dieser im Jahr 2004 untersetzt mit der Richtlinie „Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources“ der IAEA [3]. Zur Umsetzung der entsprechenden Paragraphen des CoC beinhaltet dieser Guidance Empfehlungen zur behördlichen Kontrolle beim Im- und Export von radioaktiven Quellen mit hohem Sicherheitsrisiko der Kategorie 1 und 2 entsprechend der IAEA-Kategorisierung.

Der CoC basiert auf bestehenden internationalen Standards und wird ergänzt durch eine Reihe von Safety Guides der IAEA. Eine der wesentlichen Grundlagen für den CoC beinhaltet der *Safety Guide No. RS-G-1.9 „Categorization of Radioactive Sources“* [4]. Ausgehend von festgelegten Expositionsszenarien und den daraus resultierenden Expositionen werden für die üblicherweise in radioaktiven Quellen verwendeten Nuklide, verschiedene Risikokategorien abgeleitet. Diese reichen von der Kategorie 1 bis Kategorie 5, wobei die Kategorie 1 das höchste Risikopotential besitzt (s. Kapitel 5.1.1).

---

<sup>1</sup> Das vorliegende Handbuch behandelt bis auf wenige Ausnahmen grundsätzlich nur hochradioaktive umschlossene Strahlenquellen (HRQ), unabhängig davon, ob in den zitierten Unterlagen die entsprechenden Aussagen, wie z.B. in [2] auch für andere Quellen oder wie z.B. in [10] auch für Strahler gelten.

Vor dem Hintergrund der Diskussion und Entwicklung der IAEA-Empfehlungen und ebenfalls nach den Terroranschlägen am 11.09.2001 begannen innerhalb der Europäischen Union (EU) Diskussionen über einheitliche Grundsätze bei der Anwendung von radioaktiven Quellen mit hohem Sicherheitsrisiko. Dies führte im Jahr 2003 zur Verabschiedung der „*Council Directive 2003/122/EURATOM on the Control of High-activity Sealed Sources and Orphan Sources*“ [5]. Analog zum CoC beinhaltet die EU-Direktive ebenfalls administrative und technische Regeln zur Kontrolle von HRQ, unterscheidet sich jedoch von diesen in einigen Punkten. So wird u. a. in der EU-Direktive bei der Definition der HRQ der „A<sub>1</sub>“-Wert der Anlagen A und B zum ADR-Übereinkommen [6] verwendet. Demnach gilt als HRQ eine Quelle, wenn deren Aktivität ein Hundertstel des „A<sub>1</sub>“-Wertes überschreitet (s. Kapitel 5.1.2).

Im Gegensatz zu dem CoC und den Safety Guides der IAEA, die empfehlenden Charakter haben, ist die EU-Direktive für alle EU-Mitgliedsländer verbindlich. Deren Forderungen mussten somit in einer vorgegebenen Frist auf einem mit der Direktive vergleichbaren oder höheren Sicherheitsniveau in nationales Recht umgesetzt werden. In Deutschland geschah dieses im Jahr 2005 mit der Einführung des „*Gesetzes zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen vom 12.08.2005*“ (HRQ-Gesetz) [1]. Dieses Gesetz ändert und ergänzt als „Artikelgesetz“ mit Festlegungen zum Umgang mit HRQ die relevanten Paragraphen des deutschen Atomgesetzes [7], der deutschen Strahlenschutzverordnung [8] sowie einiger anderer Rechtsordnungen.

## 2.2 GESETZLICHES UND UNTERGESETZLICHES REGELWERK IN DEUTSCHLAND

Grundsätzlich ergibt sich für den Staat eine Reihe von Aufgaben, die sich insbesondere aus seiner hoheitlichen Verantwortung ableiten:

- Der Staat hat die gesetzlichen Grundlagen für alle notwendigen Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit und Sicherung beim Umgang mit und beim Transport von HRQ zu schaffen.
- Die Gesetze und Verordnungen müssen die Verantwortlichkeiten für die im Genehmigungs- und Anzeigeverfahren sowie für die bei der Aufsicht Beteiligten regeln. Dies schließt auch die Regelung der Verantwortung bei grenzüberschreitenden Transporten ein.
- Durch ein gesetzliches und untergesetzliches Regelwerk sind die technischen Genehmigungsanforderungen gemäß internationalem Stand von Wissenschaft und Technik und die administrativen Voraussetzungen festzulegen. Diese müssen auch Szenarien für Störfälle und für mögliche Einwirkungen Dritter vorgeben.

In Deutschland bilden das Atomgesetz [7] und die StrlSchV [8], die in ihrem aktuellen Stand das HRQ-Gesetz [1] enthalten, die wesentliche rechtliche Grundlage für den Umgang mit HRQ. Darin ist festgelegt, dass in Deutschland der Umgang mit HRQ genehmigungspflichtig ist. Diese Genehmigungen sind durch die natürliche oder juristische Person, die den Umgang mit HRQ beabsichtigt, zu beantragen.

Zuständig für die Durchführung der Genehmigungs- und Anzeigeverfahren in Deutschland sind die jeweiligen Behörden in den sechzehn Bundesländern (meist das Gewerbeaufsichts- bzw. Landesamt). Auf Grund des föderalen Systems gibt es gegenwärtig sehr viele Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden, die jeweils für bestimmte Territorien in Deutschland verantwortlich sind. Eine Zusammenstellung dieser Behörden (Stand 03/2012) enthält Anlage A-1<sup>2</sup>.

Die Rechtsvorschriften die unmittelbar auf den Umgang mit HRQ anzuwenden sind, betreffen folgende Bereiche.

- Genehmigungserfordernis für den Umgang (§ 7 StrlSchV) und die grenzüberschreitenden Verbringung (§ 19 StrlSchV, § 20 StrlSchV)
- Genehmigungsvoraussetzungen (§ 8 StrlSchV, § 22 StrlSchV)
- Wartung und Dichtheitsprüfungen (§ 66 StrlSchV)
- Kennzeichnungspflicht (§ 68 StrlSchV)
- Abgabe und Rücknahme (§ 69 StrlSchV, § 69a StrlSchV)
- Buchführung und Mitteilung (§ 70 StrlSchV)
- Einrichtung eines Registers über hochradioaktive Quellen (§ 12d AtG, § 70a StrlSchV)
- Verhalten bei Abhandenkommen, Fund oder bei der Erlangung der tatsächlichen Gewalt über HRQ (§ 71 StrlSchV)

---

<sup>2</sup> Die Aktualität der in Anlage A-1 angegebenen Kontaktdaten muss im Bedarfsfall ggf. überprüft werden

Eine Zusammenstellung der Rechtsvorschriften für den Umgang mit HRQ, mit denen das HRQ-Gesetz [1] als Artikelgesetz die vorhandenen gesetzlichen Regelungen ergänzt, ist in Anlage A-2 enthalten. Darüber hinaus sind die Rechtsvorschriften, die gemäß StrlSchV generell für den Umgang mit radioaktiven Stoffen gelten, ebenfalls zu beachten.

Für den Vollzug dieser Rechtsvorschriften wird ein untergesetzliches Regelwerk herangezogen, das den Stand von Wissenschaft und Technik widerspiegeln muss. In Deutschland erfolgt dies durch ein Normungssystem, das regelmäßig aktualisiert wird. Gleichzeitig findet auch im Bereich der Normung zunehmend eine Harmonisierung innerhalb der Europäischen Union (EU) bzw. weltweit statt. Bezgl. der Anforderungen an HRQ ist dabei insbesondere die in jüngster Zeit erfolgte Übernahme der ISO 2919 „Radiation protection – Sealed radioactive sources – General requirements“ [9] in einen Teil der DIN 25426 „Umschlossene radioaktive Stoffe“ [10] wichtig.

### **2.3 DAS REGISTER ÜBER HOCHRADIOAKTIVE QUELLEN (HRQ-REGISTER)**

Seit dem 18./19. August 2005 ist in Deutschland das Gesetz zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen in Kraft [1]. Das Gesetz setzt die europäische Richtlinie 2003/122/EURATOM [5] um, in der für die Mitgliedstaaten der EU einheitliche Vorgaben zur Kontrolle von hochradioaktiven umschlossenen sowie herrenlosen Strahlenquellen verbindlich festgelegt sind. Kern des deutschen Gesetzes ist die Einrichtung eines bundesweiten Registers für hochradioaktive umschlossene Strahlenquellen (HRQ-Register). Durch die zentrale Erfassung dieser Quellen wird sichergestellt, dass die zuständigen Genehmigungs-, Aufsichts- sowie Sicherheitsbehörden jederzeit Informationen u. a. über Art, Aktivität, Besitzherrschaft und Standort der in ihren jeweiligen Zuständigkeitsbereich befindlichen HRQ erhalten können.

Das HRQ-Register wird vom Bundesamt für Strahlenschutz betrieben. In diesem Register werden alle Strahlenquellen, die in Deutschland in den Verkehr gebracht wurden und deren Aktivität den durch die Strahlenschutzverordnung gegebenen, nuklidspezifischen Grenzwert überschreitet (Aktivität größer als 1/100 des  $A_1$ -Wertes gemäß Anlage III, Tabelle 1, Spalte 3a StrlSchV [8]), zentral erfasst. Dazu müssen durch die jeweiligen Besitzer beim Eingang oder bei der Weitergabe einer HRQ unter Angabe der auf den Quellen aufgetragenen Identifizierungsnummern Meldungen in einer vorgeschriebenen Form an das HRQ-Register gesandt werden. Diese Meldungen haben binnen Monatsfrist zu erfolgen. Darüber hinaus müssen dem Register auch alle gefundenen oder verloren gegangenen HRQ unverzüglich gemeldet werden.

Art und Umfang der zu erfassenden Daten sind gemäß o. g. EU-Richtlinie durch das sog. Standarderfassungsblatt einheitlich vorgegeben, das als Anlage XV der StrlSchV [8] übernommen wurde (s. Tabelle 2.3-1). Der Informationsaustausch der externen Nutzer mit der Datenbank des HRQ-Registers erfolgt ausschließlich elektronisch über eine Web-Anwendung mittels Internet-Browser.

Das HRQ-Register ist in seinem Kern eine Oracle-Datenbank, die auf einem BfS-Server implementiert ist. Einen Überblick über die verschiedenen Nutzergruppen und die ihnen zugeordneten Zugriffsrechte ist Abbildung 2.3-1 zu entnehmen.

Die Besitzer der HRQ - im HRQ-Register als Genehmigungsinhaber (GI) geführt - können ihre Meldungen über Quellen mittels online verfügbarer Formulare in elektronisch gesicherter Form über das Internet an das HRQ-Register übermitteln. Dabei ist sichergestellt, dass kein direkter Zugriff durch die GI auf das HRQ-Register erfolgt. Nach Übernahme einer Meldung in die Datenbank wird die jeweils zuständige Behörde automatisch über den Eingang dieser Meldung informiert. Diese ist verpflichtet, unverzüglich den Inhalt der Meldung auf Richtigkeit, d. h. auf Übereinstimmung mit den bei dieser Behörde vorliegenden Genehmigungsunterlagen, zu prüfen und dies durch einen entsprechenden Kontrollvermerk direkt im HRQ-Register zu bestätigen.

Ebenso sind berechnete Behörden in der Lage, sich in elektronisch gesicherter Form mittels der oben gen. Web-Anwendung im HRQ-Register über gemeldete Quellen zu informieren bzw. Abfragen durchzuführen. Werden HRQ mit einem Aktivitätswert von  $>A_1$  in die EU eingeführt, muss dies durch das Bundesamt für Wirtschaft- und Ausfuhrkontrolle (BAFA) genehmigt werden. Über diese Genehmigung muss zusätzlich zu der durch den GI bei Erhalt dieser HRQ abzugebenden Meldung ebenfalls eine Meldung durch das BAFA an das HRQ-Register erfolgen.

Tabelle 2.3-1: Standarderfassungsblatt für hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ) gemäß StrlSchV.

Standarderfassungsblatt für hochradioaktive Strahlenquellen (HRQ)

Anlage XV (zu den §§ 70, 70a und 71 StrlSchV)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(1) HRQ-Identifizierungsnummer:<sup>a)</sup></p> <p>(4)<sup>b)</sup> Registrierung<br/>Erstmalig registriert am:<br/>Archivierung der Registrierungs-<br/>unterlagen am:</p> <p>(7) HRQ-Merkmale</p> <p>Radionuklid:<br/>Radioaktivität zum Zeitpunkt der<br/>Herstellung:<br/>Zeitpunkt der Herstellung<br/>oder des ersten Inverkehrbringens:<br/>Hersteller/Lieferant:<sup>c)</sup></p> <p>Name:<br/>Anschritt:<br/>Land:</p> <p>Physikalische und chemische Merkmale:<br/>Quellentyp:<br/>Kapsel:<br/>ISO-Einstufung:<br/>ANSI-Einstufung:<br/>Bescheinigung über besondere Form:<sup>d)</sup></p> | <p>(2) Inhaber der Genehmigung (Besitzer)</p> <p>Name:<br/>Anschritt:<sup>b)</sup><br/>Land:<sup>e)</sup><br/>Hersteller:<sup>d)</sup> <input type="checkbox"/> Lieferant:<sup>e)</sup> <input type="checkbox"/> Nutzer:<sup>d)</sup> <input type="checkbox"/></p> <p>(5) Genehmigung<br/>Nummer:<br/>ausgestellt am:<br/>abgelaufen am:</p> <p>(8) Eingang der HRQ<br/>Eingang am:<sup>f)</sup><br/>erhalten von:<br/>Name:<br/>Anschritt:<br/>Land:<br/>Hersteller: <input type="checkbox"/> Lieferant: <input type="checkbox"/> anderer Nutzer: <input type="checkbox"/></p> <p>(9) Weitergabe der HRQ<br/>weitergegeben am:<sup>g)</sup><br/>Weitergabe an:<br/>Name:<br/>Anschritt:<br/>Land:<br/>Hersteller:<sup>d)</sup> <input type="checkbox"/> Lieferant:<sup>e)</sup> <input type="checkbox"/> anderer Nutzer:<sup>d)</sup> <input type="checkbox"/><br/>anerkannte Einrichtung:<sup>h)</sup> <input type="checkbox"/></p> | <p>(3) Standort der HRQ (Nutzung oder Lagerung)<br/>falls abweichend von (2)<br/>Name:<br/>Anschritt:<br/>ortsfeste Nutzung: <input type="checkbox"/> Lagerung (mobil):<sup>i)</sup> <input type="checkbox"/></p> <p>(6) Operationelle Kontrolle der HRQ:<sup>j)</sup><br/>Datum:<br/>Datum:<br/>Datum:<br/>Datum:<br/>Datum:<br/>Datum:<br/>Datum:<br/>Datum:<br/>Datum:<br/>Datum:</p> <p>(10) Sonstige Angaben<br/>Verlust: <input type="checkbox"/> Datum: <input type="checkbox"/><br/>Diebstahl: <input type="checkbox"/> Datum: <input type="checkbox"/><br/>wieder aufgefunden:<sup>m)</sup> Datum: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/><br/>Ort:<br/>sonstige Bemerkungen:<sup>n)</sup></p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

<sup>a)</sup> Identifizierungsnummer der hochradioaktiven Strahlenquelle nach § 68 Abs. 1a  
<sup>b)</sup> Postadresse inklusive Telefonnummer und E-Mail-Adresse  
<sup>c)</sup> Deutschland und Bundesland  
<sup>d)</sup> Inhaber einer Genehmigung zum Umgang mit hochradioaktiven Strahlenquellen nach § 9 ATG oder § 7 StrlSchV  
<sup>e)</sup> Angabe, sofern es sich um einen Ortsveränderlichen Umgang handelt und die HRQ nicht länger als vier Wochen an einem Ort verbleibt  
<sup>f)</sup> wird von der registrierführenden Stelle ausgefüllt  
<sup>g)</sup> Datum der Prüfung auf Unversehrtheit oder Dichtheit nach § 70 Abs. 1 Satz 3 StrlSchV  
<sup>h)</sup> Datum der Erlangung der Sachherrschaft  
<sup>i)</sup> ist der Hersteller der Strahlenquelle außerhalb der Gemeinschaft niedergelassen, ist zusätzlich der Name und die Anschrift des Verbringers oder Lieferanten anzugeben  
<sup>j)</sup> Datum der Aufgabe der Sachherrschaft  
<sup>k)</sup> auch F und einer HRQ  
<sup>l)</sup> Angaben über die Verwendung der hochradioaktiven Strahlenquellen, z.B. als Teil einer Bestrahlungsvorrichtung oder zur Werkstoffprüfung  
<sup>m)</sup> Angaben über Datum der Ertelung einer "special form"-Zulassung und ggf. deren Verlängerungen  
<sup>n)</sup> Landessammelstelle oder Anlage des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle nach § 9a Abs. 3 Satz 1 ATG

Im HRQ-Register waren zum Ende des Jahres 2011 insgesamt 606 (2008: 540) Genehmigungsinhaber mit ihren Stammdaten erfasst. Für 52 (2008: 47) Bundes- und Landesbehörden wurde ein Zugang zum HRQ-Register eingerichtet. Zu ca. 23.000 (2008: 13.800) registrierten hochradioaktiven Quellen waren bis Ende 2011 ca. 70.000 Meldungen über deren Erhalt und Weitergabe in das HRQ-Register aufgenommen worden.

Seit Inbetriebnahme des HRQ-Registers in Form einer Datenbank wurden durch das BfS viele Erfahrungen gesammelt, die zu mehreren Softwareveränderungen führten. Im Ergebnis konnte sowohl die Leistungsfähigkeit als auch die Bedienungsfreundlichkeit der Anwendungssoftware erheblich verbessert werden.

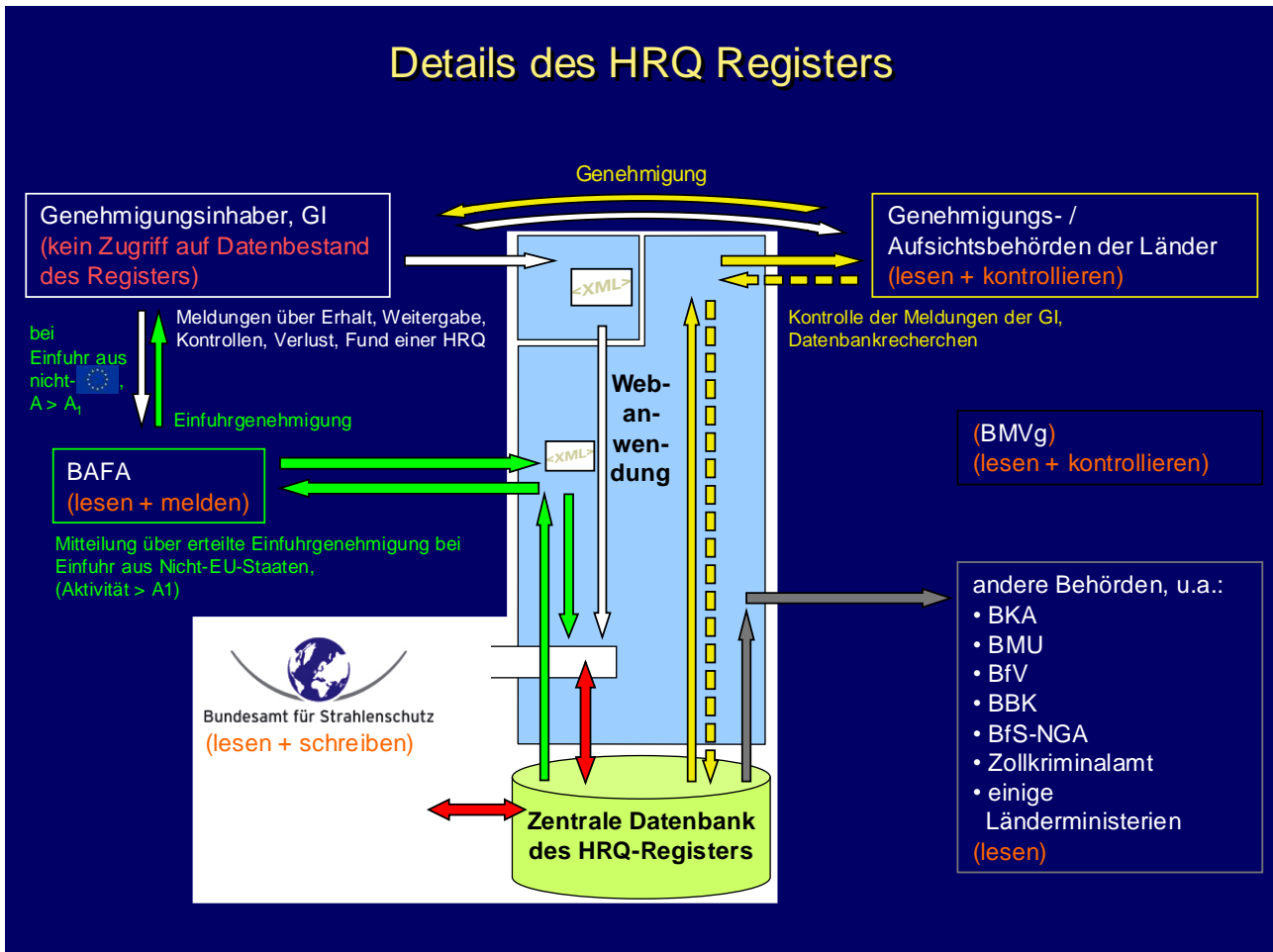


Abbildung 2.3-1: Aufbau des HRQ Registers mit den verschiedenen Nutzergruppen, deren Aufgaben und Zugriffsrechten (Stand: 2012).

### 3 ANWENDUNGSGEBIETE DER HRQ

In Deutschland existiert für die Nutzung von HRQ ein breites Anwendungsfeld. Während derartige Quellen in der Medizin überwiegend in der Strahlentherapie eingesetzt werden (z.B. Cs-137-Strahler in Afterloading-Geräten), verwendet die Industrie sie häufig für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (z.B. Gammadiagnostik für Schweißnahtprüfungen an Rohrleitungen mit Ir-192 oder Se-75). Andere Einsatzbereiche liegen in der Forschung, wo beispielsweise Strahlenquellen mit Co-60 für die Erzeugung von Gammastrahlungsfeldern und Strahlenquellen mit Am-241/Be für die Erzeugung von Neutronenstrahlungsfeldern verwendet werden.

Die Anwendungsgebiete von umschlossenen radioaktiven Quellen und damit auch von HRQ lassen sich grundsätzlich in sechs Gruppen unterteilen [11]:

- medizinische Anwendungen,
- Bestrahlung von Produkten im nicht medizinischen Bereich
- Messsysteme
- Durchstrahlung (Radiographie)
- Materialanalyse
- sonstige, nicht den o.g. Anwendungen zuordenbare Verwendungen

Im Bereich der medizinischen Anwendungen werden HRQ im Wesentlichen zur Tumorbehandlung und zur Blutbestrahlung eingesetzt. Bei der Bestrahlung von Tumorzellen unterscheidet man zwischen der Bestrahlung von außen, bei denen die ionisierende Strahlung den Körper durchdringt (Teletherapie) und der Bestrahlung von innen, bei der man die HRQ im oder am Körper platziert (Brachytherapie). In diesem Bereich hat sich eine spezielle Form der Implementierung von Strahlenquellen entwickelt, bei der diese über einen vorher positionierten Applikator automatisch eingeführt werden (Afterloading). Bei der Blutbestrahlung werden die Blutkonserven vor der Transfusion bestrahlt, um die Vermehrung von Lymphozyten im Spenderblut zu verhindern und somit das Risiko einer Abwehrreaktion des Immunsystems des Patienten zu verringern.

Bei der Herstellung von medizinischen Produkten und Geräten werden zur Sterilisation, d.h. zur Vernichtung von Bakterien und anderen Krankheitserregern ebenfalls Bestrahlungen mittels HRQ vorgenommen.

Außerhalb des medizinischen Bereichs werden HRQ u.a. zur künstlichen Veränderung von Materialeigenschaften eingesetzt. So wird in der Chemieindustrie die Strahlung für die Vernetzung von Polymerketten zur Erhöhung der Festigkeit von Kunststoffen verwendet.

Im Bereich der Landwirtschaft wird Saatgut bestrahlt, um eine frühe Keimung zu hemmen oder um die Widerstandsfähigkeit des Saatguts zu erhöhen.

Durch den Einsatz von HRQ können im Bereich von Prozesssteuerungen Materialeigenschaften, wie Materialdicke und -dichte, der Feuchtigkeitsgehalt von Materialien, aber auch der Füllstand von Behältern gemessen und die Messsignale zur Steuerung der weiteren Prozessabläufe herangezogen werden. Die Anwendungsgebiete sind sehr vielfältig und reichen von der Separierung verwertbarer Mineralerze im Bereich der Metallurgie über die Steuerung von Produktionsabläufen in der Papierindustrie bis zu Füllstandsmessungen in der Chemieindustrie.

Auf Grund der Durchdringungseigenschaft ionisierender Strahlung wird diese insbesondere auch zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (Gammadiagnostik) eingesetzt. HRQ benötigen zur Erzeugung ihrer Strahlung keine Energiezufuhr, wie es z.B. bei Röntgenanlagen der Fall ist und haben darüber hinaus nur geringe Abmessungen. Deshalb werden HRQ zu diesen Zwecken besonders in kleinen oder schwer zugänglichen Arbeitsbereichen, z.B. in Rohrleitungen, verwendet.

Für Forschungszwecke, aber auch für industrielle Zwecke kommen HRQ in der Materialanalyse zum Einsatz, wobei dabei die Identifizierung der enthaltenen chemischen Elemente im Mittelpunkt steht. So unterschiedlich wie die zu analysierenden Materialzusammensetzungen sind auch die Anwendungsgebiete. Diese reichen von Untersuchungen an Gemälden, über fast alle Bereiche der Industrie und Landwirtschaft bis hin zur Überwachung in der Schrottindustrie.

Neben diesen Hauptanwendungen gibt es eine Reihe weiterer spezieller Verwendungen von HRQ, bei denen nicht die Durchdringungsfähigkeit der radioaktiven Strahlung genutzt wird, sondern entweder die mit dem Energieeintrag verbundene Ionisation von Atomen (Antistatikeräte) oder aber die bei dem Zerfall der Nuklide entstehende Wärme (Radionuklidbatterie (RTG)<sup>3</sup>).

## 4 HRQ UND VORRICHTUNGEN MIT HRQ

Nach der Definition gemäß § 3, Nr. 29 bb, StrlSchV [8] für eine hochradioaktive Strahlenquelle muss eine HRQ so beschaffen sein, dass eine allseitig dichte, feste und inaktive Hülle den radioaktiven Stoff ständig so umschließt, dass bei üblicher betriebsmäßiger Beanspruchung ein Austritt des radioaktiven Stoffes mit Sicherheit verhindert wird. Dabei muss eine Abmessung mindestens 0,2 cm betragen.

Die Quelle wird als hochradioaktiv eingestuft, wenn die Aktivität des radioaktiven Stoffes den Werten der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3a StrlSchV entspricht oder diese überschreitet. Diese Definition gilt nicht für Brennelemente und verfestigte hochradioaktive Spaltproduktlösungen aus der Aufarbeitung von Kernbrennstoffen sowie für ständig dichte und feste Transport- oder Lagerbehälter mit radioaktiven Stoffen.

---

<sup>3</sup> RTG - Radioisotope thermoelectric generator



Für eine sicherheits- bzw. sicherungstechnische Bewertung beim Umgang mit den HRQ sind folgende Komponenten von Bedeutung:

- der Aufbau der HRQ,
- die Vorrichtungen bzw. Geräte, in denen die HRQ montiert oder eingebracht werden, einschließlich der für den Einbau in die Vorrichtung erforderlichen Quellenhalterung und
- die für den Transport der HRQ vorgesehenen Behälter.

## 4.1 AUFBAU DER HRQ

### 4.1.1 Das radioaktive Material

Die HRQ werden sowohl im medizinischen als auch im technischen Bereich in sehr verschiedenen Anwendungsgebieten eingesetzt und in den unterschiedlichsten Bauformen hergestellt. Allen gemeinsam ist die Ausnutzung der Eigenschaft ionisierender Strahlung, Materie zu durchdringen, zu verändern bzw. zu zerstören.

Je nach vorgesehenem Verwendungszweck sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Energie der Strahlung (Energiespektrum [keV])
- Intensität der Strahlung (Aktivität [Bq])
- Reichweite der Strahlung
- Strahlungsdauer (Halbwertszeit)

Entsprechend dem heutigen Stand der Technik steht eine Vielzahl von unterschiedlichen radioaktiven Nukliden zur Verfügung, die zu einem großen Teil in kerntechnischen Einrichtungen durch Neutronenbestrahlung stabiler Elemente hergestellt werden. Bei dem radioaktiven Zerfall der Nuklide entsteht Alpha-, Beta- oder Gammastrahlung in spezifischen Kombinationen. Bei Radionukliden, deren Zerfallsprodukte auch radioaktiv sind, müssen deren radiologische Eigenschaften ebenfalls berücksichtigt werden. Die Energie der ausgesendeten Strahlung kann je nach Nuklid einige keV bis einige MeV betragen. Die Halbwertszeiten der in den HRQ verwendeten Nuklide reichen von 59,4 d (I-125) bis 430 a (Am-241). Ebenso kann sich die Aktivität der verwendeten radioaktiven Stoffe bei den verschiedenen HRQ-Typen um mehrere Größenordnungen voneinander unterscheiden. Tabelle 4.1-1 gibt einen Überblick über die am häufigsten in HRQ verwendeten Nuklide und deren physikalische Eigenschaften. Das Gefährdungspotential lässt sich anhand der Freigrenze grob schätzen - je niedriger die Freigrenze, desto höher das Strahlenrisiko.

Tabelle 4.1-2 gibt einen Überblick über den Verwendungszweck, die dabei eingesetzten Aktivitäten und die Häufigkeit im HRQ-Register (Stand: Februar 2012) an.

Die in den HRQ verwendeten radioaktiven Materialien liegen in fester Form vor. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften dieser Materialien werden durch das verwendete Nuklid und, wenn vorhanden, durch das Trägermaterial bestimmt. So wird z.B. das Nuklid Co-60 in Form einer metallischen Legierung verwendet, während Cs-137 als Cäsiumchlorid sowohl in Form von Salzgranulat-Pulver, als gepresste Pellets oder aber auf Keramik gesintert (Cäsiumkeramik) hergestellt wird. Abweichend von der üblichen Bauart einer HRQ wird als Sonderfall Tritium zur Erzeugung von Neutronen in sog. Neutronengenerator-Röhren in Form eines ungekapselten Metallhydrid-Targets eingesetzt. Informationen über die chemische Form der verwendeten Nuklide sind ebenfalls in Tabelle 4.1-1 enthalten.

**Tabelle 4.1-1: Nuklide, die am häufigsten für HRQ genutzt werden, ihre physikalischen Eigenschaften [12] und die entsprechenden deutschen Grenzwerte [8].**

| Nuklid                                     | Energie der emittierten Strahlung<br>(dominante Linien)<br>[keV] |             |               | Halbwertszeit  | chemische/<br>physikalische<br>Form                    | Freigrenze<br>lt. StrlSchV<br>[Bq] | Aktivität<br>HRQ/<br>1/100A <sub>1</sub><br>[Bq] |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|----------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                            | α                                                                | max. β      | γ             |                |                                                        |                                    |                                                  |
| <b>H-3</b>                                 |                                                                  | 19          |               | 12,3 a         | Metallhydrid                                           | 1 E+09                             | 4 E+11                                           |
| <b>Co-60</b>                               |                                                                  | 318         | 1173,<br>1333 | 5,3 a          | Nickel-<br>Legierungen                                 | 1 E+05                             | 4 E+09                                           |
| <b>Se-75</b>                               |                                                                  |             | 136,<br>265   | 119,8 d        | Metall oder<br>Legierung                               | 1 E+06                             | 3 E+10                                           |
| <b>Sr-90<br/>→Y-90</b>                     |                                                                  | 546<br>2280 |               | 28,8 a<br>64 h | Metalloxid                                             | 1 E+04                             | 3 E+09                                           |
| <b>I-125</b>                               |                                                                  |             | 27,5          | 59,4 d         | Beschichtung auf<br>metall. Träger,<br>Ionen in Lösung | 1 E+06                             | 2 E+11                                           |
| <b>Cs-137+</b>                             |                                                                  | 514         | 662           | 30,1 a         | gepresstes Pulver<br>(Cäsiumchlorid)                   | 1 E+04                             | 2 E+10                                           |
| <b>Ir-192</b>                              |                                                                  | 539,<br>675 | 317,<br>468   | 73,8 d         | Metall oder<br>Legierung                               | 1 E+04                             | 1 E+10                                           |
| <b>Ra-226</b>                              | 4784                                                             |             | 186<br>(3%)   | 1600 a         | Erdalkalimetall                                        | 1 E+04                             | 2 E+09                                           |
| <b>Pu-238</b>                              | 5499                                                             |             | 16            | 87,7 a         | Metalloxid                                             | 1 E+04                             | 1 E+11                                           |
| <b>Am-241</b>                              | 5486,<br>5443                                                    |             | 60            | 432,6 a        | gepresstes Pulver<br>(Americiumoxid)                   | 1 E+04                             | 1 E+11                                           |
| <b>Cf-252<br/>(n-Strahler)<sup>†</sup></b> | 6118                                                             |             |               | 2,7 a          | Metalloxid                                             | 1 E+04                             | 5 E+08                                           |

<sup>†</sup>aufgrund von Spontanspaltung (3,09 %) mit 3,77 Neutronen pro zerfallendem Kern

Im HRQ-Register sind ebenfalls Am-241/Be-Quellen erfasst, die zur Erzeugung von Neutronenstrahlung dienen. Hierbei erzeugt die Alpha-Strahlung des Am-241 über die ( $\alpha$ , n)-Kernreaktion mit dem Beryllium Neutronen mit einer Energie im MeV-Bereich. Während die Alpha-Strahlung durch das Quellengehäuse absorbiert wird, wird von diesen Quellen neben der Neutronenstrahlung auch Gamma-Strahlung (ca. 59 keV, 35 %) abgegeben. Diese Quellen werden zur Prüfung und Kalibrierung von Neutronendetektoren, als Dichte-Feuchte-Messgerät im Straßenbau, zur Aktivierung mit Neutronen in der Forschung sowie in Kernreaktoren eingesetzt.

**Tabelle 4.1-2: Übersicht der am häufigsten in Deutschland genutzten HRQ, ihr Anteil am Bestand des deutschen HRQ-Registers (Stand: Feb. 2012), die gespeicherte Maximalaktivität der jeweiligen Nuklide sowie typische Anwendungen mit den üblichen Aktivitätswerten. Die Angaben zu den üblichen Aktivitäten stammen aus [4,11,13,14,15]. Die rechte Spalte enthält die typischen Methoden zur kommerziellen Gewinnung bzw. Herstellung der Nuklide.**

| <b>Nuklid</b>    | <b>Anteil an HRQ in Deutschland</b> | <b>max. Aktivität/ HRQ-Register [Bq]</b> | <b>Anwendungsgebiete bzw. verwendet für</b>                                                                                                      | <b>übl. Aktivität [Bq]</b>                     | <b>Gewinnung/ Herstellung</b>                                                  |
|------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>H-3</b>       | < 0,1%                              | 7,6 E+12                                 | Neutronengeneratoren                                                                                                                             | 7 E+10                                         | durch Bestrahlung (Neutronenaktivierung) von Li-6 in Kernreaktoren             |
| <b>Co-60</b>     | 32%                                 | 2,1 E+16                                 | Bestrahlungseinrichtungen<br>Bestrahlungsgeräte<br>Teletherapie<br>industrielle Radiographie<br>Füllstands-, Dichte-,<br>Massendurchflussmessung | 2 E+17<br>9 E+14<br>5 E+14<br>4 E+12<br>7 E+10 | durch Bestrahlung von stabilem Co-59 in Kernreaktoren                          |
| <b>Se-75</b>     | 10%                                 | 4,1 E+13                                 | industrielle Radiographie                                                                                                                        | 3 E+12                                         | Anreicherung des mineralischen Se mit Se-74 auf 90%, dann Bestrahlung zu Se-75 |
| <b>Sr-90</b>     | 1,2%                                | 1,3 E+15                                 | Radionuklidbatterien (RTG)<br>Füllstands-, Dichte-,<br>Massendurchflussmessung                                                                   | 2 E+15<br>4 E+09                               | chem. Extraktion bei der Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe              |
| <b>I-125</b>     | 3 St.                               | 2,0 E+12                                 | Medizin<br>zerstörungsfreie<br>Werkstoffprüfung                                                                                                  | 4 E+11<br>2 E+12                               | durch Bestrahlung von nat. Xe-124 in Kernreaktoren                             |
| <b>Cs-137+</b>   | 11%                                 | 4,4 E+16                                 | Bestrahlungsgeräte<br>Teletherapie<br>Kalibrationsstrahler<br>Füllstands-, Dichte-,<br>Massendurchflussmessung                                   | 3 E+14<br>5 E+13<br>2 E+13<br>7 E+11           | chem. Extraktion bei der Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe              |
| <b>Ir-192</b>    | 44%                                 | 4,2 E+15                                 | industrielle Radiographie<br>Afterloading-Brachytherapie                                                                                         | 6 E+12<br>5 E+11                               | durch Bestrahlung von Ir-191 in Kernreaktoren                                  |
| <b>Ra-226</b>    | < 0,1%                              | 1,0 E+10                                 | Neutronenquellen (Ra/Be)<br>früher Medizin                                                                                                       | 7 E+09                                         | nat. vorkommendes Erdalkalimetall                                              |
| <b>Pu-238</b>    | 6 St.                               | 1,0 E+12                                 | RTG<br>Herzschrittmacher                                                                                                                         | 1 E+13<br>1 E+11                               | chem. Extraktion bei der Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe              |
| <b>Am-241</b>    | 1,7%                                | 1,2 E+15                                 | Füllstands-, Dichtemessung                                                                                                                       | 1 E+11                                         | chem. Extraktion bei der Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe              |
| <b>Am-241/Be</b> | < 1%                                | 1,9 E+12                                 | Bohrlochmessung                                                                                                                                  | 8 E+11                                         | siehe Am-241                                                                   |
| <b>Cf-252</b>    | < 0,1%                              | 1,1 E+12                                 | Bohrlochmessung                                                                                                                                  | 4 E+08                                         | durch Neutronenbestrahlung von Pu-239 in Kernreaktoren                         |

## 4.1.2 Konstruktion

Eine HRQ wird in der Regel als kleiner Behälter hergestellt, der radioaktives Material enthält, welches von einem Kapselsystem eingeschlossen ist. Neben dieser Form gibt es insbesondere im medizinischen Bereich auch HRQ, die in Form von Nadeln, Röhren oder schalenförmigen Applikatoren verwendet werden.

Das äußere Erscheinungsbild einer HRQ entspricht daher im Allgemeinen dem eines kleinen „unverdächtig aussehenden“ Metallstücks (Abbildung 4.1-1 u. Abbildung 4.1-2).

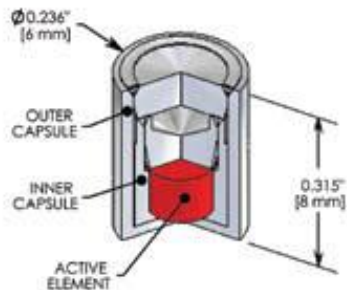


Abbildung 4.1-1: Aufbau einer Am-241-Quelle (Eckert & Ziegler Isotope Products).

Grafik: Eckert & Ziegler Isotope Products.



Abbildung 4.1-2: Beispiele für Am-241-Quellen mit doppelwandiger Stahlkapsel (Eckert & Ziegler Isotope Products).

Foto: Eckert & Ziegler Isotope Products.



Abbildung 4.1-3: Sr-90-Strahlenquelle, Rückseite (links) und Vorderseite (rechts) mit Strahlenfenster (Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH)

Foto: Eckert & Ziegler Nuclitec GmbH.

Die meisten HRQ haben eine zylindrische Form mit einem Durchmesser und einer Länge bis zu einigen Zentimetern. Ausgehend von der gewünschten Dosisleistung ergeben sich die Abmessungen einer HRQ durch das ausgewählte Nuklid und dessen für die Dosisleistung erforderliche Gesamtaktivität sowie aufgrund von geräteseitigen Anforderungen. Über die durch die spezifische Aktivität des Nuklids bestimmte Nuklidmasse und die Menge des ggf. benötigten Trägermaterials, in das das radioaktive Nuklid eingebettet wird, errechnet sich die Gesamtmasse und damit das Volumen des radioaktiven Materials. Dieses Volumen wird entweder von einer, zwei oder drei Kapselungen umschlossen. Die Kapsel muss das radioaktive Material sowohl unter den Bedingungen der bestimmungsgemäßen Verwendung als auch unter definierten Unfallbedingungen sicher hermetisch einschließen. Einzelne Kapselbestandteile werden verschweißt oder gelötet, können aber auch, insbesondere bei älteren Typen durch Epoxydharzverbindungen verklebt sein. Die Kapselwand darf nicht dazu führen, dass die für den jeweiligen Verwendungszweck benötigte Dosisleistung durch die Abschirmwirkung des Kapselmaterials zu stark reduziert wird. Andererseits ist es oft beabsichtigt, unerwünschte Beta- oder Alphastrahlungsanteile durch die Kapselwand zu reduzieren.

### 4.1.3 Kennzeichnung

Um die eindeutige Identifizierbarkeit einer HRQ zu gewährleisten, wird im nationalen und internationalen Regelwerk eine eindeutige und dauerhaft angebrachte Kennzeichnung gefordert. Bestandteil dieses Kennzeichens soll eine unverwechselbare Identifizierungsnummer sein, die bei der Herstellung auf der HRQ und auf deren Schutz- oder Aufbewahrungsbehälter, z.B. durch Gravur, aufzubringen ist.

Die Quellenkennzeichnung sollte neben der Seriennummer nach Möglichkeit weitere Angaben zum verwendeten Radionuklid, zu dessen Aktivität, zum Messdatum, zum Hersteller oder Lieferanten, zur Bauart und zur Klassifizierung gemäß DIN 25426, Teil 1 enthalten. Da eine derart umfassende Kennzeichnung in der Praxis durch die geringe Größe bzw. die geometrische Form der HRQ verhindert wird, ist das Anbringen der über die Seriennummer hinausgehenden Angaben nur bei den HRQ gefordert, bei denen es technisch möglich ist.

Ist die zusätzliche Kennzeichnung der Strahlenquelle nicht möglich oder werden wieder verwendbare Schutzbehälter oder Aufbewahrungsbehälter eingesetzt, so sind diese mit der Angabe "hochradioaktive Strahlenquelle" zu versehen [1].

Es hat sich gezeigt, dass die Gestaltung derartiger Seriennummern durch die Hersteller von HRQ national und international sehr unterschiedlich ist. Aus diesem Grund kommt der zu der einzelnen HRQ auszustellenden Begleitdokumentation (Zertifikat) eine wesentliche Bedeutung zu (s. Kapitel 5.2.1).

## 4.2 VORRICHTUNGEN MIT HRQ

Im Kapitel 3 wurden die nach dem heutigen Stand der Technik international üblichen Anwendungsgebiete von HRQ beschrieben. Die in Deutschland vertriebenen und damit im HRQ-Register zu erfassenden HRQ werden vor allem in Geräten eingesetzt, die den im Folgenden genannten Bereichen zuzuordnen sind.

### 4.2.1 Brachytherapie/ Afterloading<sup>4</sup>

Die Brachytherapie ist eine Therapieform, bei der Tumore mithilfe radioaktiver Strahlenquellen, die am oder im Körper des Patienten verwendet werden, bestrahlt werden. Werden die HRQ ferngesteuert im Körper des Patienten positioniert, handelt es sich um Afterloading-Geräte. Zunächst werden sogenannte Applikatoren (Leerröhren) ohne HRQ operativ im Tumor des Patienten positioniert. Die HRQ befindet sich zu diesem Zeitpunkt in einem abgeschirmten Schutzbehälter (Quellentank) des Afterloadinggerätes. Zur Bestrahlung können nuklidabhängig bis zu 40 Quellen ferngesteuert mittels eines Transportsystems in den Applikator transportiert werden. Nach der Behandlung werden die HRQ zur Aufbewahrung wieder in den Behälter zurück gefahren. Für die Be- und Entladung der Afterloadinggeräte mit den HRQ werden spezielle Transportbehälter verwendet. Wesentliches Bauteil des Afterloadinggerätes ist der abgeschirmte Quellentank, in dem sich die HRQ befinden, sowie das Transportsystem zum Verbringen der HRQ in den Applikator.

Bei der Brachytherapie soll die ionisierende Strahlung möglichst nur auf ein auf den Tumor begrenztes Gebiet einwirken. Deshalb wird die HRQ während der Bestrahlung in unmittelbarer Nähe des Tumors positioniert bzw. bei Afterloading-Geräten die in den Tumor eingesetzten Applikatoren nachträglich mit den an Führungsdrähten befestigten HRQ beladen. Durch die ferngesteuerte Beladung kann die Strahlenexposition des Bedienpersonals erheblich reduziert werden. Aufgrund des Verwendungszwecks haben die HRQ sehr kleine Abmessungen, meistens nur wenige Millimeter und sind zur Steuerung mit Führungsdrähten verschweißt. Darüber hinaus werden sie in sehr unterschiedlichen Formen eingesetzt, z.B. in Form von kleinen Kapseln, Nadeln, Schalen oder Drähten. Dies erschwert die Erkennbarkeit als Strahlenquelle und begünstigt eine beabsichtigte oder unbeabsichtigte zweckentfremdete Verwendung bzw. eine unzulässige Entsorgung.

Die Geräte sind transportabel und können bei Bedarf an unterschiedlichen Standorten eingesetzt werden (z.B. in Krankenhäusern, Universitätskliniken, Privatpraxen). Aufgrund der Abschirmung des Behälters geht von einer sicher verwahrten HRQ i. d. R. keine Gefahr aus. Wenn eine HRQ aber aus dem Behälter entfernt wird, kann durch Direktstrahlung aufgrund der hohen Strahleraktivität eine bedeutende Gesundheitsgefährdung für Personen, die sich in unmittelbarer Nähe der HRQ befinden, entstehen. Um die Strahlenbelastung auf deutlich unter 1 mSv zu reduzieren, muss der Aufenthalt auf einen Sicherheitsabstand von > 1 m und auf eine Zeit von weniger als eine Stunde beschränkt werden. Aufgrund ihrer geringen Abmessungen können derartige HRQ ggf. auch in den menschlichen Körper aufgenommen werden (Inkorporation) – allerdings nur, wenn sie vom Führungsdraht entfernt wurden. In diesem Fall besteht eine erhebliche Gesundheitsgefährdung.

Die Geräte wiegen zwischen 50 bis 250 kg.

---

<sup>4</sup> Afterloading - Nachladeverfahren

Die am häufigsten verwendeten Nuklide sind Ir-192 ( $\leq 500$  GBq), Co-60 ( $\leq 1,5$  GBq) und Cs-137 ( $\leq 1,5$  GBq), Hersteller von Afterloading-Geräten sind u. a. die Firmen Nucletron B.V., Varian Medical Systems sowie die Eckert & Ziegler BEBIG GmbH.



**Abbildung 4.2-1: microSelectronDigital Afterloadinggerät (Nucletron B.V., Niederlande).**

**Foto: Nucletron B.V.**



**Abbildung 4.2-2: Flexitron Afterloader (Nucletron B.V., Niederlande).**

**Foto: Nucletron B.V.**



**Abbildung 4.2-3: MultiSource Afterloader System (Eckert & Ziegler BEBIG GmbH, Deutschland).**

**Foto: Eckert & Ziegler BEBIG GmbH.**

## 4.2.2 Bestrahlungsgeräte

Gemäß Kapitel 3 werden Bestrahlungseinrichtungen zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt. In Deutschland findet man insbesondere Einrichtungen zur Bestrahlung von Materialproben oder Produkten in der industriellen Forschung. Darüber hinaus existieren Einrichtungen zur Sterilisation von medizinischen Produkten sowie zur Blutbestrahlung. Die Blutbestrahlung wird zur Verringerung des Risikos von sog. Transplantat-gegen-Wirt-Reaktionen durchgeführt. Dabei werden die zu bestrahlenden Objekte (Blutbeutel mit Blutkonserven, Materialprobe usw.) innerhalb einer abgeschirmten Kammer der hochenergetischen Gammastrahlung einer oder mehrerer HRQ ausgesetzt. Das Volumen der Kammer kann mehrere Liter betragen. Die Bestrahlungszeit und somit die Dosis wird dabei elektronisch gesteuert. Diese reicht von einigen Minuten bei der Blutbestrahlung bis zu Stunden in der Strahlenbiologie und der Materialforschung. Durch Abschirm- und Sicherheitseinrichtungen (Schaltsperrn, Dreh-türmechanismen) ist gewährleistet, dass keine Strahlung nach außen dringt und der Nutzer beim Beladen keiner Strahlung ausgesetzt wird. Routinekontrollen der HRQ werden vor Ort durchgeführt. Um die HRQ zu ersetzen, wird in der Regel die komplette Einheit, bestehend aus Bestrahlungskammer, Strahlenquellen und Abschirmung, ausgebaut bzw. das komplette Gerät zum Hersteller oder Serviceanbieter verbracht. Das Bestrahlungsgerät hat etwa die Größe eines kleinen Schrankes, wird stationär benutzt und wiegt je nach Her-

steller und Bauart zwischen 1 und 4 t.

Innerhalb der Bestrahlungskammer oder in einer Anordnung um diese herum befinden sich eine oder mehrere, in manchen Fällen mehr als 50 radioaktive Strahlenquellen. Die HRQ selbst sind von meist zylindrischen Edelstahlkapseln vollständig umschlossen. Die Abmessungen der HRQ betragen je nach Geometrie einige Millimeter bis einige Zentimeter. Die Länge kann bei zylinder- bzw. stabförmigen HRQ mehrere zehn Zentimeter betragen. Die Bestrahlungskammer ist zusammen mit der HRQ als Einheit vollständig abgeschirmt. Das Entfernen der HRQ ist nicht möglich ohne das Bestrahlungsgerät zu zerlegen.

Die am häufigsten verwendeten Nuklide sind Co-60 ( $\leq 3000$  TBq) und Cs-137 ( $\leq 200$  TBq). Aufgrund der kompletten Abschirmung geht von den HRQ im Bestrahlungsgerät im bestimmungsgemäßen Betrieb keine Gefahr aus. Erhöhte Strahlenbelastungen aufgrund von Fehlbedienungen sind i.d.R. durch konstruktive und technische Maßnahmen ausgeschlossen. Eine Gefährdung besteht ausschließlich beim mutwilligen Entfernen der HRQ aus dem Gerät, was allerdings mit einem hohen technischen Aufwand verbundenen wäre, bzw. durch illegale Entsorgung des Gerätes oder der HRQ. In diesen Fällen ist die Gefährdung sehr hoch, da eine Direktstrahlung für Personen in unmittelbarer Nähe der HRQ aufgrund der sehr hohen Aktivität der verwendeten HRQ bereits innerhalb kurzer Zeit zu tödlichen Strahlenschäden (tödl. Dosis: ca. 7 Sv) führen kann (vgl. Tabelle 4.2-1).

**Tabelle 4.2-1: Dosisleistung von HRQ in Bestrahlungsgeräten.**

|        | Aktivität | Abstand | Dosisleistung |
|--------|-----------|---------|---------------|
| Cs-137 | 200 TBq   | 1 m     | 17,6 Sv/h     |
| Co-60  | 200 TBq   | 1 m     | 70,2 Sv/h     |

Hersteller von Bestrahlungsgeräten sind u. a. Firmen wie Best Theratronics, BRIT, CIS Bio International, MDS Nordion JL Shepherd und Gamma-Service Medical.



**Abbildung 4.2-4: Blutbestrahlungsgerät Gammacell 1000/3000, (Best Theratronics, Kanada).**

**Foto: Best Theratronics.**



**Abbildung 4.2-5: Blutbestrahlungsgerät Biobeam GM (Gamma-Service Medical GmbH, Deutschland)**

**Foto: Gamma-Service Medical GmbH, Biobeam GM Factsheet.**



**Abbildung 4.2-6: Laborbestrahlungsgerät GSR-D1 (Gamma-Service Medical GmbH, Deutschland).**

**Foto: Gamma-Service Medical GmbH, GSR D1 Factsheet.**

### 4.2.3 Füllstands-, Dichte-, Massendurchflussmessgeräte

Zur Messung von Füllständen in Flaschen, Dosen, Containern oder Lagerbehältern sowie zur Messung von Materialstärke (z.B. in der Stahlproduktion) oder Materialdichte (z.B. bei der Zigarettenherstellung) und zur Massendurchflussmessung werden häufig HRQ mit den Nukliden Co-60 ( $A \leq 74$  GBq), Cs-137 ( $A \leq 740$  GBq) sowie Sr-90 und Am-241 ( $A \leq 3,7$  GBq) verwendet<sup>5</sup>.

Die Geräte sind meist fest installiert und werden zur Überwachung von industriellen Prozessen eingesetzt. Auf zwei gegenüber liegenden Seiten des zu untersuchenden Behälters oder Materials befinden sich eine Strahlenquelle und ein Messsensor (siehe Abbildung 4.2-7 u. Abbildung 4.2-8). Der Sensor misst kontinuierlich die Intensität der von der Quelle ausgesandten Gammastrahlung, die von dem dazwischen befindlichen Füllgut bzw. zu untersuchenden Material abgeschwächt wird. Bei einem Füllstandsmesser signalisiert das geschwächte Signal das Erreichen des Füllstandes (Abbildung 4.2-10). Bei einem Dicke- oder Dichtemesser wird auch die Höhe des registrierten Messsignals, die mit der zu untersuchenden Materialstärke oder -dichte abnimmt, ausgewertet. Einige Geräte werten auch die vom Material zurück gestreute Strahlung aus. Bei diesen sind Strahlenquelle und Messsensor auf derselben Seite montiert.

Die Geräte bestehen i.d.R. aus einem Quellenhalter oder -container (Abbildung 4.2-9) und einer Messeinrichtung – teilweise auch beides in einem Gerät – welches dann als Messkopf bezeichnet wird. In verschiedenen Bereichen der Großindustrie (Stahl- und Walzwerk, Petrochemische Industrie und Mühlen) werden sie als fest montierte Anlagen z.B. an Produktionsbändern oder Rohren zur Prozessüberwachung eingesetzt. Der Strahlenausgang ist i.d.R. durch einen automatischen Strahlerverschluss gesichert, der nur während des Messvorgangs geöffnet wird. Es ist auch möglich, dass unterschiedliche Quellen (für unterschiedliche Prozesse) eingesetzt werden, die dann in zusätzlichen Quellencontainern aufbewahrt werden.

Aufgrund der verwendeten Bleiabschirmung kann eine Apparatur zwischen 20 bis 400 kg wiegen.

Solange die Strahlenquellen in der Strahlerhalterung bzw. im Gerät eingebaut sind, besteht nur eine geringe radiologische Gefährdung. Da aber, insbesondere bei alten Geräten, der Strahlerverschluss schadhaft sein kann, sollte in jedem Fall ein Sicherheitsabstand von einigen Metern zu den entsprechenden Geräten gewahrt werden.

Von den in Geräten zur Füllstands- und Dichtemessung verwendeten Strahlenquellen kann eine erhebliche Gefährdung ausgehen, wenn sie aus der Apparatur entfernt wurden. Die Strahlenquellen haben meist Abmessungen von wenigen Millimetern und erzeugen unabgeschirmt in 1 m Abstand eine Dosisleistung bis zu 40 mSv/h.

Um die Strahlenbelastung auf deutlich unter 1 mSv zu reduzieren, muss der Aufenthalt auf einen Sicherheitsabstand von  $>2$  m und auf eine Zeit von weniger als 10 Minuten beschränkt werden.

Da derartige Quellen i.d.R. mehrfach gekapselt bzw. mehrfach verschweißt sind, sind eine Kontamination sowie die Aufnahme von Radioaktivität in den menschlichen Körper (Inkorporation) unter normalen Umständen nicht zu befürchten. Dies ist nur in der Folge einer schweren Havarie – z.B. durch Einschmelzen, Quetschen oder Zer-

---

<sup>5</sup> Daneben werden die Nuklide Kr-85 und Pm-147 verwendet, jedoch mit Aktivitäten unterhalb der HRQ-Aktivität.



schneiden des Strahlers – möglich, bei der die Stahlummantelung der Quelle zerstört wurde. In diesem Fall muss der potentiell kontaminierte Bereich abgesperrt werden und darf nur durch ausgebildetes und ausreichend geschütztes Personal betreten werden.

Bekannte Herstellerfirmen sind z.B. Endress + Hauser, MESACON oder Ohmart. Da die eingesetzten Messinstrumente den jeweiligen Prozessbedingungen angepasst werden, können die Apparaturen sehr unterschiedlich aussehen. Aus diesem Grund sind mit Typenbezeichnung versehene Modellreihen selten.



**Abbildung 4.2-7: Gamma-Dichtemessgerät mit gelbem Cs-137-Quellen-Halter (Endress + Hauser).**

Foto: Endress + Hauser.



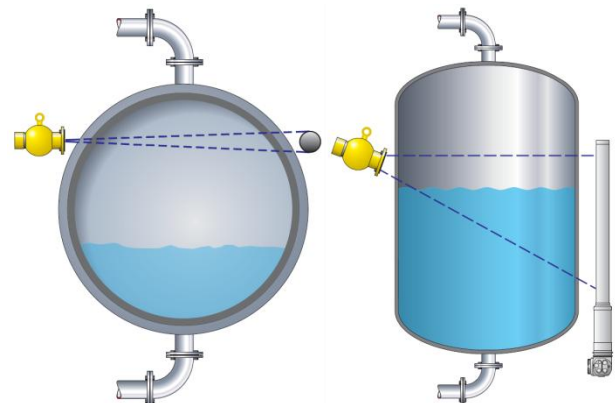
**Abbildung 4.2-8: Massendurchfluss-Mess-einrichtung auf einem Saugbagger (Endress + Hauser).**

Foto: Endress + Hauser.



**Abbildung 4.2-9: Quellenhalter (Endress + Hauser).**

Foto: Endress + Hauser.



**Abbildung 4.2-10: Prinzip der Füllstandsmessung, li: Punktmessung, re: kontinuierliche Messung.**

Grafik: Endress + Hauser.

#### 4.2.4 Gammaradiographie

Die Gammaradiographie dient der Materialuntersuchung und wird mit Hilfe der Gammastrahlung einer HRQ durchgeführt. Auf Grund der Durchdringungseigenschaft hochenergetischer Gammastrahlung können die zu untersuchenden Bauteile zerstörungsfrei geprüft werden. Die Geräte sind transportabel und können überall bei Bedarf eingesetzt werden (z.B. auf Baustellen). Während des Einsatzes werden die Auswerteeinheit zur Bildbetrachtung und eine sog. Ausfahrspitze mit Messblende vor der eigentlichen Prüfung so positioniert, dass die zu untersuchende Stelle durchstrahlt werden kann. Die HRQ befindet sich zu diesem Zeitpunkt noch in einem Schutzbehälter und wird erst zur Messung mittels eines Fernantriebes in die Ausfahrspitze transportiert. Fernantrieb, Strahlerführung und Ausfahrspitze sind als Zubehörteile demontierbar. Nach der Messung wird die HRQ zur Aufbewahrung wieder in den Behälter zurück gefahren und das Zubehör wird demontiert. Wesentliches Bauteil des Gammaradiographie-Gerätes ist der Arbeitsbehälter, in dem sich die HRQ befindet. Der Behälter besteht aus einer Abschirmung (z.B. Blei, Uran oder Wolfram) und der Umhüllung (z.B. Edelstahl). Die HRQ ist in einem Halter zentral im Behälter positioniert und vollständig abgeschirmt. Eine Verriegelung stellt sicher, dass die HRQ nicht unbeabsichtigt aus dem Behälter fallen kann. Geräte für die Gammaradiographie sind transportabel.



**Abbildung 4.2-11: GammaMat TK100 (MDS Nordion).**

Foto: BfS.



**Abbildung 4.2-12: Quellengliederkette für TK100 (MDS Nordion).**

Foto: BfS.



**Abbildung 4.2-13: SPEC-150 (Source Production & Equipment Co., Inc. [SPEC]).**

Foto: SPEC.



**Abbildung 4.2-14: SPEC-300 (Source Production & Equipment Co., Inc. [SPEC]).**

Foto: SPEC.

Die am häufigsten verwendeten Nuklide sind Ir-192 (>1 TBq), Se-75 (>1 TBq), Co-60 (>1 TBq), selten auch Yb-169. Aufgrund der Abschirmung des Behälters geht von einer sicher verwahrten HRQ i.d.R. keine Gefahr aus. Wenn die HRQ jedoch aus dem Behälter entfernt wird, besteht auf Grund der hohen Strahleraktivität eine unmittelbare Gesundheitsgefährdung durch Direktstrahlung. Da in der Nähe der HRQ Dosisleistungen bis zu einigen Sv/h möglich sind, können bei einem Aufenthalt in unmittelbarer Nähe bereits nach einigen Minuten Schädigungen auftreten. Um die Strahlenbelastung auf deutlich unter 1 mSv zu reduzieren, muss der Aufenthalt auf einen Sicherheitsabstand von etwa 20 m und auf eine Zeit von weniger als einer Stunde beschränkt werden. Da derartige Quellen mehrfach gekapselt bzw. mehrfach verschweißt sind und da eine Beschädigung der HRQ im Normalfall ausgeschlossen werden kann, ist eine Kontamination sowie die Aufnahme von Radioaktivität in den menschlichen Körper (Inkorporation) i.d.R. nicht zu befürchten.

Die Geräte können zwischen 8 bis 35 kg bzw. bei Verwendung von HRQ mit Co-60 zwischen 100 und 200 kg wiegen.

Hersteller von Geräten zur Gammadiagnostik sind u.a. Firmen wie MDS Nordion, QSA Global Inc und Source Production & Equipment Co. Inc. (Spec).

#### **4.2.5 Dichte- und Feuchtemessgeräte (Troxlersonden)**

Zur Messung von Dichte und Feuchtigkeitsgehalt von Böden und Straßenbelägen sowie in Gebäuden kommen Geräte zum Einsatz, in denen ebenfalls radioaktive Quellen verwendet werden, die in der Regel Cs-137 ( $\leq 400$  MBq), Am-241/Be ( $\leq 4$  GBq) oder Cf-252 ( $\leq 4$  MBq) enthalten.

Obwohl diese Quellen auf Grund der geringeren Aktivitäten nicht als HRQ einzustufen sind, werden sie in diesem

Handbuch beschrieben, da ihre Anwendung weit verbreitet ist. Die Geräte werden in verschiedenen Bereichen der Bauindustrie zur Prozess- und Qualitätskontrolle sowie für Bodenuntersuchungen in der Landwirtschaft eingesetzt. Zur Messung der Dichte des zu untersuchenden Materials wird die Gammastrahlung eines Cs-137-Strahlers eingesetzt. Die Höhe der vom Untersuchungsmaterial zurück gestreuten Strahlung verringert sich mit zunehmender Materialdichte und wird mit einem Detektor erfasst.

Zur Bestimmung der Materialfeuchtigkeit wird die Neutronenstrahlung eines Am-241/Be-Strahlers verwendet, die insbesondere mit Wasserstoff wechselwirkt. Hier verändert sich die Höhe der vom Wasser im Untersuchungsmaterial zurück gestreuten Strahlung mit zunehmender Materialfeuchte und wird mit einem Neutronen-Detektor gemessen. Meistens werden Multifunktionsgeräte, die mit verschiedenen Strahlern ausgestattet sind, verwendet. Auf der Unterseite des Gerätes befinden sich zwei durch einen automatischen Verschluss gesicherte Öffnungen mit je einer Gamma- (i.d.R. Cs-137) und einer Neutronenstrahlenquelle (i.d.R. Am-241/Be).

Die Geräte sind transportabel und kompakt und sind mit Mess- und Anzeigeeinheit ausgestattet. Sie werden mithilfe des Tragegriffs an der zu untersuchenden Stelle positioniert. Nur während der Messung werden die automatischen Verschlüsse, die den Austritt von ionisierender Strahlung normalerweise verhindern, geöffnet.

Eine Apparatur wiegt etwa 15 kg. Die meisten Geräte verfügen zudem über einen ca. 1 m langen Tragegriff. Von den in den Troxler sonden verwendeten Strahlenquellen kann eine Gefährdung ausgehen, wenn sie aus der Apparatur entfernt wurden. Die Strahlenquellen haben meist Abmessungen von wenigen mm und erzeugen unabgeschirmt in 1 m Abstand eine Dosisleistung bis zu 40  $\mu\text{Sv/h}$ .

Solange die Strahlenquellen im Gerät – gesichert durch den automatischen Verschluss – eingebaut sind, besteht nur eine geringe Gefährdung. Da aber insbesondere bei alten Geräten der Strahlerverschluss schadhaft sein kann, sollte im Fall einer aufgefundenen Apparatur ein Sicherheitsabstand von mehr als 2 Metern gewahrt werden. Eine Strahlenbelastung von 1 mSv wird bei einem Sicherheitsabstand von  $>1$  m erst nach einer Zeit von 25 Stunden erreicht. Da derartige Quellen mehrfach gekapselt bzw. mehrfach verschweißt sind, ist eine Kontamination sowie die Aufnahme von Radioaktivität in den menschlichen Körper (Inkorporation) unter normalen Umständen nicht zu befürchten. Der bekannteste Hersteller ist die Fa. Troxler Labs. Aus diesem Grund hat sich im Sprachgebrauch der Begriff „Troxler sonde“ eingebürgert. Ein weiterer Hersteller ist z.B. die Firma CPN.

Gebräuchliche Modelle sind die z. B. Troxler Mod. 3216 „Roofreader“, Troxler Mod. 3430, 3440, 3450 „Roadreader“ (Abbildung 4.2-15) sowie Troxler Model 4640-B „Thin Layer“.



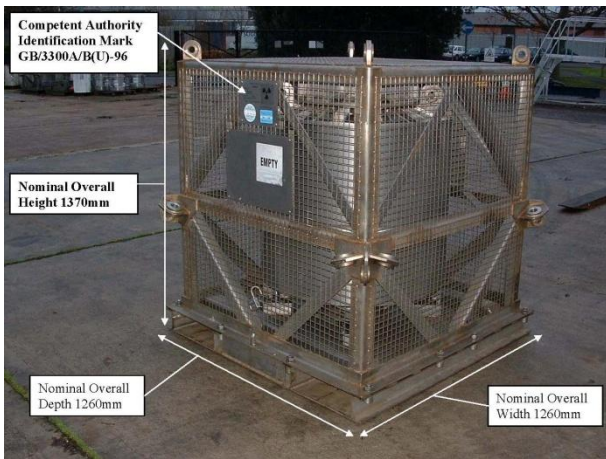
**Abbildung 4.2-15: Troxler Modell 3440 Road Reader (Troxler Electronic Laboratories, Inc.).**

**Foto: Troxler Electronic Laboratories, Inc.**

### 4.3 TRANSPORT- UND WECHSELBEHÄLTER

Transportverpackungen sind für den Versand der HRQ erforderlich. Dieser Versand kann sowohl vom Quellenhersteller zum Hersteller der Geräte, in die die HRQ eingebaut werden als auch zum Betreiber der Geräte, bei dem die HRQ ausgetauscht werden müssen, erfolgen. Genauso wie die HRQ und die Geräte, in die sie eingebaut werden, können sich Transportverpackungen in Form, Gewicht und Aussehen erheblich unterscheiden. So werden für Gammaquellen mit extrem hohen Aktivitäten ggf. rippengekühlte Stahlbehälter verwendet, die über eine Abschirmung aus Blei oder abgereichertem Uran verfügen und ein Gewicht von bis zu 5 t haben können. Für HRQ mit niedrigeren Aktivitäten werden aber auch Behälter verwendet, die wesentlich geringere Abmessungen besitzen können (s. Abbildung 4.3-1 und Abbildung 4.3-2).





**Abbildung 4.3-1: Transportcontainer, LxBxH: 1,3 m x 1,3 m x 1,4 m, Gewicht: 3,7 t (Reviss, GB).**

Foto: Reviss.



**Abbildung 4.3-2: Wechselcontainer zur Be- und Entladung von Afterloading-Tanks (Nucletron B.V., Niederlande).**

Foto: Nucletron B.V.

## 5 SICHERHEIT UND SICHERUNG VON HRQ

### 5.1 RADIOLOGISCHES RISIKO BEIM UMGANG MIT HRQ

#### 5.1.1 Die D-Werte der IAEA

Das Gefährdungspotenzial einer radioaktiven Quelle hängt sowohl von der Höhe ihrer Aktivität, als auch von der Art des verwendeten Nuklids ab. Die IAEA hat ein Konzept [4] entwickelt, das als Grundlage dient, nuklidabhängig die radiologische Gefährdung beim Umgang mit einer radioaktiven Quelle zahlenmäßig zu bestimmen. Ausgangspunkt für dieses Konzept sind zwei Expositionsszenarien:

- a. Eine nicht abgeschirmte Quelle befindet sich
  - in einer Hand für 1 Stunde bzw.
  - in einem Behälter für 10 h oder
  - in einem Raum während mehrerer Tage bis Wochen
- b. Eine durch äußere Einwirkung (Feuer, Explosion, menschlicher Eingriff) erfolgte Freisetzung des Aktivitätsinventars einer umschlossenen radioaktiven Quelle führt zur Inhalation oder Ingestion des radioaktiven Stoffes oder zu einer Hautkontamination

Ausgehend von diesen Szenarien werden über verschiedenen Expositionspfade für die einzelnen Nuklide die Aktivitäten berechnet, die zu jeweils nicht zu überschreitenden Teilkörper-Dosiswerten (Knochenmark, Lunge, Schilddrüse, Haut) führen. Diese Dosiswerte sind den Basic Safety Standards [16] entnommen und in Tabelle II-1 in [4] wiedergegeben. So ergeben sich abhängig von den o.g. Szenarien, und den Expositionspfaden für jedes Nuklid unterschiedliche Aktivitätswerte, von denen der niedrigste D-Wert für dieses Nuklid definiert wird. Der Quotient aus der tatsächlichen Aktivität A einer Quelle und dem D-Wert wird für die Zuordnung in eine der folgenden fünf Gefährdungskategorien verwendet:

|              |                                     |
|--------------|-------------------------------------|
| Kategorie 1: | $A \geq 1000 D$                     |
| Kategorie 2: | $1000 D > A \geq 10 D$              |
| Kategorie 3: | $10 D > A \geq 1 D$                 |
| Kategorie 4: | $1 D > A \geq 0,01 D$               |
| Kategorie 5: | $0,01 D > A \geq \text{Freigrenze}$ |

Gemäß dieser Einteilung besitzt eine radioaktive Quelle der Kategorie 1 ein extrem hohes Gefährdungspotenzial, wenn mit dieser Quelle auf Grund technischer Fehler oder infolge von Handhabungsfehlern unabgeschirmt umgegangen wird. Bereits nach wenigen Minuten Expositionsdauer können dauerhafte gesundheitliche Schäden eintreten. Befinden sich Personen bis zu einigen Stunden in Kontakt mit dieser Quelle kann dies zum Tod führen. Wird die Aktivität dieser Quelle durch äußere Einwirkungen, z.B. durch Brand freigesetzt, ist dies für Personen in unmittelbarer Nähe lebensbedrohlich. Im Abstand von einigen hundert Metern wird dieses Risiko der unmittelbaren Gesundheitsgefährdung allerdings sehr gering. Durch die mögliche großflächige Kontamination können aber

Dekontaminationsmaßnahmen bis zu einem Quadratkilometer und mehr erforderlich werden.

Bei einer Quelle der Kategorie 2 verlängert sich die mögliche Expositionsdauer, die zu dauerhaften Schäden führen kann, bis zu einer Stunde, die Expositionsdauer, die zum Tod führt, bis zu wenigen Tagen. Die Folgen einer möglichen Freisetzung der Aktivität einer Quelle der Kategorie 2 ist vergleichbar mit denen der Freisetzung bei einer Quelle der Kategorie 1. Jedoch sind mögliche Dekontaminationsmaßnahmen nach einem Unfall auf eine Fläche von weniger als einem Quadratkilometer beschränkt.

Entsprechend dem abnehmenden Aktivitätsinventar der Quellen der Kategorie 3 bis 5 verringert sich das Gefährdungspotenzial erheblich. Damit steigen die in den Szenarien berechneten Expositionsauern, während sich die zu dekontaminierenden Flächen verringern.

In den entsprechenden IAEA-Dokumenten werden die oben beschriebenen Kategorien bei der Formulierung von Empfehlungen zugrunde gelegt. Dies erfolgt ebenfalls bei der Empfehlung zur Führung eines nationalen Registers für radioaktive Quellen, bei dem radioaktive Quellen mindestens der Kategorien 1 und 2 erfasst werden sollen.

### 5.1.2 Die $A_1/A_2$ -Werte der IAEA für den sicheren Transport radioaktiver Stoffe

Im Anhang 1 des Safety Guide, No. TS-G-1.1 der IAEA [17] wird eine Methode beschrieben, die es ermöglicht, für den Transport radioaktiver Stoffe nuklidspezifisch maximal zulässige Aktivitätswerte abzuleiten. Abweichend von den Szenarien, die den D-Werten (s. Kapitel 5.1.1) zugrunde gelegt wurden, wird hier von folgenden Kriterien ausgegangen:

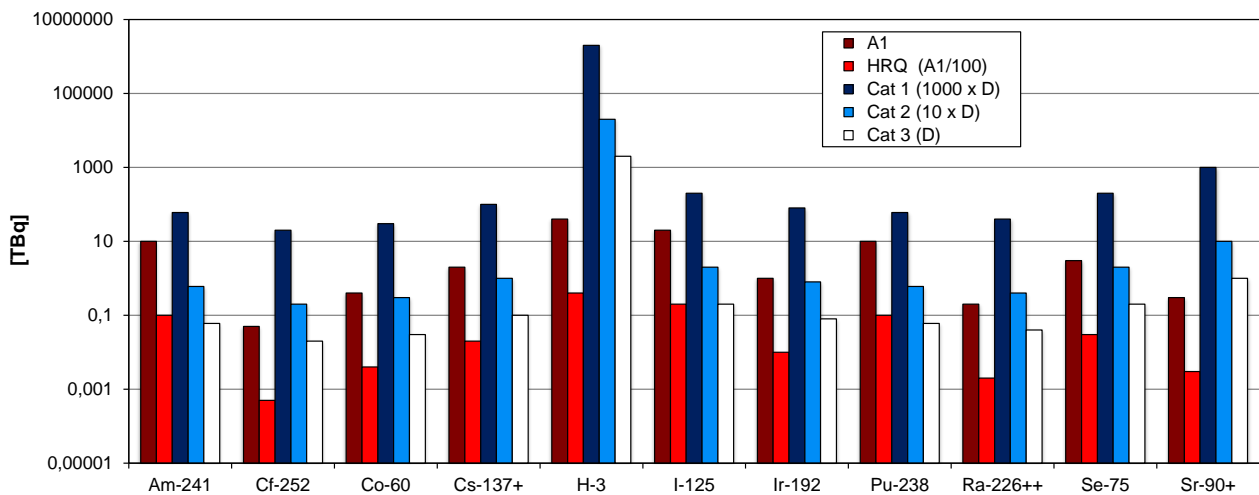
- Die effektive Dosis oder die effektive Folgedosis für eine Person, die sich in der Nähe einer Transportverpackung nach einem Unfall befindet, darf eine Dosis von 50 mSv nicht überschreiten.
- Die effektive Dosis oder die effektive Folgedosis für einzelne Organe (einschließlich der Haut) einer Person, die von dem Unfall betroffen ist, darf 0,5 Sv oder im Fall der Augenlinse 0,15 Sv nicht überschreiten.
- Als Randbedingung wird vorausgesetzt, dass die betroffene Person sich nicht länger als 30 Minuten in 1 m Abstand von der Transportverpackung aufhält.

Über fünf mögliche Expositionspfade (externe Photonenstrahlung, externe Betastrahlung, Inhalation, Hautdosis, Ingestion) werden für die einzelnen Nuklide die Aktivitäten ermittelt, bei denen die o.g. Dosiswerte erreicht werden. Aus diesen Aktivitätswerten, werden die Werte für  $A_1$  und  $A_2$  ermittelt. Hierbei ist  $A_1$  der kleinste der Aktivitätswerte, die sich aus den Expositionen durch die externe Photonenstrahlung bzw. externe Betastrahlung ergeben. Bei der Bestimmung von  $A_2$  werden zusätzlich die sich aus Inhalation, Hautexposition und aus Ingestion ergebenden Aktivitätswerte berücksichtigt. Die Unterscheidung zwischen  $A_1$  und  $A_2$  ergibt sich daraus, dass der  $A_1$ -Wert für radioaktive Stoffe in besonderer Form („special form radioactive material“) herangezogen wird, bei denen aufgrund des vorgesehenen Einschusses des radioaktiven Materials eine unfallbedingte Aktivitätsfreisetzung nicht unterstellt wird. Der  $A_2$ -Wert wird dagegen auch für sonstiges radioaktives Material zugrunde gelegt, bei denen eine unfallbedingte Freisetzung und damit eine Kontamination, Inhalation oder Ingestion möglich ist.

### 5.1.3 Vergleich der „ $A_1$ -Werte“ und der „D-Werte“

Wie in Kapitel 2 ausgeführt, gibt es zur Einstufung von umschlossenen radioaktiven Quellen als Quellen mit sehr hohem Gefährdungspotential zwei unterschiedliche Kategorisierungssysteme. Auf der Basis dieser Kategorisierung gibt die IAEA in verschiedenen Dokumenten Empfehlungen zur Gewährleistung der Sicherheit und Sicherung für Quellen, die mindestens der Kategorie 1 und 2 entsprechen. Die EU fordert dagegen gemäß der „Council Directive 2003/122/EURATOM“ [5] (HRQ-Direktive), in Deutschland durch das „Gesetz zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen vom 12. August 2005“ [1] verbindlich umgesetzt, die Einhaltung von Sicherheits- und Sicherungskriterien für Quellen, deren Aktivität ein Hundertstel des  $A_1$ -Wertes (HRQ) übersteigt.

Vor diesem Hintergrund ist ein Vergleich der Aktivitätswerte von Interesse, die zur Einstufung in die Kategorie 2 gemäß IAEA bzw. zur Einstufung als HRQ gemäß EU-Regelung führen, der in Abbildung 5.1-1 für die meisten Nuklide, die in den im HRQ-Register erfassten Quellen enthalten sind, angegeben ist. Es ist zu erkennen, dass sich die Aktivitätswerte erheblich unterscheiden. Durch die Reduzierung auf ein Hundertstel des  $A_1$ -Wertes werden bereits Quellen als HRQ definiert, deren Aktivitätswerte teilweise um Größenordnungen unterhalb denen der Quellen gemäß IAEA-Kategorie 2 liegen. Die niedrigen Grenzwerte der HRQ-Direktive [5] bewirken also, dass in der EU bereits Quellen der Kategorie 3 und zum Teil sogar der Kategorie 4 gemäß IAEA-Klassifizierung als hochradioaktiv eingestuft werden.



**Abbildung 5.1-1: Aktivitätswerte  $A_1$  und  $A_1/100$  sowie die Werte der IAEA-Kategorie 1, 2 u. 3.**

Ein anderes Bild ergibt sich beim Vergleich der Anforderungen für den Im- und Export: Die IAEA-Empfehlungen gemäß dem Guidance on the Import and Export of radioactive Sources der IAEA [3] (Guidance) sehen eine Genehmigungspflicht beim Im- und Export hochradioaktiver Quellen ab Kategorie 2 vor. Nach deutschem Recht besteht eine Genehmigungspflicht nach § 19 StrlSchV [8] nur für Quellen mit einer Aktivität größer als  $A_1$ . Die  $A_1$ -Werte liegen für die Mehrzahl der Nuklide oberhalb des Wertes der Kategorie 2 der IAEA, so dass die Regelungen des Guidance [3] für eine große Anzahl von Nukliden konservativ gegenüber der deutschen Regelung sind. Auf Basis einer statistischen Analyse der im HRQ-Register erfassten Strahlenquellen zeigte sich jedoch, dass in der Praxis nur weniger als 5% der Strahlenquellen eine Aktivität besitzen, die oberhalb des Grenzwerts der Kategorie 2, jedoch unterhalb des  $A_1$ -Werts liegt. Damit bedürften etwa 10% der jährlich im- oder exportierten Strahlenquellen gemäß den Forderungen der IAEA einer Genehmigung, die in Deutschland gemäß der aktuellen Rechtslage nicht verlangt wird. Hier liegt eine Abweichung des deutschen vom internationalen Regelwerk vor.

## 5.2 SICHERHEITSANFORDERUNGEN

Eine HRQ muss einer Reihe von sicherheits- und strahlenschutztechnischen Anforderungen genügen, die sich aus ihrer bestimmungsgemäßen Verwendung und aus den unterstellten möglichen Unfallbedingungen ergeben. Häufig wird eine HRQ gleichzeitig auch so ausgelegt, dass sie die Kriterien für „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“ gemäß Transportrecht [6] erfüllt. In beiden Fällen ist dabei das wesentliche Schutzziel die Gewährleistung des sicheren Einschusses des radioaktiven Inventars.

### 5.2.1 Auslegungstechnische Anforderungen zur Nutzung

Um ein möglichst einheitliches Sicherheitsniveau bei den zu Grunde zu legenden Mindestanforderungen an eine HRQ zu gewährleisten, wurden diese in Deutschland durch die Norm DIN 25426 [10,18,19,20] bzw. international durch die ISO 2919 [9]<sup>6</sup> standardisiert. Obwohl es auf Grund der unterschiedlichen Erscheinungsjahre dieser Normen im Detail Abweichungen gibt, sind sie in der grundsätzlichen Systematik identisch. So wird ein System vorgegeben, welches unter Berücksichtigung der Radiotoxizität des Aktivitätsinventars der Quelle und ihrer Beanspruchbarkeit gegenüber Temperatur, Druck, Schlag, Schwingung und Durchstoß eine Klassifizierung ermöglicht. Die Klasse, in die eine Quelle eingeordnet wird, wird durch ein Kennzeichen, z. B. ISO/98/C53211(8), angegeben. Hierbei bedeutet „ISO/98“ der bei der Klassifizierung der Quelle herangezogene Standard und dessen Erscheinungsjahr. Der folgende Buchstabe „C“ gibt an, ob die Aktivität des verwendeten Nuklids einen spezifischen in der Norm angegebenen Wert nicht überschreitet. Wenn der Aktivitätswert überschritten wird, ist der Buchstabe „E“ zu verwenden. Der Aktivitätswert wird bestimmt durch die Radiotoxizität des Nuklids sowie dessen Extraktionsfähigkeit und Reaktionsvermögen. Die nachfolgenden fünf Zahlen geben in der genannten Reihenfolge die jeweiligen Klassen der Beanspruchbarkeit der Quelle gegenüber Temperatur, Druck, Schlag, Schwingung und Durchstoß an. Das Kriterium, ob eine Quelle der Beanspruchung standhält, ist der nach den Beanspruchungstests erforderliche

<sup>6</sup> Gemäß Mitteilung des zuständigen DIN-Arbeitskreises wird die deutsche Norm DIN 25426/1 zukünftig zurückgezogen und durch eine übersetzte Version der ISO 2919 ersetzt.

Nachweis ihrer Dichtheit. Die Art der möglichen Dichtheitsprüfungen wird durch die Norm „Umschlossene radioaktive Stoffe, Dichtheitsprüfung im Zusammenhang mit Herstellung und Bauartprüfung, DIN 25426, Teil 3 [19] oder durch die Norm ISO 9978:1992 „Radiation protection – Sealed radioactive sources – Leakage test methods“ [21] festgelegt.

Der Beanspruchungsgrad innerhalb der jeweiligen Klassen unterteilt sich in sieben Stufen (1 bis 6 und X), die durch entsprechende Belastungswerte festgelegt werden. So wird in dem o.g. Beispiel für die Temperatur die Klasse 5 angegeben. Dies bedeutet eine Temperaturbeanspruchung von -40 °C über einen Zeitraum von 20 Minuten sowie von +600 °C für eine Stunde. Zusätzlich wird ein thermisches Abschrecken von +600 °C auf +20 °C verlangt. Analog werden für die vier anderen Klassen Prüfbedingungen definiert. Der Beanspruchungsgrad X weist darauf hin, dass die Quelle speziellen Sonderanforderungen genügt.

Der Klammerwert in der o.g. ISO-Kennzeichnung ist bisher nur in [9] vorgegeben und beschreibt z.B. die Beanspruchbarkeit gegenüber zusätzlichen Belastungsarten, wie z.B. der Biegebeanspruchung.

Einen Überblick über die für verschiedene Strahleranwendungen einzuhaltenden Mindestanforderungen gibt Tabelle 5.2-1 [9,10].

Die Angabe des ISO-Kennzeichens durch den Hersteller ermöglicht dem Anwender, die Eignung der Quelle für den vorgesehenen Verwendungszweck zu prüfen.

Neben den technischen Kriterien werden in den vorgenannten Normen auch Anforderungen bezüglich der Kennzeichnung und Dokumentation einer HRQ formuliert. So wird übereinstimmend mit dem internationalen Regelwerk eine eindeutige und dauerhaft angebrachte Kennzeichnung der Quelle gefordert. Ziel dabei ist die eindeutige Identifizierbarkeit jedes Quellenexemplars durch eine unverwechselbare Seriennummer. Diese Nummer sollte nach Möglichkeit eingraviert sein. In der Praxis hat sich gezeigt, dass die Gestaltung derartiger Seriennummern zwischen den einzelnen Herstellern national und international sehr unterschiedlich ist. Dies reicht von einfachen zweistelligen Zahlen bis hin zu komplexen Nummern, bestehend aus Buchstaben und mehrstelligen Zahlencodes. Die Quellenkennzeichnung sollte neben der Seriennummer weitere Angaben zum verwendeten Radionuklid, zur Aktivität, einschließlich des Messdatums, zum Hersteller oder Lieferanten, zur Bauart und zur oben beschriebenen Klassifizierung enthalten. Da es in der Praxis oft vorkommt, dass die geringe Größe bzw. die geometrische Form einer HRQ eine derart umfassende Kennzeichnung verhindert, werden die über die Seriennummer hinausgehenden Angaben nur bei den HRQ gefordert, bei denen es technisch möglich ist.

Zusätzlich zu der auf einer HRQ aufzubringenden Kennzeichnung wird eine Begleitdokumentation in Form eines Zertifikats verlangt. In diesem sind außer den in der Quellenkennzeichnung enthaltenen Angaben weitere Informationen, wie z.B. Herstellerangaben, Beschreibung der Bauart, Zulassungsnummern, Prüfmethode usw. aufzunehmen. Ein Beispiel für den Inhalt eines Zertifikats zeigt Tabelle 5.2-2.

**Tabelle 5.2-1: Mindestanforderungen für Quellen der Klasse C: Beanspruchungsgrade und die entsprechenden Prüfungen nach DIN 25426-1 [10].**

| Strahleranwendung                        | Beispiel                                             | Beanspruchungsgrad<br>Temperatur                                    | Druck                      | Schlag                    | Schwingung                                                                                                                                                              | Durchstoß                 |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Radiographie im<br>industriellen Bereich | ISO98/C43515<br>Umschlossene Quelle                  | 4:<br>-40°C (20min),<br>+400°C (1h),<br>Schock von +400°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 5:<br>5kg aus<br>1m Höhe  | 1:<br>ungeprüft                                                                                                                                                         | 5:<br>300g aus<br>1m Höhe |
|                                          |                                                      | 4:<br>-40°C (20min),<br>+400°C (1h),<br>Schock von +400°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 3:<br>200g aus<br>1m Höhe | 1:<br>ungeprüft                                                                                                                                                         | 3:<br>10g aus<br>1m Höhe  |
| Medizinischer Bereich                    | ISO98/C32312<br>Radiographie                         | 3:<br>-40°C (20min),<br>+180°C (1h)                                 | 2:<br>25kPa                | 3:<br>200g aus<br>1m Höhe | 1:<br>ungeprüft                                                                                                                                                         | 2:<br>1g aus<br>1m Höhe   |
| Medizinischer Bereich                    | ISO98/C53524<br>Gamma-Teletherapie                   | 5:<br>-40°C (20min),<br>+600°C (1h),<br>Schock von +600°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 5:<br>5kg aus<br>1m Höhe  | 2:<br>3x3 Zyklen je 10 min: 25 bis 500Hz bei 5g Beschleunigungsamplitude                                                                                                | 4:<br>50g aus<br>1m Höhe  |
| Medizinischer Bereich                    | ISO98/C53211<br>Brachytherapie                       | 5:<br>-40°C (20min),<br>+600°C (1h),<br>Schock von +600°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 2:<br>50g aus<br>1m Höhe  | 1:<br>ungeprüft                                                                                                                                                         | 1:<br>ungeprüft           |
| Medizinischer Bereich                    | ISO98/C43312<br>Kontakttherapie                      | 4:<br>-40°C (20min),<br>+400°C (1h),<br>Schock von +400°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 3:<br>200g aus<br>1m Höhe | 1:<br>ungeprüft                                                                                                                                                         | 2:<br>1g aus<br>1m Höhe   |
| Gamma-Messanlagen                        | ISO98/C43333<br>Umschlossene Quelle                  | 4:<br>-40°C (20min),<br>+400°C (1h),<br>Schock von +400°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 3:<br>200g aus<br>1m Höhe | 3:<br>3x3 Zyklen je 10 min: 25 bis 50Hz bei 5g Beschleunigungsamplitude,<br>50 bis 90Hz bei 0,32 Auslenkungsamplitude,<br>90 bis 500Hz bei 10g Beschleunigungsamplitude | 3:<br>10g aus<br>1m Höhe  |
| Gamma-Messanlagen                        | ISO98/43232<br>Quelle in Vorrichtung<br>(geschützt)  | 4:<br>-40°C (20min),<br>+400°C (1h),<br>Schock von +400°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 2:<br>50g aus<br>1m Höhe  | 3:<br>3x3 Zyklen je 10 min: 25 bis 50Hz bei 5g Beschleunigungsamplitude,<br>50 bis 90Hz bei 0,32 Auslenkungsamplitude,<br>90 bis 500Hz bei 10g Beschleunigungsamplitude | 2:<br>1g aus<br>1m Höhe   |
| Beta-Messanlagen                         | ISO98/C33222                                         | 3:<br>-40°C (20min),<br>+180°C (1h)                                 | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 2:<br>50g aus<br>1m Höhe  | 2:<br>3x3 Zyklen je 10 min: 25 bis 500Hz bei 5g Beschleunigungsamplitude                                                                                                | 2:<br>1g aus<br>1m Höhe   |
| Sonde für Tiefbohrungen                  | ISO98/C56522                                         | 5:<br>-40°C (20min),<br>+600°C (1h),<br>Schock von +600°C auf +20°C | 6:<br>25kPa und<br>170 MPa | 5:<br>5kg aus<br>1m Höhe  | 2:<br>3x3 Zyklen je 10 min: 25 bis 500Hz bei 5g Beschleunigungsamplitude                                                                                                | 2:<br>1g aus<br>1m Höhe   |
| Technische Gamma-<br>Bestrahlung         | ISO98/C43424<br>Umschlossene Quelle                  | 4:<br>-40°C (20min),<br>+400°C (1h),<br>Schock von +400°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 4:<br>2kg aus<br>1m Höhe  | 2:<br>3x3 Zyklen je 10 min: 25 bis 500Hz bei 5g Beschleunigungsamplitude                                                                                                | 4:<br>50g aus<br>1m Höhe  |
| Technische Gamma-<br>Bestrahlung         | ISO98/C43323<br>Quelle in Vorrichtung<br>(geschützt) | 4:<br>-40°C (20min),<br>+400°C (1h),<br>Schock von +400°C auf +20°C | 3:<br>25kPa und<br>2 MPa   | 3:<br>200g aus<br>1m Höhe | 2:<br>3x3 Zyklen je 10 min: 25 bis 500Hz bei 5g Beschleunigungsamplitude                                                                                                | 3:<br>10g aus<br>1m Höhe  |



## 5.2.2 Transporttechnische Anforderungen

Das Europäische Übereinkommen über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) [6] enthält besondere Vorschriften für den Straßenverkehr hinsichtlich Verpackung, Ladungssicherung und Kennzeichnung von Gefahrgut unterschiedlicher Gefahrenklassen. Radioaktive Stoffe sind als Gefahrgut der Klasse 7 zugeordnet. Wenn radioaktive Stoffe als „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“ zugelassen sind, werden an sie verringerte Transport- und Genehmigungsanforderungen gegenüber den sonstigen radioaktiven Stoffen in Versandstücken gestellt.

**Tabelle 5.2-2: Beispiel für ein Zertifikat einer HRQ (aus [9]).**

|                                                                                                                    |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Herstellerangaben:</b>                                                                                          | Firmenname<br>Adresse<br>Telefonnummer<br>Fax oder email                            |
| <b>Zertifikat für eine umschlossene radioaktive Quelle</b>                                                         |                                                                                     |
| <b>Modellnummer (Typ):</b>                                                                                         | XXXXX                                                                               |
| <b>Seriennummer:</b>                                                                                               | XXXXX                                                                               |
| <b>Radionuklid:</b>                                                                                                | Cs-137                                                                              |
| <b>Radionuklidverunreinigungen [in %]:</b>                                                                         | Cs-134 (<1 %)                                                                       |
| <b>Beschreibung:</b>                                                                                               | Gammastrahlenquelle                                                                 |
| aktive Länge:                                                                                                      | 15,5 mm                                                                             |
| aktiver Durchmesser:                                                                                               | 17,8 mm                                                                             |
| Gesamtlänge:                                                                                                       | 26,4 mm                                                                             |
| Gesamtdurchmesser:                                                                                                 | 21,3 mm                                                                             |
| <b>ISO Classifikation:</b>                                                                                         | ISO/95E63636(1)                                                                     |
| <b>Zertifikat über Stoff in besonderer Form:</b>                                                                   | GB/199/S                                                                            |
| <b>Soll-Aktivität der Quelle/ Datum:</b>                                                                           | 6,99 TBq / 12.01.1994<br>(Für kurzlebige Nuklide sollte die Uhrzeit angegeben sein) |
| <b>Strahlendosis:</b>                                                                                              |                                                                                     |
| Messung:                                                                                                           | Luft-Kermarate, gemessen radial in 1 m Abstand vom Zentrum der Quelle               |
| Ergebnis:                                                                                                          | 139 µGy/s Datum: 12.01.1994                                                         |
| <b>Prüfung auf Kontaminationsfreiheit:</b>                                                                         |                                                                                     |
| Prüfmethode:                                                                                                       | ISO 9978, Trocken – Wischtest                                                       |
| Ergebnis:                                                                                                          | bestanden Datum: 12.01.1994                                                         |
| <b>Lecktest:</b>                                                                                                   |                                                                                     |
| Methode 1:                                                                                                         | ISO 9978 Vakuumblasentest                                                           |
| Ergebnis:                                                                                                          | bestanden Datum: 12.01.1994                                                         |
| Methode 2:                                                                                                         | ISO 9978 Heliumtest                                                                 |
| Ergebnis:                                                                                                          | bestanden Datum: 12.01.1994                                                         |
| <b>Dieses Zertifikat und die darin enthaltenen Informationen stimmen mit den Forderungen der ISO 2919 überein.</b> |                                                                                     |
| <b>Freigabe:</b>                                                                                                   |                                                                                     |
| <b>Unterschrift:</b>                                                                                               | <b>Datum:</b>                                                                       |

Gemäß Teil A, Pkt. 2.7.4.1 ADR [6] sind radioaktive Stoffe dann „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“, wenn sie entweder ein nicht dispergierbarer fester radioaktiver fester Stoff sind oder von einer Kapsel umschlossen werden, die nur durch Zerstörung geöffnet werden kann und mindestens eine Abmessung von  $\geq 5$  mm aufweist. Die Aktivität darf die jeweiligen nuklidspezifischen  $A_1$ -Werte nicht übersteigen (s. Kapitel 5.1.2). „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“ müssen darüber hinaus so beschaffen oder ausgelegt sein, dass sie unter vorgegebenen

Belastungsbedingungen weder zerbrechen noch zersplittern, bei Erhitzung weder schmelzen noch dispergieren und das Aktivitätsinventar auch nach diesen Belastungsanforderungen dicht umschließen. Die Prüfmuster, die als Grundlage zur Zulassung „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“ dienen, müssen die in Tabelle 5.2-3 enthaltenen Prüfungen bestehen.

**Tabelle 5.2-3: Prüfanforderungen an „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“ [6,18].**

| <b>Prüfung</b>                                                                                                                                                                              | <b>Durchführung</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Anforderung</b>                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Stoßempfindlichkeitsprüfung</b><br>(nicht notwendig, wenn Masse des radioaktiven Stoffes < 200 g und Schlagprüfung mit 2 kg aus 1m Höhe (Klasse 4 gem. ISO 2919) erfolgt)                | Fallprüfung aus 9 m Höhe auf ein definiertes Aufprallfundament                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | nicht zerbrechen oder zersplittern                              |
| <b>Schlagprüfung</b><br>(nicht notwendig, wenn Masse des radioaktiven Stoffes < 200 g und Schlagprüfung mit 2 kg aus 1m Höhe, entspricht Klasse 4 gem. ISO 2919, erfolgt)                   | Schlag mit dem flachen Ende einer Baustahlstange, der dem Fall von 1,4 kg aus 1 m Höhe entspricht, Untergrund Bleiplatte, Abmessungen der Stange und Beschaffenheit der Bleiplatte vorgegeben                                                                                                                                                                                                                                                               | nicht zerbrechen oder zersplittern                              |
| <b>Biegeprüfung</b><br>(nur für lange, dünne Quellen: Mindestlänge: 10 cm, Verhältnis Länge/min. Breite: 10)                                                                                | Schlag mit einer gemäß Schlagprüfung definierten Stange auf starr, waagrecht bis zur Hälfte eingespanntes Prüfmuster                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | nicht zerbrechen oder zersplittern                              |
| <b>Erhitzungsprüfung</b><br>(nicht notwendig, wenn Prüfung analog der Temperaturprüfung mit -40°C(20 min) und +800°C (1h) und Schock auf +20°C, entspricht Klasse 6 gem. ISO 2919, erfolgt) | Erhitzen in Luftatmosphäre auf +800 °C für 10 Minuten und anschl. Abkühlen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | nicht schmelzen oder dispergieren                               |
| <b>Auslaugprüfung</b><br>(bei nicht dispergierbaren festen Stoffen)                                                                                                                         | Eintauchen des Prüfmusters bei Umgebungstemperatur in Wasser (pH-Wert: 6 bis 8, max. Leitfähigkeit von 1 mS/m bei 20 °C) für sieben Tage, anschl. Erhitzen des Wassers für vier Stunden auf (50±5) °C und Aktivitätsbestimmung des Wassers, nach sieben Tagen Lagerung des Prüfmusters bei unbewegter Luft und mindestens 30 °C und relativer Feuchte von mindestens 90 % Wiederholung des Erhitzens über vier Stunden und Aktivitätsbestimmung des Wassers | die Aktivität des Wassers darf 2 kBq nicht überschreiten        |
| <b>Volumetrische Dichtheitsprüfung</b><br>(Alternative zur Auslaugprüfung bei in Kapsel eingeschlossenen radioaktiven Stoffen)                                                              | muss einer der in ISO 9978:1992 festgelegten Prüfungen entsprechen, die durch die zuständige Behörde akzeptiert wird                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Einhaltung der Kriterien gemäß Prüfverfahren nach ISO 9978:1992 |

Der Aufbau einer HRQ in Form einer gekapselten radioaktiven Quelle mit in der Regel mindestens einer Abmessung von > 5 mm entspricht zunächst in seinen Abmessungen dem eines „Radioaktiven Stoffes in besonderer Form“. Vergleicht man jedoch die Klassifizierungsanforderungen in Tabelle 5.2-1 nach ISO 2919 [9] bzw. DIN 25426 [10] mit denen an „Radioaktive Stoffe in besonderer Form“ zu stellenden Prüfbedingungen gemäß Tabelle 5.2-3 nach Anlage A der ADR [6], so erkennt man, dass diese zwar vergleichbar aber nicht abdeckend sind. Zudem muss die Einstufung der Quelle als „Radioaktiver Stoff in besonderer Form“ durch eine behördliche

Prüfung<sup>7</sup> zugelassen werden, während der Nachweis zur Klassifizierung einer umschlossenen radioaktiven Quelle durch den Hersteller geführt wird. Beide Angaben werden im Zertifikat i.d.R. gesondert ausgewiesen.

### 5.3 SICHERUNGSANFORDERUNGEN

Grundsätzliche Anforderungen zum Schutz gegen Sabotage und missbräuchliche Verwendung radioaktiver Stoffe wurden auf der internationalen Ebene schon früh diskutiert bzw. beschlossen. Zunächst lag der Schwerpunkt auf dem Schutz des sicheren Betriebs von kerntechnischen Anlagen und der Sicherung der dafür notwendigen Kernbrennstoffe. Spätestens seit den Terroranschlägen in den USA am 11.09.2001 wurden die Bemühungen verstärkt, radioaktive Quellen und sonstige radioaktive Stoffe mit in die Betrachtungen einzubeziehen [2,4,22,17,23,24]. Maßnahmen zur Sicherheit und Sicherung von [4] radioaktiven Quellen und sonstigen radioaktiven Stoffen müssen sich ergänzen. Auf Grund des hohen Gefährdungspotentials gilt dies insbesondere für HRQ. Die in der folgenden Liste dargestellten Anforderungen, die zur Gewährleistung einer ausreichenden Sicherung von HRQ erforderlich sind, sind dem IAEA-Dokument „Security of radioactive sources“ [24] entnommen. Ein Großteil der Forderungen ist auch Bestandteil des deutschen Regelwerks:

- Es dürfen keine Bedenken gegen die Zuverlässigkeit der für den Umgang mit den HRQ Verantwortlichen bestehen.
- Die Verantwortlichen müssen entsprechend dem jeweiligen Aufgabengebiet die erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz besitzen.
- Es ist eine Dokumentation über den Zugang und die Abgabe von radioaktivem Inventar zu führen, die jederzeit über den Bestand und den sicherheitstechnischen Zustand der Strahlenquelle informiert.
- Es müssen alle erforderlichen bau- und sicherungstechnischen Einrichtungen gemäß dem Regelwerk vorhanden sein. Beispiele für solche Einrichtungen sind bauliche Barrieren, wie Zäune und Personenverinselungsanlagen (Drehkreuze), Detektionsanlagen, wie Kameraüberwachung und Beleuchtungsanlage sowie Alarm- und Kommunikationssysteme. Zudem muss die zur Erfüllung von Sicherungsmaßnahmen, z. B. zur Durchführung von Personenkontrollen, erforderliche Anzahl von entsprechend ausgebildeten Personen zur Verfügung stehen, die regelmäßig trainiert werden.
- Durch betriebliche Anweisungen sind die genehmigten Betriebsabläufe festzulegen, die durch Notfallpläne zu ergänzen sind.
- Darüber hinaus sind die Zuständigkeiten, die Berechtigungen und die durchzuführenden Kontrollmaßnahmen, einschließlich durchzuführender Meldeverfahren bei außergewöhnlichen Ereignissen schriftlich festzulegen.
- Die Geheimhaltung sicherungsrelevanter Informationen und Dokumente ist durch geeignete organisatorische Maßnahmen zu gewährleisten.

Der Umfang und die Art der erforderlichen Sicherungsmaßnahmen sollen aus einer Gefährdungsanalyse, die sowohl das Gefährdungspotential des radioaktiven Inventars als auch die zu unterstellenden Szenarien der Einwirkung durch Dritte berücksichtigt, abgeleitet werden.

## 6 TYPENKATALOG

### 6.1 HERSTELLER- UND VERBRINGERFIRMEN

International gibt es eine Vielzahl von Firmen, die HRQ herstellen, recyceln oder diese vertreiben. Darüber hinaus gibt es ebenfalls eine Reihe von Firmen die Vorrichtungen herstellen bzw. vertreiben, in die HRQ eingebaut worden sind oder als auswechselbarer Bestandteil der Vorrichtung mitgeliefert werden. Mit Stand: Dezember 2010 waren im „International Catalogue of Sealed Radioactive Sources and Devices (ICSRS)“ der IAEA ca. 300 Hersteller, ca. 170 Vertrieber und ca. 650 Hersteller von Vorrichtungen, in die HRQ und andere Quellen eingebaut sind, erfasst (siehe auch 6.2). Bei diesen Angaben muss jedoch berücksichtigt werden, dass eine Reihe von Firmen auf Grund von Insolvenzen, Umfirmierungen oder Umstrukturierungen nicht mehr bestehen, andere Firmen sowohl Quellen, als auch Vorrichtungen mit Quellen herstellen und vertreiben sowie eine große Zahl von Firmen auf der Grundlage von handelsrechtlichen Vereinbarungen, z.B. als Tochtergesellschaften anderer Unternehmen

---

<sup>7</sup> Die Zulassung als „radioaktiver Stoff in besonderer Form“ erfolgt in Deutschland durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

arbeiten. Darüber hinaus ist der Wirkungsbereich der meisten Firmen über entsprechende Vertriebs-, Service- und Produktionsfilialen global ausgedehnt, so dass eine nationale Zuordnung von Firmen erschwert ist.

## **6.2 TYPEN UMSCHLOSSENER HOCHRADIOAKTIVER QUELLEN (VS-NFD)**

*Der Typenkatalog hochradioaktiver Strahlenquellen unterliegt der Geheimhaltungsstufe „Verschlussache – Nur für den Dienstgebrauch“ und ist daher in dieser Version des Handbuchs nicht enthalten.*

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Gesetz zur Kontrolle hochradioaktiver Strahlenquellen v. 12.08.2005. BGBl I 2005 Nr. 49, S. 2365.
- [2] IAEA: Code of Conduct on The Safety and Security of Radioactive Sources (CoC). IAEA, Vienna (2007). IAEA/CODEOC/2004/Rev. 1.
- [3] IAEA: Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources. IAEA, Vienna (2005). IAEA/CODEOC/Imp-Exp/2005.
- [4] IAEA: Categorization of Radioactive Sources. Safety Standards Series, Safety Guide No. RS-G-1.9. IAEA, Vienna (2005). STI/PUB/1227.
- [5] European Commission: Council Directive 2003/122/EURATOM of 22 December 2003 on the control of high-activity sealed sources and orphan sources. OJ L 346, 31.12.2003, p. 57-64.
- [6] Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) in der Fassung der 19. Verordnung zur Änderung der Anlagen A und B zum ADR-Übereinkommen vom 11.09.2008. BGBl. II 2008 Nr. 25, S. 942. Abschnitt 2.2.7 der Anlage.
- [7] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG) v. 23.12.1959, Neufassung v. 15.07.1985. BGBl. I 1985 Nr. 41, S. 1565, zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 8. November 2011 (BGBl. I 2011 Nr. 57, S. 2198).
- [8] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV). BGBl. I 2001 Nr. 38, S. 1714, BGBl. I 2002 Nr. 27, S. 1459, zuletzt geändert durch durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Oktober 2011 (BGBl. I 2011 Nr. 51, S. 2000).
- [9] Radiation protection – Sealed radioactive sources – General requirements and classification. International Standard, ISO 2919, Second Edition 199-02-15. International Organization for Standardization, Genève (1999).
- [10] Umschlossene radioaktive Stoffe; Anforderungen und Klassifikation. DIN 25426-1, 1988-10.
- [11] IAEA: Identification of Radioactive Sources and Devices. IAEA Nuclear Security Series No. 5, Technical Guidance. IAEA, Vienna (2007). STI/PUB/1278.
- [12] Chart of Nuclides, National Nuclear Data Center. Brookhaven National Laboratory.  
URL: <http://www.nndc.bnl.gov/chart/> (October 2011)
- [13] Radiation Source, Use and Replacement. Nuclear and Radiation Studies Board Division in Earth and Life Studies. National Academies Press, USA (2008).
- [14] Ferguson, C., Kazi, T., Perera, J.: Commercial Radioactive Sources: Surveying the Security Risks. Monterey Institute of International Studies, Monterey (2003).
- [15] Chichester, D., Simpson, J.: Compact accelerator neutron generators. The Industrial Physicist, S. 22-25 (2003).
- [16] IAEA: International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA Safety Standards Series, Safety Standard No. 115. IAEA, Vienna (1996). STI/PUB/996.

- [17] IAEA: Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material. Safety Standards Series, Safety Guide No. TS-G-1.1 (Rev. 1). IAEA, Vienna (2008). STI/PUB1325.
- [18] Umschlossene radioaktive Stoffe; Anforderungen an radioaktive Stoffe in besonderer Form. DIN 25426-2, 1992-10.
- [19] Umschlossene radioaktive Stoffe; Dichtheitsprüfung im Zusammenhang mit Herstellung und Bauartprüfung. DIN 25426-3, 1991-01.
- [20] Umschlossene radioaktive Stoffe - Teil 4: Dichtheitsprüfung während des Umgangs. DIN 25426-4, 1995-04.
- [21] Radiation protection - Sealed radioactive sources - Leakage test methods. International Standard, ISO 9978, First Edition 1992-02-15. International Organization for Standardization, Genève (1992).
- [22] IAEA: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1996 Edition (As Amended 2003). Safety Standards Series, Safety Requirements. IAEA, Vienna (2004). STI/PUB/1194.
- [23] IAEA: Security of Radioactive Sources. IAEA Nuclear Security Series No. 11, Implementing Guide. IAEA, Vienna (2009). STI/PUB/1387.
- [24] IAEA: Security of radioactive sources. Interim guidance for comment, IAEA-TECDOC-1355, Vienna (2003).
- [25] IAEA: Inadequate Control of World's Radioactive Sources. IAEA Press Release 2002/09. IAEA, Vienna (2002).
- [26] Delacroix, D., Guerre, J. P., Leblanc, P., Hickman, C.: Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook 2002. Radiation Protection Dosimetry Vol. 98 No. 1. Nuclear Technology Publishing, Michigan (2002).
- [27] Europäische Kommission: Richtlinie 2003/122/EURATOM des Rates zur Kontrolle hoch radioaktiver umschlossener Strahlenquellen und herrenloser Strahlenquellen. Abl L 346 v. 31.12.2003, S. 57-64.
- [28] 19. Verordnung zur Änderung der Anlagen A und B zum ADR-Übereinkommen v. 11.09.2008. BGBl. II 2008 Nr. 25, S. 942. Abschnitt 2.2.7.2.2.1 der Anlage.
- [29] Eckert & Ziegler, Isotope Products: Industrial Radiation Sources, Product Information. (2008).
- [30] Gamma-Service Medical GmbH: GSR-D1 Factsheet.
- [31] Best Theratronics: Gammacell 1000 Elite / 3000 Elan - Brochure. (2008).

## A-1 ZUSAMMENSTELLUNG DER GENEHMIGUNGS- UND AUFSICHTSBEHÖRDEN IN DEUTSCHLAND (STAND 03/2012)

### Baden-Württemberg

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)  
70182 Stuttgart, Kernerplatz 9

Tel.: (0711) 126-0  
Fax: (0711) 126-2881

#### *Regierungspräsidien*

Regierungspräsidium Freiburg  
79083 Freiburg i. Br.

Tel.: (0761) 208-0  
Fax: (0761) 208-394200

Regierungspräsidium Karlsruhe  
76247 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926-0  
Fax: (0721) 926-6211

Regierungspräsidium Stuttgart  
70565 Stuttgart, Ruppmannstraße 21

Tel.: (0711) 904-0  
Fax: (0711) 904-11190

Regierungspräsidium Tübingen  
72072 Tübingen, Konrad-Adenauer-Straße 20

Tel.: (07071) 757-0  
Fax: (07071) 757-3190

### Bayern

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit  
81925 München, Rosenkavalierplatz 2

Tel.: (089) 9214-00  
Fax: (089) 9214-2266

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Südbayern  
86179 Augsburg, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

Tel.: (089) 9071-0  
Fax: (089) 9071-5556

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Nordbayern  
95326 Kulmbach, Schloss Steinenhausen

Tel.: (089) 604-0  
Fax: (089) 604-5900

### Berlin

Senatsverwaltung für Arbeit, Integration und Frauen  
10969 Berlin, Oranienstraße 106

Tel.: (030) 9028-0  
Fax: (030) 9028-2056

LAGetSi - Landesamt für Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und technische  
Sicherheit Berlin, Haus E / Haus L  
10555 Berlin, Turmstraße 21

Tel.: (030) 902545-0  
Fax: (030) 902545-301

### Brandenburg

#### *im kerntechnischen Bereich:*

Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz  
14473 Potsdam, Heinrich-Mann-Allee 103  
Postanschrift: Postfach 60 11 50, 14411 Potsdam

Tel.: (0331) 866-0  
Fax: (0331) 866-7069

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz  
14476 Potsdam, OT Groß Glienicke, Seeburger Chaussee 2  
Postanschrift: Postfach 60 10 61, 14410 Potsdam

Tel.: (033201) 442-0  
Fax: (033201) 442-662

*außerhalb kerntechnischer Bereiche:*

Ministerium für Arbeit, Soziales, Frauen und Familie  
14473 Potsdam, Heinrich-Mann-Allee 103

Tel.: (0331) 866-0  
Fax: (0331) 866-5108

Landesamt für Arbeitsschutz  
14478 Potsdam, Horstweg 57  
Postanschrift: Postfach 90 02 36, 14438 Potsdam

Tel.: (0331) 8683-0  
Fax: (0331) 8643-35

Regionalbereich West  
16816 Neuruppin, Fehrbelliner Straße 4a

Tel.: (03391) 40449-0  
Fax: (03391) 40449-939

Regionalbereich West, Dienstort Potsdam  
14469 Potsdam, Max-Eyth-Allee 22

Tel.: (0331) 28891-0  
Fax: (0331) 28891-927

Regionalbereich Süd  
03050 Cottbus, Thiemstr. 105a

Tel.: (0335) 4993-0  
Fax: (0335) 4993-571

Regionalbereich Ost,  
16225 Eberswalde, Tramper Chaussee 4

Tel.: (03334) 38523-0  
Fax: (03334) 38523-949

Regionalbereich Ost, Dienstort Frankfurt (Oder)  
15236 Frankfurt (Oder), Robert-Havemann-Straße 4

Tel.: (0335) 284746-0  
Fax: (0335) 284746-989

## **Bremen**

Senatorin für Bildung, Wissenschaft und Gesundheit  
28195 Bremen, Bahnhofplatz 29

Tel.: (0421) 361-0  
Fax: (0421) 361-2072

Gewerbeaufsicht des Landes Bremen, Dienstort Bremen  
28209 Bremen, Parkstraße 58/60

Tel.: (0421) 361-6260  
Fax: (0421) 361-6522

Gewerbeaufsicht des Landes Bremen, Dienstort Bremerhaven  
27580 Bremerhaven, Lange Straße 119

Tel.: (0471) 596-13270  
Fax: (0471) 596-13494

## **Hamburg**

Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz  
20539 Hamburg, Billstraße 80

Tel.: (040) 42837-0  
Fax: (040) 4273-10086

Amt für Arbeitsschutz  
20539 Hamburg, Billstraße 80

Tel.: (040) 42837-2112  
Fax: (040) 4273-10098

## **Hessen**

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz  
65189 Wiesbaden, Mainzer Str. 80

Tel.: (0611) 815-0  
Fax: (0611) 815-1941

### **Regierungspräsidien**

Regierungspräsidium Gießen  
Abteilung Umwelt  
35390 Gießen, Landgraf-Philipp-Platz 1-7

Tel.: (0641) 303-0

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung für Arbeitsschutz und Umwelt Wiesbaden  
65189 Wiesbaden, Lessingstraße 16-18

Tel.: (0611) 3309-0



Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung für Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt  
64278 Darmstadt, Wilhelminenstraße 1-3

Tel.: (06151) 12-0

Regierungspräsidium Darmstadt  
Abteilung für Arbeitsschutz und Umwelt Frankfurt  
60327 Frankfurt, Gutleutstraße 114

Tel.: (069) 2714-0

Regierungspräsidium Kassel  
Abteilung Umwelt und Arbeitsschutz  
34117 Kassel, Steinweg 6

Tel.: (0561) 106-0

## **Mecklenburg-Vorpommern**

Ministerium für Arbeit, Gleichstellung und Soziales Mecklenburg-Vorpommern  
19055 Schwerin, Werderstraße 124

Tel.: (0385) 588-0

Fax: (0385) 588-9099

Landesamt für Gesundheit und Soziales  
Abt. Arbeitsschutz und technische Sicherheit

18059 Rostock, Erich-Schlesinger-Str. 35

Tel.: (0381) 331-59000

Fax: (0381) 331-59048

17033 Neubrandenburg, Neustrelitzer Straße 120

Tel.: (0395) 380-59607

Fax: (0395) 380 59730

19061 Schwerin, Friedrich-Engels-Straße 47

Tel.: (0385) 3991 102

Fax: (0385) 3991 155

18435 Stralsund, Heinrich-Mann-Straße 62

Tel.: (03831) 3798 0

Fax: (03831) 3798 50

## **Niedersachsen**

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz  
30169 Hannover, Archivstraße 2

Tel.: (0511) 120-0

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und  
Naturschutz, Betriebsstelle Hannover- Hildesheim  
31135 Hildesheim, An der Scharlake 39

Tel.: (05121) 509-0

Fax: (05121) 509-196

### **Staatliche Gewerbeaufsichtsämter**

38104 Braunschweig, Petzvalstraße 18

Tel.: (0531) 37006-0

Fax: (0531) 37006-80

29221 Celle, Im Werder 9

Tel.: (05141) 755-0

Fax: (05141) 755-88

27474 Cuxhaven, Elfenweg 15

Tel.: (04721) 506-200

Fax: (04721) 506-260

26725 Emden, Brückstraße 38

Tel.: (04921) 9217-0

Fax: (04921) 9217-58

37085 Göttingen, Alva-Myrdal-Weg 1

Tel.: (0551) 5070-01

Fax: (0551) 5070-250

30177 Hannover, Am Listholze 74

Tel.: (0511) 9096-0

Fax: (0511) 9096-199

31134 Hildesheim, Goslarsche Str. 3

Tel.: (05121) 163-0

Fax: (05121) 163-99

21339 Lüneburg, Auf der Hude 2

Tel.: (04131) 15-1400

Fax: (04131) 15-1401

26122 Oldenburg, Theodor-Tantzen-Platz 8

Tel.: (0441) 799-0

Fax: (0441) 799-2700

49080 Osnabrück, Johann-Domann-Straße 2

Tel.: (0541) 5035-00

Fax: (0541) 5035-01

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

38678 Clausthal-Zellerfeld, An der Marktkirche 9

Tel.: (05323) 7232-00

Fax: (05121) 7232-58

## **Nordrhein-Westfalen**

Ministerium für Arbeit, Integration und Soziales Nordrhein-Westfalen

40219 Düsseldorf, Fürstenwall 25

Tel.: (0211) 855-5

Fax: (0211) 855-3211

### ***Bezirksregierungen***

Bezirksregierung Arnsberg

59821 Arnsberg, Seibertzstr. 1

Tel.: (02931) 82-0

Fax: (02931) 82-2520

Bezirksregierung Detmold

32756 Detmold, Leopoldstr. 13-15

Tel.: (05231) 71-0

Fax: (05231) 71-1295

Bezirksregierung Düsseldorf

40474 Düsseldorf, Cecilienallee 2

Tel.: (0211) 475-0

Fax: (0211) 475-2671

Bezirksregierung Köln

50667 Köln, Zeughausstr. 2-10

Tel.: (0221) 147-0

Fax: (0221) 147-3185

Bezirksregierung Münster

48143 Münster, Domplatz 1-3

Tel.: (0251) 411-0

Fax: (0251) 4112525

## **Rheinland-Pfalz**

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten

55116 Mainz, Kaiser-Friedrich-Straße 1

Postanschrift: Postfach 31 60, 55021 Mainz

Tel.: (06131) 16-0

Fax: (06131) 16-4646

Ministerium für Soziales, Arbeit, Gesundheit und Demografie

55116 Mainz, Bauhofstr. 9

Tel.: (06131) 16-2027

Fax: (06131) 16-2452

Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd

67433 Neustadt an der Weinstraße, Friedrich-Ebert-Straße 14

Postanschrift: Postfach 10 02 62, 67402 Neustadt an der Weinstraße

Tel.: (06321) 99-0

Fax: (06321) 99-2900

Regionalstelle Gewerbeaufsicht Neustadt an der Weinstraße

67433 Neustadt, Karl-Helfferich-Straße 2

Postanschrift: Postfach 10 05 65, 67405 Neustadt an der Weinstraße

Tel.: (06321) 931-0

Fax: (06321) 33398

Regionalstelle Gewerbeaufsicht Mainz

55116 Mainz, Kaiserstraße 31

Tel.: (06131) 96030-0

Fax: (06131) 96030-99

|                                                                                        |                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord<br>56068 Koblenz, Stresemannstraße 3-5        | Tel.: (0261) 120-0<br>Fax: (0261) 120-2200  |
| Regionalstelle Gewerbeaufsicht Idar-Oberstein<br>55743 Idar-Oberstein, Hauptstraße 238 | Tel.: (06781) 565-0<br>Fax: (06781) 565-150 |
| Regionalstelle Gewerbeaufsicht Koblenz<br>56068 Koblenz Stresemannstraße 3-5           | Tel.: (0261) 120-0<br>Fax: (0261) 120-2200  |
| Regionalstelle Gewerbeaufsicht Trier<br>54290 Trier, Deworastraße 8                    | Tel.: (0651) 4601-0<br>Fax: (0651) 4601-421 |

## Saarland

|                                                                                   |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr<br>66117 Saarbrücken, Keplerstraße 18 | Tel.: (0681) 501-00                          |
| Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz<br>66119 Saarbrücken, Don-Bosco-Straße 1  | Tel.: (0681) 8500-0<br>Fax: (0681) 8500-1384 |

## Sachsen

|                                                                                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft<br>01097 Dresden, Wilhelm-Buck-Straße 2 | Tel.: (0351) 564-0<br>Fax: (0351) 564-6549   |
| Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie<br>01326 Dresden, Söbringer Str. 3a   | Tel.: (0351) 2612-0<br>Fax: (0351) 2612-5399 |

## Sachsen-Anhalt

|                                                                                                                                   |                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Ministerium für Arbeit und Soziales<br>39116 Magdeburg, Turmschanzenstraße 25                                                     | Tel.: (0391) 567-4607<br>Fax: (0391) 567-4622 |
| Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt<br>39112 Magdeburg, Leipziger Straße 58                                                 | Tel.: (0391) 567-01<br>Fax: (0391) 567-1727   |
| Landesamt für Verbraucherschutz, Fachbereich 5, Arbeitsschutz<br>06846 Dessau, Kühnauer Straße 70                                 | Tel.: (0340) 6501-0<br>Fax: (0340) 6501-294   |
| Gewerbeaufsicht West, Dezernat 53<br>38820 Halberstadt, Klusstraße 18                                                             | Tel.: (03941) 586-3<br>Fax: (03941) 586-454   |
| Gewerbeaufsicht Ost, Dezernat 54<br>06846 Dessau-Roßlau, Kühnauer Str. 70<br>Postanschrift: Postfach 1802, 06815 Dessau-Roßlau    | Tel.: (0340) 6501-0<br>Fax: (0340) 6501-294   |
| Gewerbeaufsicht Mitte, Dezernat 55<br>39126 Magdeburg, Saalestraße 32<br>Postanschrift: Postfach 3950, 39014 Magdeburg            | Tel.: (0391) 2564-0<br>Fax: (0391) 2564-202   |
| Regionalbereich Nord, Dezernat 56<br>39576 Stendal, Priesterstraße 14<br>Postanschrift: Postfach 101552, 39555 Stendal            | Tel.: (03931) 494-0<br>Fax: (03931) 212018    |
| Regionalbereich Süd, Dezernat 57<br>06118 Halle(Saale), Dessauer Straße 104<br>Postanschrift: Postfach 110434, 06018 Halle(Saale) | Tel.: (0345) 5243-0<br>Fax: (0345) 5243-214   |

## **Schleswig-Holstein**

Ministerium für Justiz, Gleichstellung und Integration  
24143 Kiel, Adolf-Westphal-Straße 4

Tel.: (0431) 988-4006  
Fax: (0431) 988-4232

## **Thüringen**

Thüringer Innenministerium  
99096 Erfurt, Steigerstraße 24  
Postanschrift: Postfach 900131, 99104 Erfurt

Tel.: (0361) 379-00  
Fax: (0361) 379-311

Thüringer Landesverwaltungsamt  
99423 Weimar, Weimarplatz 4  
Postanschrift: Postfach 2249, 99403 Weimar

Tel.: (0361) 3770-0  
Fax: (0361) 3773-7190

## A-2 ZUSAMMENSTELLUNG DER RECHTSVORSCHRIFTEN GEMÄSS HRQ-GESETZ

### I. Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG) vom 23. Dezember 1959, Neufassung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I 1985, Nr. 41, S. 1565, zuletzt geändert durch Artikel 4 des Gesetzes vom 8. November 2011 (BGBl. I 2011, Nr. 57, S. 2198):

#### § 1 Zweckbestimmung des Gesetzes

Zweck dieses Gesetzes ist,

...

2. Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlen zu schützen und durch Kernenergie oder ionisierende Strahlen verursachte Schäden auszugleichen,
3. zu verhindern, dass durch Anwendung oder Freiwerden der Kernenergie oder ionisierender Strahlen die innere oder äußere Sicherheit der Bundesrepublik Deutschland gefährdet wird,
4. die Erfüllung internationaler Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Kernenergie und des Strahlenschutzes zu gewährleisten.

#### § 3 Einfuhr und Ausfuhr (AtG)

- (1) Wer Kernbrennstoffe einführt oder ausführt, bedarf der Genehmigung.

...

#### § 11 Ermächtigungsvorschriften (Genehmigung, Anzeige, allgemeine Zulassung)

- (1) Soweit nicht durch dieses Gesetz für Kernbrennstoffe und für Anlagen im Sinne des § 7 eine besondere Regelung getroffen ist, kann durch Rechtsverordnung zur Erreichung der in § 1 bezeichneten Zwecke bestimmt werden,

1. dass die Aufsuchung von radioaktiven Stoffen, der Umgang mit radioaktiven Stoffen (Gewinnung, Erzeugung, Lagerung, Bearbeitung, Verarbeitung, sonstige Verwendung und Beseitigung), der Verkehr mit radioaktiven Stoffen (Erwerb und Abgabe an andere), die Beförderung und die Ein- und Ausfuhr dieser Stoffe einer Genehmigung oder Anzeige bedürfen sowie unter welchen Voraussetzungen und mit welchen Nebenbestimmungen sowie in welchem Verfahren eine Freigabe radioaktiver Stoffe zum Zweck der Entlassung aus der Überwachung nach diesem Gesetz oder einer auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung oder eine Entlassung radioaktiver Stoffe natürlichen Ursprungs aus der Überwachung nach diesen Vorschriften erfolgt,

...

6. dass zur Umsetzung von Rechtsakten der Europäischen Gemeinschaften die Ein-, Aus- und Durchfuhr (grenzüberschreitende Verbringung) radioaktiver Stoffe einer Genehmigung oder Zustimmung bedarf, Anzeigen und Meldungen zu erstatten und Unterlagen mitzuführen sind. Es kann weiterhin bestimmt werden, dass Zustimmungen mit Nebenbestimmungen versehen werden können,

...

#### § 12 Ermächtigungsvorschriften (Schutzmaßnahmen)

- (1) Durch Rechtsverordnung kann zur Erreichung der in § 1 bezeichneten Zwecke bestimmt werden,

...

5. dass und auf welche Weise über die Erzeugung, die Gewinnung, den Erwerb, den Besitz, die Abgabe und den sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen und über Messungen von Dosis und Dosisleistungen ionisierender Strahlen Buch zu führen ist und Meldungen zu erstatten sind,

...

#### § 12d Register über hochradioaktive Strahlenquellen

- (1) Die auf Grund einer Verordnung nach § 12 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 erhobenen Daten über hochradioaktive Strahlenquellen werden zu den in § 1 Nr. 2 bis 4 genannten Zwecken in einem beim Bundesamt für Strahlenschutz eingerichteten Register erfasst.

(2) In das Register nach Absatz 1 werden insbesondere folgende Angaben über die hochradioaktive Strahlenquelle, deren Kontrolle und über erteilte Genehmigungen nach diesem Gesetz oder einer Verordnung nach § 11 Abs. 1 Nr. 1 oder 6 eingetragen:

1. Inhaber, Ausstellungsdatum, Befristung der Genehmigung,
2. Identifizierungsnummer der hochradioaktiven Strahlenquelle,
3. Eigenschaften, Kontrollen und Verwendung der hochradioaktiven Strahlenquelle,
4. Ort des Umgangs oder der Lagerung der hochradioaktiven Strahlenquelle,
5. Erlangung oder Aufgabe der Sachherrschaft über die hochradioaktive Strahlenquelle,
6. Verlust, Diebstahl oder Fund der hochradioaktiven Strahlenquelle.

(3) Lesenden Zugriff auf das Register haben die nach § 22 Abs. 1 und 3, §§ 23 und 24 zuständigen Behörden, das für die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz zuständige Bundesministerium, das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, das Bundeskriminalamt, die Landeskriminalämter, die Grenzschutzdirektion, das Zollkriminalamt sowie die Verfassungsschutzbehörden des Bundes und der Länder.

(4) Auskünfte aus dem Register dürfen den sonstigen Polizeibehörden der Länder, den Zollbehörden, dem Militärischen Abschirmdienst sowie dem Bundesnachrichtendienst erteilt werden, soweit es für die Wahrnehmung der jeweiligen Aufgaben erforderlich ist. Satz 1 findet gegenüber Behörden anderer Staaten mit vergleichbaren Aufgaben und gegenüber internationalen Organisationen Anwendung, soweit bindende Beschlüsse der Europäischen Union dies vorsehen oder dies auf Grund sonstiger internationaler Vereinbarungen geboten ist.

(5) Die im Register gespeicherten Daten sind nach der letzten Aktualisierung der Angaben über eine hochradioaktive Strahlenquelle 30 Jahre lang aufzubewahren.

(6) Durch Rechtsverordnung kann das Nähere über

1. Inhalt und Form der Datenerhebung und der Eintragung, über Zugriffsrechte und das Verfahren der Erteilung von Auskünften sowie
  2. die Datenübermittlung, die Berichtigung, die Sperrung und die Löschung von Daten
- bestimmt werden.

## **§ 22 Zuständigkeit für grenzüberschreitende Verbringungen und deren Überwachung**

(1) Über Anträge auf Erteilung einer Genehmigung nach § 3 sowie über die Rücknahme oder den Widerruf einer erteilten Genehmigung entscheidet das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA). Das Gleiche gilt, soweit die auf Grund des § 11 ergehenden Rechtsverordnungen das Erfordernis von Genehmigungen und Zustimmungen für grenzüberschreitende Verbringungen vorsehen.

...

(3) Soweit das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) auf Grund des Absatzes 1 entscheidet, ist es unbeschadet seiner Unterstellung unter das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und dessen auf anderen Rechtsvorschriften beruhender Weisungsbefugnisse an die fachlichen Weisungen des für die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz zuständigen Bundesministeriums gebunden.

## **§ 23 Zuständigkeit des Bundesamtes für Strahlenschutz**

(1) Das Bundesamt für Strahlenschutz ist zuständig für

...

11. die Einrichtung und die Führung eines Registers über hochradioaktive Strahlenquellen nach § 12d.

...

(3) In einer Rechtsverordnung kann bestimmt werden, dass das Bundesamt für Strahlenschutz zuständig ist für

...

3. das Verwalten und die Vergabe von Identifizierungsnummern für hochradioaktive Strahlenquellen.

## **§ 24 Zuständigkeit der Landesbehörden**

(1) Die übrigen Verwaltungsaufgaben nach dem Zweiten Abschnitt und den hierzu ergehenden Rechtsverordnungen werden im Auftrage des Bundes durch die Länder ausgeführt...

...

(3) Für den Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung werden die in den Absätzen 1 und 2 bezeichneten Zuständigkeiten durch dieses Bundesministerium oder die von ihm bezeichneten Dienststellen

im Benehmen mit dem für die kerntechnische Sicherheit und den Strahlenschutz zuständigen Bundesministerium wahrgenommen...

#### **§ 46 Ordnungswidrigkeiten**

(1) Ordnungswidrig handelt, wer vorsätzlich oder fahrlässig

...

4. einer Rechtsverordnung nach ...§ 12d Abs. 6 Nr. 2 ...ergangenen vollziehbaren Verfügung zuwiderhandelt, soweit die Rechtsverordnung für einen bestimmten Tatbestand auf diese Bußgeldvorschrift verweist,

...

#### **§ 54 Erlass von Rechtsverordnungen**

(1) Rechtsverordnungen auf Grund der §§ ...12d, ... erlässt die Bundesregierung.

...

## **II. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, BGBl. I 2002 Nr. 27, S. 1459, zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Oktober 2011 (BGBl. I 2011 Nr. 51, S. 2000):**

### **§ 1 Zweckbestimmung**

Zweck dieser Verordnung ist es, zum Schutz des Menschen und der Umwelt vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung Grundsätze und Anforderungen für Vorsorge- und Schutzmaßnahmen zu regeln, die bei der Nutzung und Einwirkung radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung zivilisatorischen und natürlichen Ursprungs Anwendung finden.

### **§ 3 Begriffsbestimmungen**

...

(2) Im Sinne dieser Verordnung sind im Übrigen:

...

29. Stoffe, offene und umschlossene radioaktive:

...

b) Stoffe, umschlossene radioaktive:

aa) Radioaktive Stoffe, die ständig von einer allseitig dichten, festen, inaktiven Hülle umschlossen oder in festen inaktiven Stoffen ständig so eingebettet sind, dass bei üblicher betriebsmäßiger Beanspruchung ein Austritt radioaktiver Stoffe mit Sicherheit verhindert wird; eine Abmessung muss mindestens 0,2 cm betragen;

bb) Strahlenquellen, hochradioaktive:

Radioaktive Stoffe nach Doppelbuchstabe aa, deren Aktivität den Werten der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3a entspricht oder diese überschreitet, ausgenommen Brennelemente und verfestigte hochradioaktive Spaltproduktlösungen aus der Aufarbeitung von Kernbrennstoffen; ständig dichte und feste Transport- oder Lagerbehälter mit radioaktiven Stoffen sind keine hochradioaktiven Strahlenquellen;

### **§ 19 Genehmigungsbedürftige grenzüberschreitende Verbringung**

(1) Einer Genehmigung bedarf, wer hochradioaktive Strahlenquellen nicht lediglich vorübergehend zur eigenen Nutzung im Rahmen eines genehmigten Umgangs aus einem Staat, der nicht Mitgliedstaat der Europäischen Union ist, in den Geltungsbereich dieser Verordnung verbringt, wenn

1. deren Aktivität jeweils das 100-Fache des Wertes der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3a beträgt oder überschreitet,

2. sie ebenso wie ihre Schutzbehälter oder Aufbewahrungsbehältnisse keine Kennzeichnung nach § 68 Absatz 1a aufweisen oder

3. ihnen keine Dokumentation nach § 69 Absatz 2 Satz 4 beigelegt ist.

(2) Einer Genehmigung bedarf, wer folgende radioaktive Stoffe nicht lediglich vorübergehend zur eigenen Nutzung im Rahmen eines genehmigten Umgangs aus dem Geltungsbereich dieser Verordnung in einen Staat verbringt, der nicht Mitgliedstaat der Europäischen Union ist:

1. hochradioaktive Strahlenquellen,
    - a) deren Aktivität jeweils das 100-Fache des Wertes der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3a beträgt oder überschreitet,
    - b) die ebenso wie ihre Schutzbehälter oder Aufbewahrungsbehältnisse keine Kennzeichnung nach § 68 Absatz 1a aufweisen oder
    - c) denen keine Dokumentation nach § 69 Absatz 2 Satz 4 beigefügt ist,
  - oder
  2. sonstige radioaktive Stoffe nach § 2 Absatz 1 des Atomgesetzes oder Kernbrennstoffe nach § 2 Absatz 3 des Atomgesetzes, deren Aktivität je Versandstück das 108-Fache der Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 beträgt oder überschreitet.
- (3) Eine Genehmigung nach § 3 Absatz 1 des Atomgesetzes kann sich auch auf eine genehmigungsbedürftige Verbringung nach Absatz 1 oder Absatz 2 erstrecken. Soweit dies der Fall ist, ist eine Genehmigung nach Absatz 1 oder Absatz 2 nicht erforderlich.

### **§ 20 Anzeigebedürftige grenzüberschreitende Verbringung**

(1) Wer sonstige radioaktive Stoffe nach § 2 Absatz 1 des Atomgesetzes oder Kernbrennstoffe nach § 2 Absatz 3 des Atomgesetzes

1. aus einem Staat, der nicht Mitgliedstaat der Europäischen Union ist, in den Geltungsbereich dieser Verordnung oder
2. aus dem Geltungsbereich dieser Verordnung in einen Staat, der nicht Mitgliedstaat der Europäischen Union ist,

verbringt und keiner Genehmigung nach § 19 Absatz 1 oder Absatz 2 dieser Verordnung bedarf, hat die Verbringung der nach § 22 Absatz 1 des Atomgesetzes zuständigen Behörde anzuzeigen. Die Anzeige ist bei der nach Satz 1 zuständigen Behörde oder spätestens im Zusammenhang mit der Zollabfertigung bei der für die Überwachung nach § 22 Absatz 2 des Atomgesetzes zuständigen Behörde oder der von ihr benannten Stelle abzugeben. Für die Anzeige ist das Formular zu verwenden, das die nach § 22 Absatz 1 des Atomgesetzes zuständige Behörde bestimmt hat.

(2) Bei einer Verbringung in den Geltungsbereich dieser Verordnung hat der Verbringende Vorsorge zu treffen, dass die zu verbringenden radioaktiven Stoffe nach der Verbringung erstmals nur von Personen erworben werden, die eine nach den §§ 6, 7 oder § 9 des Atomgesetzes oder nach § 7 Absatz 1 oder § 11 Absatz 2 dieser Verordnung erforderliche Genehmigung besitzen.

...

### **§ 21 Ausnahmen; andere Vorschriften über die grenzüberschreitende Verbringung**

(1) Keiner Genehmigung nach § 3 Absatz 1 des Atomgesetzes oder § 19 dieser Verordnung bedarf und keine Anzeige nach § 20 dieser Verordnung hat zu erstatten, wer

1. einen der in Anlage I Teil B Nummer 1 bis 6 genannten Stoffe verbringt,
2. sonstige radioaktive Stoffe nach § 2 Absatz 1 des Atomgesetzes oder Kernbrennstoffe nach § 2 Absatz 3 des Atomgesetzes zollamtlich überwacht durch den Geltungsbereich dieser Verordnung verbringt,
3. Stoffe im Sinne der Nummer 2 zur eigenen Nutzung im Rahmen eines genehmigten Umgangs vorübergehend grenzüberschreitend verbringt, sofern es sich nicht um hochradioaktive Strahlenquellen handelt, oder
4. nach § 108 dieser Verordnung Konsumgüter verbringt.

(2) Die §§ 19 und 20 dieser Verordnung gelten nicht für die Verbringung durch die Bundeswehr.

(3) Andere Vorschriften über die Verbringung bleiben unberührt.

(4) Die Regelungen der Verordnung (Euratom) Nr. 1493/93 des Rates vom 8. Juni 1993 über die Verbringung radioaktiver Stoffe zwischen den Mitgliedstaaten (ABl. L 148 vom 19.6.1993, S. 1) in der jeweils geltenden Fassung und der Atomrechtlichen Abfallverbringungsverordnung vom 30. April 2009 (BGBl. I S. 1000) in der jeweils geltenden Fassung bleiben unberührt.

### **§ 22 Genehmigungsvoraussetzungen für die grenzüberschreitende Verbringung**

(1) Die Genehmigung nach § 19 Absatz 1 ist zu erteilen, wenn

1. keine Tatsachen vorliegen, aus denen sich Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Verbringers, seines gesetzlichen Vertreters oder, bei juristischen Personen oder nicht rechtsfähigen Personenvereinigungen,



der nach Gesetz, Satzung oder Gesellschaftsvertrag zur Vertretung oder Geschäftsführung Berechtigten ergeben und

2. der Verbringer Vorsorge getroffen hat, dass die radioaktiven Stoffe nach der Verbringung erstmals nur von Personen erworben werden, die die für den Umgang erforderliche Genehmigung besitzen.

Für hochradioaktive Strahlenquellen darf die Genehmigung nach Satz 1 nur erteilt werden, wenn gewährleistet ist, dass

1. sie und ihr Schutzbehälter oder Aufbewahrungsbehältnis eine Kennzeichnung nach § 68 Abs. 1a aufweisen und
2. die schriftlichen Unterlagen nach § 69 Abs. 2 Satz 4 beigelegt sind.

(2) Die Genehmigung nach § 19 Absatz 2 ist zu erteilen, wenn

1. keine Tatsachen vorliegen, aus denen sich Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Verbringers, seines gesetzlichen Vertreters oder, bei juristischen Personen oder nicht rechtsfähigen Personenvereinigungen, der nach Gesetz, Satzung oder Gesellschaftsvertrag zur Vertretung oder Geschäftsführung Berechtigten ergeben und
2. gewährleistet ist, dass die zu verbringenden radioaktiven Stoffe nicht in einer Weise verwendet werden, die die innere oder äußere Sicherheit der Bundesrepublik Deutschland oder die Erfüllung ihrer internationalen Verpflichtungen auf dem Gebiet der Kernenergie und des Strahlenschutzes gefährden.

Absatz 1 Satz 2 gilt entsprechend.

### **§ 66 Wartung, Überprüfung und Dichtheitsprüfung**

(4) Die zuständige Behörde kann bestimmen, dass die Unversehrtheit und Dichtheit der Umhüllung bei umschlossenen radioaktiven Stoffen, deren Aktivität die Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 überschreitet, in geeigneter Weise zu prüfen und die Prüfung in bestimmten Zeitabständen zu wiederholen ist. Bei hochradioaktiven Strahlenquellen hat die Prüfung mindestens einmal jährlich zu erfolgen, sofern die zuständige Behörde nicht einen anderen Zeitraum bestimmt. Sie kann festlegen, dass die Prüfung durch einen nach Absatz 1 bestimmten Sachverständigen durchzuführen ist. Die Sätze 1 und 2 finden keine Anwendung auf umschlossene radioaktive Stoffe, die als radioaktive Abfälle abgeliefert wurden.

(6) ...Die Prüfbefunde nach Absatz 4 ... sind der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen. Festgestellte Undichtheiten und Mängel an der Unversehrtheit sind der zuständigen Behörde unverzüglich mitzuteilen.

### **§ 68 Kennzeichnungspflicht**

...

(1a) Zusätzlich zu der Kennzeichnung nach Absatz 1 Satz 1 sind

1. hochradioaktive Strahlenquellen bei der Herstellung, soweit technisch möglich, und
2. deren Schutzbehälter oder Aufbewahrungsbehältnisse

mit einer unverwechselbaren Identifizierungsnummer sichtbar und dauerhaft zu kennzeichnen. Ist die zusätzliche Kennzeichnung der Strahlenquelle nach Satz 1 Nr. 1 nicht möglich oder werden wiederverwendbare Schutzbehälter oder Aufbewahrungsbehältnisse verwendet, so sind diese neben der Kennzeichnung nach Absatz 1 Satz 1 zusätzlich mit der Angabe "hochradioaktive Strahlenquelle" zu versehen.

(1b) Aufgebrachte Identifizierungsnummern nach Absatz 1a sind dem Bundesamt für Strahlenschutz binnen Monatsfrist mitzuteilen.

(2) Absatz 1 gilt nicht für Behältnisse oder Geräte, die innerhalb eines Kontrollbereiches in abgesonderten Bereichen verwendet werden, solange die mit dieser Verwendung betraute Person in dem abgesonderten Bereich anwesend ist oder solche Bereiche gegen unbeabsichtigten Zutritt gesichert sind. Satz 1 gilt nicht für Behältnisse oder Geräte, die hochradioaktive Strahlenquellen enthalten.

...

### **§ 69 Abgabe radioaktiver Stoffe**

...

(2) ...Hochradioaktive Strahlenquellen dürfen nur abgegeben werden, wenn ihnen eine Dokumentation des Herstellers beigelegt ist, die

1. die Identifizierungsnummer;
2. Angaben über die Art und die Aktivität der Strahlenquelle und
3. Fotografien oder technische Zeichnungen

- a) des Typs der Strahlenquelle,
- b) eines typischen Schutzbehälters oder Aufbewahrungsbehältnisses und
- c) eines typischen Transportbehälters

enthält.

...

(5) Hochradioaktive Strahlenquellen, mit denen nicht mehr umgegangen wird oder umgegangen werden soll, sind nach Beendigung des Gebrauchs an den Hersteller, den Verbringer oder einen anderen Genehmigungsinhaber abzugeben oder als radioaktiver Abfall abzuliefern oder zwischenzulagern.

### **§ 69a Rücknahme hochradioaktiver Strahlenquellen**

Wer hochradioaktive Strahlenquellen hergestellt oder nach § 3 Abs. 2 Nr. 36 verbracht hat, hat diese zurückzunehmen oder sicherzustellen, dass sie von Dritten zurückgenommen werden können.

### **§ 70 Buchführung und Mitteilung**

(1) Wer mit radioaktiven Stoffen umgeht, hat

1. der zuständigen Behörde Gewinnung, Erzeugung, Erwerb, Abgabe und den sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen innerhalb eines Monats unter Angabe von Art und Aktivität mitzuteilen,
2. über Gewinnung, Erzeugung, Erwerb, Abgabe und den sonstigen Verbleib von radioaktiven Stoffen unter Angabe von Art und Aktivität Buch zu führen und
3. der zuständigen Behörde den Bestand an radioaktiven Stoffen mit Halbwertszeiten von mehr als 100 Tagen am Ende jedes Kalenderjahres innerhalb eines Monats mitzuteilen.

Satz 1 gilt nicht für Tätigkeiten, die nach § 8 Abs. 1 keiner Genehmigung bedürfen. Für hochradioaktive Strahlenquellen sind zusätzlich zu den Angaben nach Satz 1 dem Register über hochradioaktive Strahlenquellen beim Bundesamt für Strahlenschutz in gesicherter elektronischer Form

1. mit dem vollständig ausgefüllten Standarderfassungsblatt nach Anlage XV Erwerb und Abgabe sowie Änderungen der nach dieser Anlage erfassten Angaben unverzüglich und
2. mit einem aktualisierten Standarderfassungsblatt nach Anlage XV unter der dortigen Nummer 6 das Datum der Prüfung nach § 66 Abs. 4 Satz 2 binnen Monatsfrist

mitzuteilen. Die zuständige Behörde ist über die Mitteilung nach Satz 3 unverzüglich zu informieren.

...

(5a) Die zuständige Behörde prüft binnen Monatsfrist die nach Absatz 1 Satz 3 übermittelten Daten auf Vollständigkeit und Übereinstimmung mit der erteilten Genehmigung nach § 9 des Atomgesetzes oder § 7 dieser Verordnung und kennzeichnet sie bei positiver Feststellung als geprüft und richtig.

### **§ 70a Register über hochradioaktive Strahlenquellen**

(1) Die Angaben nach § 12d Abs. 2 des Atomgesetzes werden mittels des Standarderfassungsblatts der Anlage XV in gesicherter elektronischer Form an das Register gemeldet.

(2) Dem Register nach § 12d des Atomgesetzes übermittelt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle unverzüglich die Angaben über erteilte Genehmigungen nach § 3 Abs. 1 des Atomgesetzes oder § 19 Abs. 1 Satz 1 dieser Verordnung für die grenzüberschreitende Verbringung einer hochradioaktiven Strahlenquelle aus einem Staat, der nicht Mitgliedstaat der Europäischen Gemeinschaften ist, in den Geltungsbereich der Strahlenschutzverordnung, insbesondere die Angaben der Nummern 1, 2, 5 und 7 des Standarderfassungsblatts der Anlage XV. Dem Register nach § 12d des Atomgesetzes werden die Angaben nach

1. § 70 Abs. 1 Satz 3 oder § 71 Abs. 1 Satz 2 und 5 durch den Strahlenschutzverantwortlichen oder den Strahlenschutzbeauftragten und
2. die Angaben nach § 71 Abs. 1 Satz 4 und Abs. 2 Satz 3 durch die zuständige Behörde

übermittelt. Die zuständige Behörde ist über die Mitteilung nach Satz 1 unverzüglich zu informieren. Sie kann von ihr angeforderte Aufzeichnungen des Strahlenschutzverantwortlichen oder des Strahlenschutzbeauftragten über hochradioaktive Strahlenquellen an das Register weiterleiten.

(3) Auf Antrag unterrichtet das Bundesamt für Strahlenschutz den Strahlenschutzverantwortlichen nach Absatz 2 Satz 2 Nr. 1 über die sie betreffenden Daten.

(4) Das Bundesamt für Strahlenschutz fasst die übermittelten Daten im Register zusammen. Das Bundesamt für Strahlenschutz unterrichtet unverzüglich

## **Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)**

### **BfS-ISH-140/89**

*Bayer, A.; Braun, H.; Dehos, R.; Frasch, G.; Haubelt, R.; Hoppe-Schönhammer, J.; Kaul, A.; Löbke, A.; Werner, M.*

Erfassung, Dokumentation und strahlenhygienische Bewertung vorliegender Aktivitätsmeßdaten aus der Bundesrepublik Deutschland als Folge des Reaktorunfalles im Kernkraftwerk Tschernobyl.

### **BfS-ISH-141/90**

*Stamm-Meyer, A.; Stanek, H.; Bögl, K.W.*

Biologische Indikatoren zum Nachweis von Strahlenexpositionen - Thymidinkonzentration im Humanserum als "biologisches Dosimeter"?

### **BfS-ISH-142/90**

*Burkhardt, J.; Lux, D.*

Characterization of Critical Population Groups with Special Consumption Habits in Bavaria.

BfS-ISH-143/90

### **BfS-ISH-143/90**

*Roedler, H. D.; Pittelkow, E.*

Strahlenexposition des Patienten bei der nuklearmedizinischen Anwendung markierter monoklonaler Antikörper.

### **BfS-ISH-144/90**

*Frasch, G. A.*

Fehlbildungshäufigkeiten in Bayern 1968 - 1979 / Bericht im Rahmen des Strahlenbiologischen Umweltmonitorings Bayern.

### **BfS-ISH-145/90**

*Martignoni, K.*

Spontane und Strahleninduzierte kongenitale Anomalien einschließlich Fehl- und Totgeburten.

### **BfS-ISH-146/90**

*Schaller, G.; Leising, Chr.; Krestel, R.; Wirth, E.*

Cäsium- und Kalium-Aufnahme durch Pflanzen aus Böden.

### **BfS-ISH-147/90**

*Brachner, A.*

Entwicklung der Säuglingssterblichkeit in Bayern (1972 - 1986).

### **BfS-ISH-148/90**

*Winkelmann, I.; Endrulat, H.-J.; Fouasnon, S.; Gesewsky, P.; Haubelt, R.; Klopfer, P.; Köhler, H.; Kohl, R.; Kucheida, D.; Leising, C.; Müller, M.-K.; Neumann, P.; Schmidt, H.; Vogl, K.; Weimer, S.; Wildermuth, H.; Winkler, S.; Wirth, E.; Wolff, S.*

Radioactivity Measurements in the Federal Republic of Germany after the Chernobyl Accident. (Unveränderter Nachdruck von ISH-116)

### **BfS-ISH-149/90**

*Hofmann, R.; Hendriks, W.; Schreiber, G. A.; Bögl, K. W.*

BLood Amylase - A Biochemical Radiation Indicator?

### **BfS-ISH-150/91**

*Frasch, G.; Martignoni, K.*

Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. III. Das strahlenbedingte Brustkrebsrisiko.

### **BfS-ISH-151/91**

*Martignoni, K. (unter Mitarbeit von Elsasser, U.)*

Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. IV. Das strahlenbedingte Schilddrüsen-Krebsrisiko.

## **Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)**

### **BfS-ISH-152/91**

*Hoeltz, J.; Hoeltz, A.; Potthoff, P. (Infratest Gesundheitsforschung, München); Brachner, A.; Grosche, B.; Hinz, G.; Kaul, A.; Martignoni, K.; Roedler, H.-D.; Schwarz, E.; Tsavachidis, C.*  
Schwangerschaften und Geburten nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl.  
Eine repräsentative Erhebung für die Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West). Kurzfassung.

### **BfS-ISH-153/91**

*Brachner, A.; Grosche, B.*  
Risikofaktoren für bösartige Neubildungen.  
Neuherberg, Juni 1991

### **BfS-ISH-154/91**

*Brachner, A.; Grosche, B.*  
Perinatale Risikofaktoren einschließlich Fehlbildungen.  
Neuherberg, Oktober 1991

### **BfS-ISH-155/91**

*Römmelt, R.; Hiersche, L.; Wirth, E.*  
Untersuchungen über den Transfer von Caesium 137 und Strontium 90 in ausgewählten Belastungspfaden.  
Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben St.Sch. 1033.  
Neuherberg, Dezember 1991

### **BfS-ISH-156/91**

*Poschner, J.; Schaller, G.; Wirth, E.*  
Verbesserung und Neuentwicklung von radioökologischen Modellen zur Berechnung der Strahlenexposition bei der Beseitigung von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen.  
Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben St.Sch. 1104.  
Neuherberg, Dezember 1991

### **BfS-ISH-157/92**

*Hoeltz, J.; Hoeltz, A.; Potthoff, P.; Brachner, A.; Grosche, B.; Hinz, G.; Kaul, A.; Martignoni, K.; Roedler, H.-D.; Schwarz, E.; Tsavachidis, C.*  
Schwangerschaften und Geburten nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl.  
Eine repräsentative Erhebung für die Bundesrepublik Deutschland und Berlin (West).  
- Abschlußbericht -  
Neuherberg, September 1992

### **BfS-ISH-158/92**

*Lörch, Th.; Wittler, C.; Frieben, M.; Stephan, G.*  
Automatische Chromosomendosimetrie.  
Neuherberg, Oktober 1992

### **BfS-ISH-159/92**

*Schmier, H.; König, K.; Aßmann, G.; Berg, D.*  
Ganzkörpermessungen an bayerischen Schulkindern. Abschlußbericht . Juli 1992.  
Neuherberg, Dezember 1992

### **BfS-ISH-160/93**

*Irl, C.; Schoetzau, A.; Steinhilber, B.; Grosche, B.; Jahraus, H.; van Santen, E.*  
Entwicklung der Säuglingssterblichkeit in Bayern 1972 bis 1990.  
Neuherberg, März 1993

### **BfS-ISH-161/93**

*Dalheimer, A.; Henrichs, K. (Hrsg.)*  
Thorium, Probleme der Inkorporationsüberwachung. Anwendung, Messung, Interpretation.  
Seminar in Kloster Scheyern/Bayern am 12. und 13. Oktober 1992, durchgeführt vom Institut für Strahlenhygiene des BfS.  
Neuherberg, September 1993

## **Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)**

### **BfS-ISH-162/93**

Daten zur Umgebungs- und Umweltradioaktivität in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1990 bis 1992.

Bearbeitet vom Bundesamt für Strahlenschutz und den Leitstellen des Bundes.

Neuherberg, Oktober 1993

### **BfS-ISH-163/93**

*Steinmetz, M.* (Hrsg.)

Arbeitsgespräch Terrestrisches solares UV-Monitoring am 2. Juni 1992 im Institut für Strahlenhygiene des Bundesamtes für Strahlenschutz.

Neuherberg, Oktober 1993

### **BfS-ISH-164/93**

*Poschner, J.; Schaller, G.*

Richtwerte für die spezifische Aktivität von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen, die konventionell entsorgt werden.

Neuherberg, Dezember 1993

### **BfS-ISH-165/94**

*Schmitt-Hannig, A.; Thieme, M.*

Forschungsprogramm Strahlenschutz 1992 bis 1993. Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Januar 1994

### **BfS-ISH-166/94**

*Burkart, Werner* (Hrsg.)

Erste deutsche Aktivitäten zur Validierung der radiologischen Lage im Südrural.

Neuherberg, August 1994

### **BfS-ISH-167/94**

*Ralph Gödde, Annemarie Schmitt-Hannig, Michael Thieme*

Strahlenschutzforschung - Programmreport 1994 -

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Oktober 1994

### **BfS-ISH-168/94**

*Schoetzau, A.; van Santen, F.; Irl, C.; Grosche, B.*

Angeborene Fehlbildungen und Säuglingssterblichkeit nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl.

Neuherberg, Dezember 1994

### **BfS-ISH-169/95**

*Poschner, J.; Schaller, G.*

Richtwerte für die spezifische Aktivität von schwach radioaktiv kontaminierten Abfällen, die konventionell entsorgt werden.

Neuherberg, Januar 1995

### **BfS-ISH-170/95**

*Angerstein, W.; Bauer, B.; Barth, I.*

Daten über die Röntgendiagnostik in der ehemaligen DDR.

Neuherberg, März 1995

### **BfS-ISH-171/95**

*Schopka, H.-J.; Steinmetz, M.*

Environmental UV radiation and health effects.

Proceedings of the International Symposium, Munich-Neuherberg, Germany, May 4-6, 1993.

Neuherberg, Mai 1995

## **Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)**

### **BfS-ISH-172/95**

*Kragh, P.*

C-Programm LINOP zur Auswertung von Filmdosimetern durch lineare Optimierung.

Anwendungshandbuch.

Neuherberg, November 1995

### **BfS-ISH-173/96**

*Thieme, M.; Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.*

Strahlenschutzforschung. Programmreport 1995.

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Januar 1996

### **BfS-ISH-174/96**

*Irl, C.; Schoetzau, A.; van Santen, F.; Grosche, B.*

Inzidenz bösartiger Neubildungen bei Kindern in Bayern nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl.

Bericht im Rahmen des Strahlenbiologischen Umweltmonitorings Bayern.

Neuherberg, April 1996

### **BfS-ISH-175/96**

*Dalheimer, A.; König, K.; Mundigl, S.*

Überwachung der Raumluftaktivität. Verfahren, Interpretation, Qualitätssicherung.

2. Fachgespräch am 12. und 13. Oktober 1995, Schloß Hohenkammer / Bayern.

Neuherberg, Oktober 1996

### **BfS-ISH-176/97**

*Brachner, A.; Martignoni, K.*

Verwertbarkeit und Zuverlässigkeit von Ergebnissen vorliegender epidemiologischer Untersuchungen für die Abschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos. V. Das strahlenbedingte Knochenkrebsrisiko.

Neuherberg, Januar 1997

### **BfS-ISH-177/97**

*Schaller, G.; Arens, G.; Brennecke, P.; Görtz, R.; Poschner, J.; Thieme, J.*

Beseitigung radioaktiver Abfälle und Verwertung von Reststoffen und Anlagenteilen. Grundlagen, Konzepte, Ergebnisse.

Neuherberg, Januar 1997

### **BfS-ISH-178/97**

*Bäumli, A.; Bauer, B.; Bernhard, J.-H.; Stieve, F.-E.; Veit, R.; Zeitberger, I. (Hrsg.)*

Joint WHO / ISH Workshop on Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology. Munich-Neuherberg, Germany, October 9-13, 1995.

Neuherberg, Februar 1997

### **BfS-ISH-179/97**

Zusammengestellt von: *Schmitt-Hannig, A.; Thieme, M.; Gödde, R.*

Strahlenschutzforschung. Programmreport 1996. Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, Februar 1997

### **BfS-ISH-180/97**

*Frasch, G.; Anatschkowa, E.; Schnuer, K. (Editors)*

European study of occupational radiation exposure -ISOREX -.

Proceedings of the Introductory Workshop held in Luxembourg, May 20th - 21st, 1997.

Neuherberg, November 1997

### **BfS-ISH-181/98**

*Schulz, O.; Brix, J.; Vogel, E.; Bernhardt J.H.*

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder als Umweltfaktoren: Epidemiologische Untersuchungen.

Neuherberg, Februar 1998

## **Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)**

### **BfS-ISH-182/98**

*Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.; Thieme, M.*

Strahlenschutzforschung - Programmreport 1997.

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, März 1998

### **BfS-ISH-183/98**

*Dahlheimer, A.; Hartmann, M.; König, K. (Hrsg.)*

Körperaktivität durch natürliche Quellen.

Berücksichtigung des Beitrages der aus natürlichen Quellen aufgenommenen Radionuklide bei der Ausscheidungsanalyse.

3. Fachgespräch am 25. und 26. November 1996, Fachbereich Strahlenschutz des BfS, Berlin.

Neuherberg, März 1998

### **BfS-ISH-184/99**

*Frasch, G.; Anatschkowa, E.; Petrova, K.*

Occupational Radiation Exposure in Central and Eastern European Countries

- ESOREX EAST -

Proceedings of an Introductory Workshop held in Prague, September 24th - 25th, 1998

Co-organised by: State Office for Nuclear Safety (SUJB), The Czech Republic.

Freiburg, Februar 1999

### **BfS-ISH-185/99**

*Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.; Donhär, W.*

Strahlenschutzforschung - Programmreport 1998.

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Neuherberg, April 1999

### **BfS-ISH-186/99**

*Schaller, G.; Bleher, M.; Poschner, J.*

Herleitung von Dosisumwandlungsfaktoren für die Freigabe von Abfällen mit geringfügiger Radioaktivität.

Neuherberg, Mai 1999

### **BfS-ISH-187/99**

*Wirth, E.; Pohl, H.*

Kolloquium

Radioökologische Strahlenschutzforschung

Ressortforschungsprogramm des BMU

3. und 4. Mai 1999

Neuherberg, August 1999

### **BfS-ISH-188/00**

*Frasch, G.; Kragh, P.; Almer, E.; Anatschkowa, E.; Karofsky, R.; Nitzgen, R.; Schmidt, H.; Spiesl, J.*

1. Bericht des Strahlenschutzregisters des BfS mit Daten des Überwachungsjahrs 1998

Neuherberg, Juni 2000

## **Ab 1. Dezember 2000 SH**

### **BfS-SH-1/00**

*Jung, Th.; Jacquet, P.; Jaussi, R.; Pantelias, G.; Streffer, Chr.*

Final Report

Evolution of genetic damage in relation to cell-cycle control: A molecular analysis of mechanisms relevant for low dose effects.

Contract N° FI4PCT960043

Reporting Period: January 1997 – June 1999

Neuherberg, Dezember 2000

## **Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)**

### **BfS-SH-02/02**

*Donhärl, W.; Gödde, R.; Schmitt-Hannig, A.; Williams, M.*

Strahlenschutzforschung

- Programmreport 2000 –

Bericht über das Bundesamt für Strahlenschutz fachlich und verwaltungsmäßig begleitete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Neuherberg, April 2002

### **BfS-SH-03/02**

*Jahraus H.; Grosche B.*

Inzidenz kindlicher bösartiger Neubildungen (1983-1998) und Mortalität aufgrund bösartiger Neubildungen in der Gesamtbevölkerung (1979-1997) in Bayern

2. Fortschreibung des Berichts „Inzidenz und Mortalität bösartiger Neubildungen in Bayern“ von 1993

Bericht im Rahmen des „Strahlenbiologischen Umweltmonitoring Bayern“

Salzgitter, August 2002

### **BfS-SH-04/02**

*Grosche B.; Weiss W.; Jahraus H.; Jung T.*

Häufigkeit kindlicher Krebserkrankungen in der Umgebung von Atomkraftwerken in Bayern

Salzgitter, August 2002

## **Ab 1. Februar 2003 SG**

### **BfS-SG-01/03**

*Frasch, G.; Almer, E.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Kragh, P.; Spiesl, J.*

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 1999 bis 2001

Auswertung des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, Juli 2003

### **BfS-SG-02/03**

*Noßke, D.; Dalheimer, A.; Dettmann, K.; Frasch, G.; Hartmann, M.;*

*Karcher, K.; König, K.; Scheler, R.; Strauch, H.*

Retentions- und Ausscheidungsdaten sowie Dosiskoeffizienten für die Inkorporationsüberwachung Übergangsregelung bis zur In-Kraft-Treten der entsprechenden Richtlinie zur inneren Exposition

Salzgitter, Dezember 2003

### **BfS-SG-03/04**

*Frasch, G.; Almer, E.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Kragh, P.; Spiesl, J.*

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2002

Bericht der Strahlenschutzregisters

Salzgitter, Februar 2004

### **BfS-SG-04/04**

*Bergler, I.; Bernhard, C.; Gödde, R.; Löbke-Reinl, A.; Schmitt-Hannig, A.*

Strahlenschutzforschung

Programmreport 2002

Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und verwaltete Ressortforschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesumweltministeriums

Salzgitter, März 2004

### **BfS-SG-05/05**

*Frasch, G.; Almer, E.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.*

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2003

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, April 2005

### **BfS-SG-06/05**

*Stegemann, R.; Frasch, G.; Kammerer, L.; Spiesl, J.*

Die berufliche Strahlenexposition des fliegenden Personals in Deutschland

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, August 2005



## **Bisher erschienene BfS-SG-Berichte (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)**

### **BfS-SG-07/06**

*Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.*  
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2004  
Bericht des Strahlenschutzregisters  
Salzgitter, Juli 2006

### **BfS-SG-08/06**

*Hartmann, M.; Dalheimer, A.; Hänisch, K.*  
Ergebnisse des In-vitro-Ringversuchs: Thorium- und Uran-Isotope im Urin  
Workshop zu den In-vitro-Ringversuchen 2003/2004 der Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS  
am 22. September 2004 im Bundesamt für Strahlenschutz, Belin  
Salzgitter, August 2006

### **BfS-SG-09/07**

*Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.*  
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2005  
Bericht des Strahlenschutzregisters  
Salzgitter, Juli 2007

### **BfS-SG-10/08**

Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms • German Mobile Telecommunication  
Research Programme (DMF)  
Bewertung der gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks • Health Risk Assessment of Mobile  
Communications  
(Stand 15.05.2008)  
Salzgitter, Juni 2008

### **BfS-SG-11/08**

*Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.*  
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2006  
Bericht des Strahlenschutzregisters  
Salzgitter, Juli 2008

### **BfS-SG-12/09**

urn:nbn:de:0221-2009042308  
*Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.*  
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2007  
Bericht des Strahlenschutzregisters  
Salzgitter, Mai 2009

### **BfS-SG-13/10**

urn:nbn:de:0221-201004201491  
*Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Spiesl, J.; Stegemann, R.*  
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2008  
Bericht des Strahlenschutzregisters  
Salzgitter, Mai 2010

### **BfS-SG-14/11**

urn:nbn:de:0221-201105105835  
*Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Schlosser, A. Spiesl, J.*  
Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2009  
Bericht des Strahlenschutzregisters  
Salzgitter, Mai 2011

### **BfS-SG-15/11**

urn:nbn:de:0221-201108016029  
*Frasch, G.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Schlosser, A.; Spiesl, J.; Stegemann, R.*  
Die berufliche Strahlenexposition des fliegenden Personals in Deutschland 2004 – 2009  
Bericht des Strahlenschutzregisters  
Salzgitter, August 2011

## **Bisher erschienene BfS-SG-Berichte** (vorher BfS-ISH- und SH-Berichte)

### **BfS-SG-16/12**

urn:nbn:de:0221-201206018415

*Frasch, G.; Fritzsche, E.; Kammerer, L.; Karofsky, R.; Schlosser, A. Spiesl, J.*

Die berufliche Strahlenexposition in Deutschland 2010

Bericht des Strahlenschutzregisters

Salzgitter, Juni 2012

### **BfS-SG-17/12**

urn:nbn:de:0221-2012112610240

*Motzkus, K.-H.; Häusler, U.; Dollan, R.*

Wissenswertes über hochradioaktive Strahlenquellen

Salzgitter, November 2012



# | Verantwortung für Mensch und Umwelt |

**Kontakt:**

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 (0)3018 333-0

Telefax: + 49 (0)3018 333-1885

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