

Fachbereich SE  
**Sicherheit nuklearer Entsorgung**

**Strahlungsmessungen an einem Transport-  
und Lagerbehälter vom Typ CASTOR HAW 20/28 CG**

*Frank-Michael Börst  
Frank Nitsche*

Salzgitter, Juli 2003



Strahlungsmessungen an einem Transport- und Lagerbehälter  
vom Typ CASTOR HAW 20/28 CG

*Frank-Michael Börst*  
*Frank Nitsche*

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	3
2. Messbedingungen.....	4
2.1. Transport- und Lagerbehälter CASTOR HAW 20/28 CG .....	4
2.2. Messgeräte und Messprogramm .....	5
3. Messergebnisse .....	8
3.1. Vertikale Messungen .....	8
3.2. Radiale Messungen .....	10
3.3. Messungen der Dosisleistung in verschiedenen Abständen zum Behälter .....	11
3.4. Messungen auf der Schutzplatte.....	12
4. Zusammenfassung und Bewertung .....	13
Literatur.....	14

## 1. Einleitung

Die bei der Wiederaufarbeitung von bestrahlten Brennelementen anfallenden hochradioaktiven Abfälle werden, eingebunden in einer Glasmatrix, in Edelstahlkokillen (HAW-Glaskokillen) in der Bundesrepublik Deutschland im Brennelementlager Gorleben (BLG) in Behältern des Typs CASTOR HAW 20/28 CG zwischengelagert. Im Rahmen der Rückführung von 12 Behältern diesen Typs aus der französischen Wiederaufarbeitungsanlage in La Hague im Herbst 2002 wurden vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) am Behälter CASTOR HAW 20/28 CG mit der Seriennummer 028 vor dessen Einlagerung umfangreiche dosimetrische und spektrometrische Messungen fachgebietsübergreifend (SE 1.3 - Emrich, K.-H., Dr.; SE 1.6 - Börst, F.-M.; SE 3.1 - Scheib, H.; SG 3.2 - Rimpler, A.) durchgeführt /1/.

Es war nicht die Aufgabe, die Einhaltung von verkehrsrechtlich festgeschriebenen Grenzwerten zu kontrollieren, was von der zuständigen Aufsichtsbehörde, dem Eisenbahn-Bundesamt, bereits bei der Beförderung vorgenommen wurde, sondern vielmehr das Neutronen- und Gammastrahlungsfeld des Behälters in sog. „kritischen“ Bereichen, wie z.B. Tragzapfen oder sonstige Bereiche mit verminderter Abschirmung, im Rahmen von wissenschaftlich-technischen Untersuchungen zu messen.

## 2. Messbedingungen

### 2.1. Transport- und Lagerbehälter CASTOR HAW 20/28 CG

Der CASTOR HAW 20/28 CG (Bild 1) besteht aus einem aus Gusseisen mit Kugelgraphit gefertigten dickwandigen, zylindrischen Behälterkörper mit Radialrippen. In die Behälterwandung sind zur Neutronenabschirmung Polyethylen-Stäbe eingebracht und im Bodenbereich eine Polyethylen-Platte angeordnet.

Für die Beförderung ist der Behälterkörper mit einem Primärdeckel (Stahl) mit der zugehörigen Verschraubung und Dichtung dicht verschlossen. Auf dem Primärdeckel ist wiederum zur Neutronenabschirmung eine Polyethylen-Platte angebracht. Das Versandstück war während der Beförderung mit Boden- und Deckelstoßdämpfer ausgerüstet (Transportkonfiguration).

Im Zwischenlager wurden die Stoßdämpfer entfernt und der Sekundärdeckel (Stahl) montiert, der mit der zugehörigen Verschraubung und Dichtung die zweite gemäß Zwischenlagerebene erforderliche Dichtbarriere darstellt. Der Sekundärdeckel wird durch eine Schutzplatte abgedeckt (Lagerkonfiguration).

Im Innenraum befindet sich ein Einsatzkorb mit den 28 HAW-Glaskokillen.

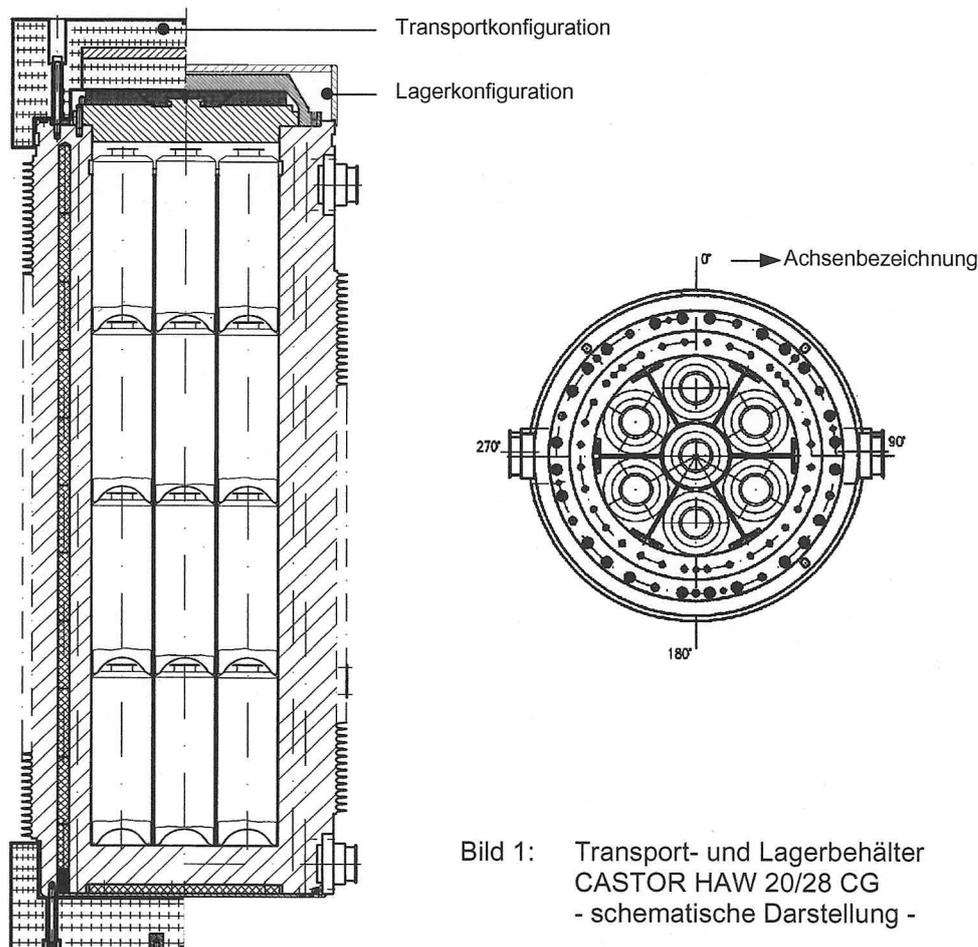


Bild 1: Transport- und Lagerbehälter CASTOR HAW 20/28 CG - schematische Darstellung -

Die Strahlungsmessungen wurden an dem freistehenden CASTOR HAW 20/28 CG mit der Seriennummer 028 in Lagerkonfiguration, d.h. ohne Boden- und Deckelstoßdämpfer, durchgeführt.

Im Zulassungsschein für den CASTOR HAW 20/28 CG ist u.a. der maximale Gehalt an den für die Dosisleistung relevanten Nukliden (Leitnuklide) festgeschrieben. Von diesen Leitnukliden lieferten im vorliegenden Behälter zum Messzeitpunkt  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  (Gammadosisleistung) sowie  $^{244}\text{Cm}$  und  $^{241}\text{Am}$  (Neutronendosisleistung) den bestimmenden Beitrag.

## 2.2. Messgeräte und Messprogramm

Zur Bestimmung der Neutronenspektren wurde das Bonner-Mehrkugelspektrometer (spektrometrische Messungen) des BfS eingesetzt. Die daraus errechneten Neutronendosisleistungen dienen als Referenzwert für die Bewertung der mit handelsüblichen Geräten gemessenen Neutronendosisleistungen. Eine Beschreibung des Bonner-Mehrkugelspektrometers kann z.B. /2/ entnommen werden.

Für die Messungen der Gamma- und Neutronendosisleistungen (dosimetrische Messungen) wurden folgende handelsübliche Messgeräte (Bild 2) verwendet:

Gammadosisleistung:

- LB 1236 der Fa. EG&G Berthold (Proportionalzählrohr)
- AD 5 der Fa. Automess (Geiger-Müller-Zählrohr)

Neutronendosisleistung:

- LB 6411 der Fa. EG&G Berthold (Kugelmoderator mit  $^3\text{He}$ /Methan-Zählrohr)

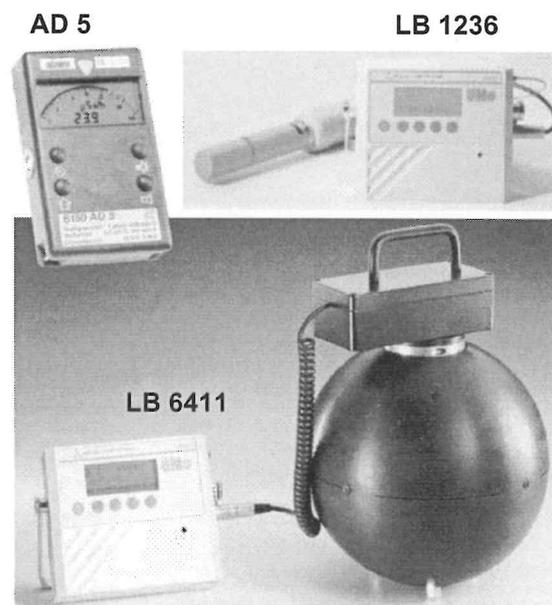


Bild 2: Verwendete Messgeräte für Dosisleistungsmessungen

Für bestimmte Messreihen wurde ein System zur Aufnahme und Justierung der Messgeräte genutzt, das im Bild 3 dargestellt ist.



Bild 3: Anordnung der Messgeräte für bestimmte Dosisleistungsmessungen

Um ein repräsentatives Abbild der Abschirmeigenschaften zu erhalten, wurden am Behälter an drei vertikalen Achsen ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$  und  $270^\circ$ ; s. Bild 1) die Gamma- und Neutronendosisleistungen kontinuierlich erfasst (in Bild 4 und 5 mit „Scan“ bezeichnet). Die Auslesung der Messgeräte erfolgte automatisch alle 20 Sekunden, was einem Messpunkteabstand von ca. 11 cm entspricht.

Zusätzlich wurden an den vertikalen Achsen folgende diskrete Messungen der Dosisleistungen durchgeführt:

- $0^\circ$ -Achse
  - Neutronendosisleistung mit LB 6411
  - Neutronendosisleistung, bestimmt aus den Zählraten der 5“-Kugel des Bonner-Mehrkugelspektrometer
  - Gammadosisleistung mit LB 1236 und AD 5
- $90^\circ$ -Achse (im Bereich der Tragzapfen)
  - Neutronendosisleistung mit LB 6411
  - Gammadosisleistung mit LB 1236

Des Weiteren wurden in zwei Höhen die Dosisleistungen am Umfang des Behälters radial gemessen. Die erste Messreihe erfolgte in 140 cm (Neutronendosisleistung) bzw. 153 cm (Gammadosisleistung). Diese Höhe entspricht etwa dem Bereich zwischen unterster und darüber liegenden Kokillenreihe. Die zweite Messreihe wurde in 350 cm (Neutronendosisleistung) bzw. 363 cm (Gammadosisleistung) durchgeführt. Dies entspricht etwa der Mitte der dritten Kokillenreihe (von unten). Die unterschiedlichen Höhen zwischen Neutronen- und Gammadosisleistung sind auf das verwendete Messsystem (Bild 3) zurückzuführen. Es wurden alle 30° eine Messung vorgenommen, so dass diese Punkte im Wechsel jeweils vor einer Kokille und zwischen zwei Kokillen lagen.

Der Abstand der jeweiligen Detektormitten zur Oberfläche (Rippenspitze) des Behälters lag bei den Messungen in Abhängigkeit vom verwendeten Messsystem im Bereich von 11 cm bis 18 cm (Gammadosisleistung) bzw. 16 cm bis 23 cm (Neutronendosisleistung). Da für die Zielstellung der vorliegenden Arbeit die vertikalen und radialen Dosisleistungsverläufe von größerem Interesse sind als die Absolutwerte, wurde bei der Darstellung der Messergebnisse in den Abbildungen im Abschnitt 3 auf eine entsprechende Korrektur auf einen einheitlichen Abstand verzichtet.

Zur Ermittlung der radialen Abstandsabhängigkeit der Dosisleistungen wurden in Höhe der Mitte der dritten Kokillenreihe (von unten) an der 90°-Achse des Behälters Dosisleistungen bis zu 10 m Entfernung von der Oberfläche (Rippenspitze) des Behälters gemessen.

Abschließend wurden Messungen auf der Schutzplatte durchgeführt. Auch wenn, bedingt durch die unterschiedliche Konfiguration, diese Werte für den Transport nicht direkt verwendet werden können, lassen sich dennoch für den speziellen Randbereich mit verminderter Neutronenabschirmung wichtige Erkenntnisse ableiten. Die Messungen erfolgten in 16 cm Abstand von der Schutzplatte.

### 3. Messergebnisse

Im Folgenden werden die gemessenen Dosisleistungsverläufe grafisch dargestellt und diskutiert. Zur Visualisierung der Messwerte sind die Schnittdarstellungen des Behälters in Bild 4 und 5 dabei so aufbereitet, dass auf der rechten Seite die den Messbedingungen entsprechende Lagerkonfiguration und auf der linken Seite die Transportkonfiguration abgebildet sind. Außerdem wurden die Messpunkte durch interpolierte Kurven verbunden.

#### 3.1. Vertikale Messungen

Bild 4 zeigt den axialen Verlauf entlang der 0°-Achse. Auf dieser Achse befinden sich keine Tragzapfen.

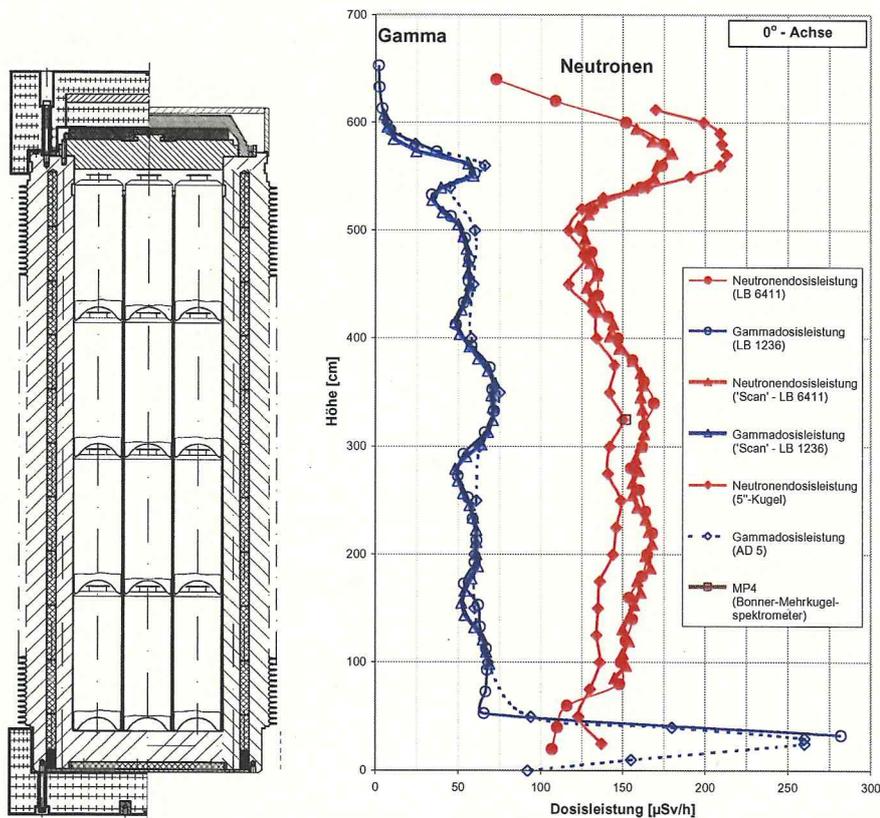


Bild 4: Axialer Dosisleistungsverlauf entlang der 0°-Achse

Neben dem Abbild der einzelnen Kokillenebenen sind im Gammadosisleistungsverlauf zwei weitere Erhöhungen am oberen und unteren Ende erkennbar. Sie resultieren aus den konstruktiv bedingten lokalen Verringerungen der Behälter-

wandstärke zur Aufnahme der Stoßdämpfer und liegen im Bereich von 1,06 bis 4,2, jeweils bezogen auf die Dosisleistung in der Mitte der nächstgelegenen Kokillenebene. Da diese Bereiche während der Beförderung von den Stoßdämpfern überdeckt sind, werden diese Überhöhungen deutlich abgeschwächt. Bezüglich der Neutronendosisleistung ist nur eine lokale Erhöhung am oberen Ende zu verzeichnen, die bedingt ist durch die Anordnung der Moderatorstäbe in der Behälterwand und der Moderatorplatte zwischen Primär- und Sekundärdeckel. Hier wurden gegenüber den Werten in der Mitte der nächstgelegenen Kokillenreihe, je nach Messsystem, Überhöhungen um etwa den Faktor 1,4 (LB 6411) bis 1,8 (5"-Kugel) bestimmt. Auch dieser Bereich ist in der Transportkonfiguration vom Stoßdämpfer überdeckt, was die Neutronendosisleistung deutlich senkt.

Bild 5 zeigt den Dosisleistungsverlauf entlang der 90°-Achse, auf der sich auch ein oberer und ein unterer Tragzapfen befinden. Die bereits auf der 0°-Achse gefundenen Erhöhungen im Gammadosisleistungsprofil sind auch hier vorhanden.

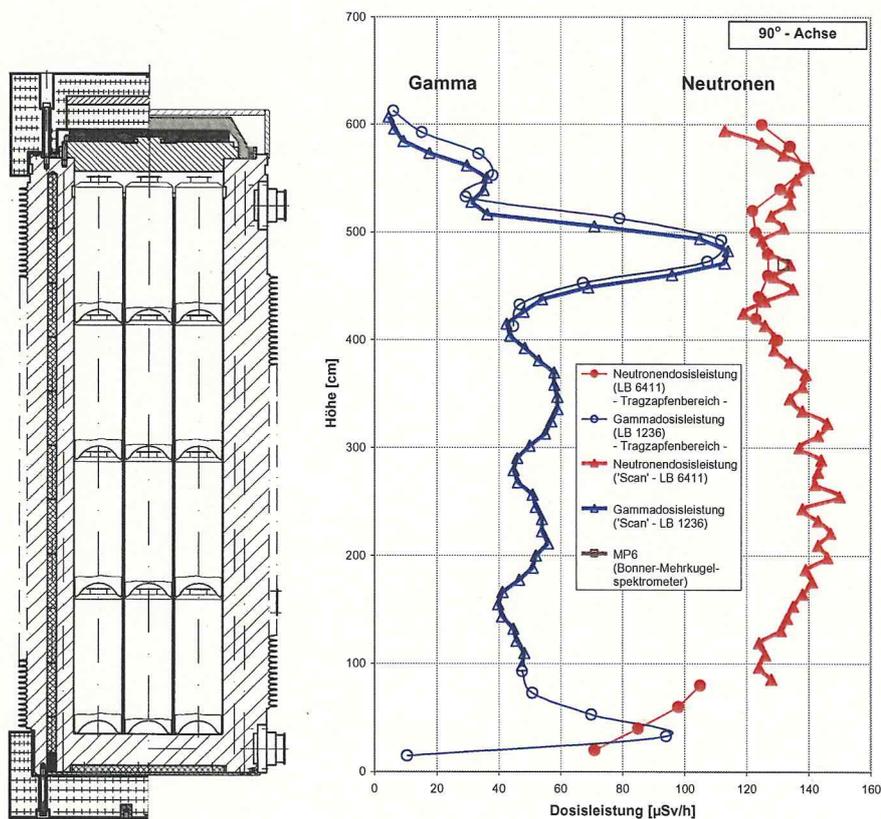


Bild 5: Axialer Dosisleistungsverlauf entlang der 90°-Achse

Zusätzlich dazu ist unterhalb des Tragzapfens im Bereich der für den Anschlag der Hebezeuge erforderlichen Abfräsung (s. Bild 6) ein Anstieg der Gammadosisleistung um etwa den Faktor 2 bis 2,5 gegenüber dem berippten Bereich zu registrieren.

Eine Erhöhung der Neutronendosisleistung wie im oberen Bereich der 0°-Achse konnte inventarbedingt auf der 90°-Achse (geringerer  $^{244}\text{Cm}$ -Gehalt der dort vorhandenen Kokillen) nicht festgestellt werden.

Die Messwerte auf der 270°-Achse lieferten einen zur 90°-Achse vergleichbaren axialen Dosisleistungsverlauf.

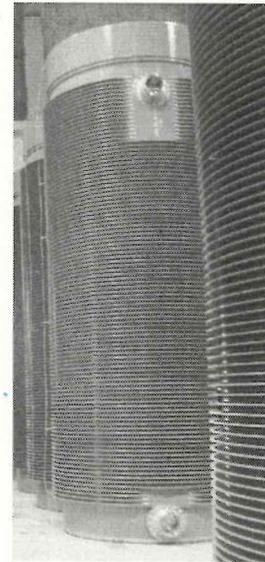


Bild 6: Abfräsungen im Bereich der Tragzapfen

### 3.2. Radiale Messungen

Die am Umfang des Behälters in zwei Ebenen gemessenen Dosisleistungen sind im Bild 7 dargestellt. Es ergibt sich eine relativ homogene Verteilung mit inventarbedingten Schwankungen für die einzelnen Kokillen.

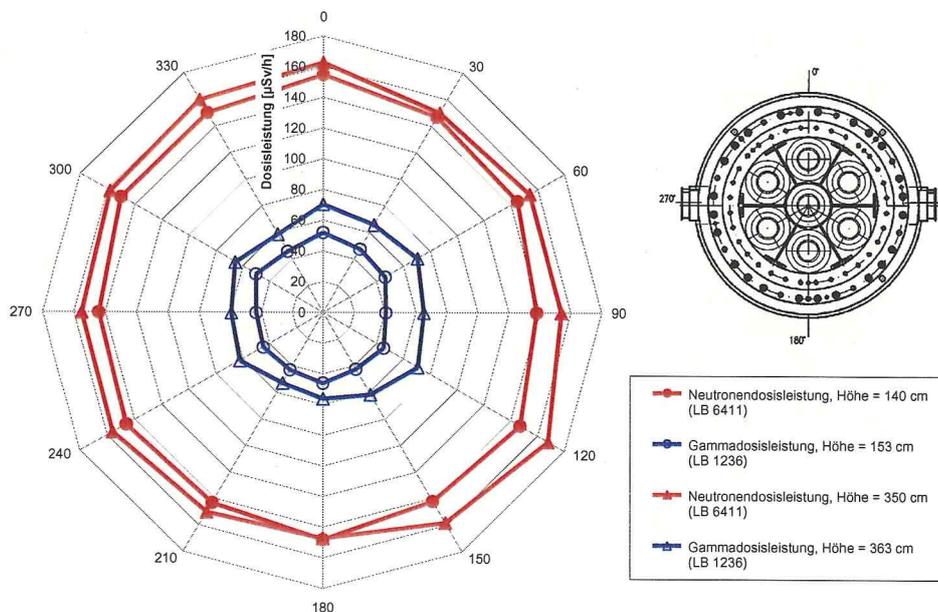


Bild 7: Radiale Dosisleistungsverteilung

### 3.3. Messungen der Dosisleistung in verschiedenen Abständen zum Behälter

Die Ergebnisse der Messungen zum Abstandsverhalten der Gamma- und Neutronendosisleistung sind im Bild 8 wiedergegeben.

In 2 m Abstand vom Behälter beträgt die Dosisleistung nur noch etwa 1/3 der Oberflächendosisleistung. In 10 m konnte nur noch ca. 1/16 der Oberflächendosisleistung gemessen werden.

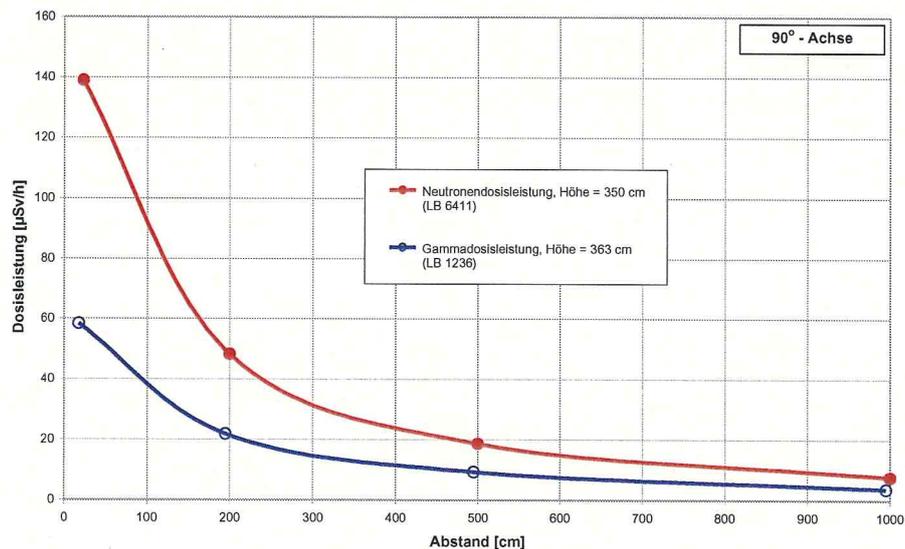


Bild 8: Messungen der Dosisleistung in verschiedenen Abständen von der Behälteroberfläche

Dieser Verlauf bestätigt die bereits bei früheren eigenen Untersuchungen und Messungen /2/ und Messungen durch die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH (<http://www.grs.de/framhotd.htm>) gefundene Ortsabhängigkeit.

### 3.4. Messungen auf der Schutzplatte

Wie bereits im Abschnitt 2.2 erwähnt, lassen sich die Messungen auf der Schutzplatte nicht direkt auf die Transportkonfiguration übertragen. Die im Bild 9 dargestellten Messwerte zeigen, dass, wie mantelseitig bereits festgestellt, die Neutronendosisleistung in dem Bereich, in dem sich kein Moderator befindet, deutlich ansteigt. Für das Maximum der Neutronenstrahlung ergibt sich ein Faktor von etwa 3, bezogen auf die Neutronendosisleistung im Deckelzentrum. Die Gammadosisleistung besitzt hingegen sehr kleine, über den Deckelradius konstante Werte.

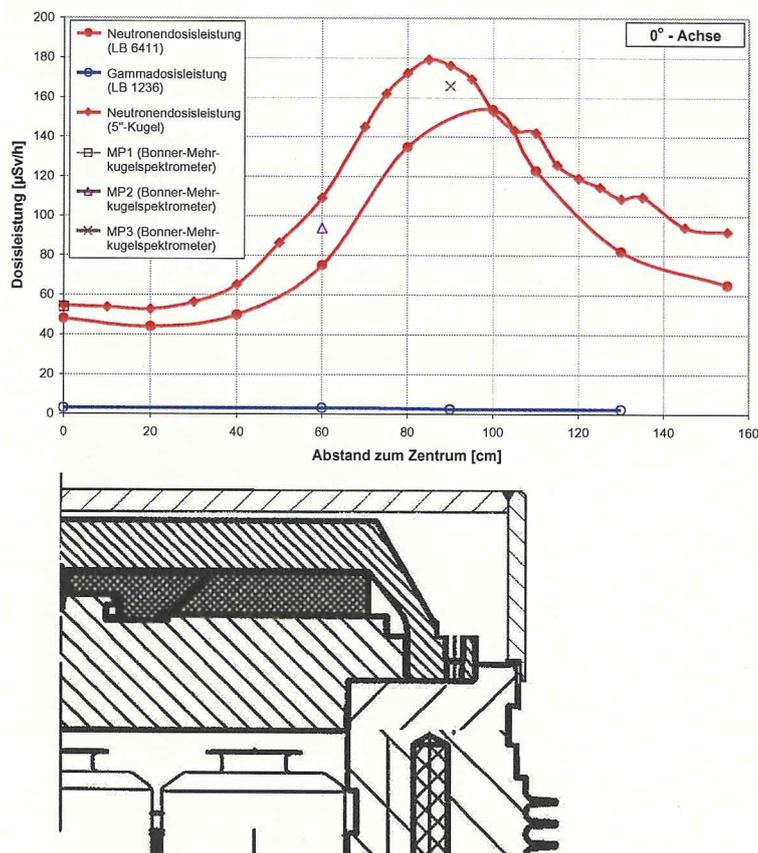


Bild 9: Dosisleistungsmessungen auf der Schutzplatte

## 4. Zusammenfassung und Bewertung

In Fortführung früherer Untersuchungen an einem Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR HAW 20/28 CG /2/ wurde erneut ein Behälter diesen Typs Strahlungsmessungen unterzogen. Es wurden Messungen an verschiedenen vertikalen Achsen sowie am Umfang der Behälteroberfläche durchgeführt, wobei insbesondere Bereiche mit konstruktionsbedingt verminderter Abschirmung untersucht wurden.

Es zeigten sich insbesondere die folgenden Bereiche, an denen Dosisleistungsüberhöhungen zu verzeichnen waren:

- Bereiche mit einer für den Anschlag der Hebezeuge erforderlichen Abfräsung (insbesondere an den oberen Tragzapfen)
- Bereiche am oberen und unteren Behälterende mit verminderter Wandstärke zur Aufnahme der Stoßdämpfer
- Bereich zwischen Deckel und Behälterkörper mit verminderter Neutronenabschirmung.

Für Transporte sind wegen der Überdeckung durch die Stoßdämpfer nur noch die Dosisleistungserhöhungen an den abgefrästen Bereichen an den Tragzapfen wesentlich. Hier betrug die Überhöhung der Gammadosisleistung zu vergleichbaren berippten Bereichen etwa einem Faktor von 2 bis 2,5. Eine Erhöhung der Neutronendosisleistung wurde an diesen Stellen nicht gemessen.

Abschließend ist festzuhalten, dass alle vorgenannten Bereiche im verkehrsrechtlichen Zulassungsverfahren für Behälter der Bauart CASTOR HAW 20/28 CG bereits hinreichend berücksichtigt wurden. Neue Erkenntnisse über sog. „Behälterschwachstellen“ haben sich aus den Messungen nicht ergeben.

Die in verkehrsrechtlichen Vorschriften hinsichtlich der Abschirmungsanforderungen festgeschriebenen Grenzwerte für die Äquivalentdosisleistung (Summe von Gamma- und Neutronendosisleistung) von

- 2000  $\mu\text{Sv/h}$  für die Oberfläche
- 100  $\mu\text{Sv/h}$  in zwei Meter Abstand vom Transportmittel

werden auch für die Bereiche mit erhöhter Dosisleistung sicher eingehalten.

## Literatur

- /1/ Interner Arbeitsbericht SE-IB-02  
F.-M. Börst (Hrsg.)  
Dosimetrische und spektrometrische Messungen am CASTOR HAW 20/28 CG,  
Seriennummer 028  
- Zusammenstellung der Messergebnisse -  
Salzgitter, Mai 2003
  
- /2/ BfS-ET-32/00  
F.-M. Börst, A. Rimpler, H. Scheib  
Strahlungsmessungen an Transport- und Lagerbehältern zur Beförderung von  
hochaktiven Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung und von bestrahlten  
Brennelementen  
Salzgitter, Juli 2000