

Messungen von Neutronen- und Gammastrahlung an Behältern vom Typ CASTOR HAW 20/28 CG

Bericht für ROBIN WOOD e.V.

Verfasser: Dr. Helmut Hirsch, Stefan Hild

Hannover, 16.11.2001

Inhalt:

Zusammenfassung:	2
1. Einleitung:	3
2. Eingesetzte Messgeräte:	4
2.1. Beschreibung der Geräte:	4
2.2. Eignung der Messtechnik :	4
2.3. Gerätebedingte Messfehler:	4
3. Messungen:	5
3.1. Natürlicher Hintergrund:	5
3.2. Vorbeifahrender Zug:	6
3.3. Zug in 500 m Entfernung:	6
3.4. Wiese am Verladebahnhof:	6
3.5. Verladestation aus 150 m Entfernung:	7
4. Diskussion der Messergebnisse:	7
4.1 Messwerte in größeren Entfernungen:	7
4.2 Messwerte in der Nähe des Zuges:	7
5. Ergebnisse bei anderer Bewertung der Neutronenstrahlung:	8
Literatur:.....	9

Zusammenfassung:

Am 12. und 13. November 2001 wurden in Dannenberg/Elbe Messungen von Neutronen- und Gammastrahlung durchgeführt. Sie konzentrierten sich auf die Strahlung von sechs Behältern vom Typ CASTOR HAW 20/28, die von der französischen Wiederaufarbeitungsanlage La Hague ins Zwischenlager Gorleben transportiert wurden.

Die Messungen erfolgten mit einer Neutronensonde vom Typ LB 6411 mit dazugehörigem Monitor Umo LB 123 der Firma EG&G Berthold, sowie mit dem Dosisleistungsmessgerät 6150 AD4 mit Gammasonde 6150 AD-18 der Firma automess.

Es zeigte sich, dass insbesondere die Neutronenstrahlung der CASTOR-Behälter noch in relativ großer Entfernung nachzuweisen war. Selbst in ca. 500 m Abstand vom Zug mit den Behältern war noch eine leichte Erhöhung des natürlichen Neutronen-Hintergrundes festzustellen.

Eine Messung in 19 m seitlichem Abstand vom Transportzug ergab, bei Ermittlung der Dosisleistung nach der gültigen deutschen Strahlenschutzverordnung, einen Wert von ca. 4 $\mu\text{Sv/h}$ (Mikrosievert pro Stunde). Daraus kann grob abgeschätzt werden, dass der gefahrgutrechtliche Grenzwert für die Strahlung in 2 m Abstand von den Waggonen (100 $\mu\text{Sv/h}$) nur rund zur Hälfte ausgeschöpft wird. Messergebnisse, die die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit vor dem Transport veröffentlichte, bestätigen diese Resultate.

Es gibt jedoch deutliche Anzeichen dafür, dass die schädigende Wirkung von Neutronenstrahlung erheblich größer ist, als in der Strahlenschutzverordnung angenommen.

Wird die Dosisleistung unter Berücksichtigung neuerer wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Wirkung von Neutronen ermittelt, folgt für einen Abstand von 19 m ein Gesamtwert von ca. 16 $\mu\text{Sv/h}$.

Für die Dosisleistung in 2 m Entfernung ergibt sich in diesem Falle ein Wert von über 200 $\mu\text{Sv/h}$, also mehr als das Doppelte des gefahrgutrechtlichen Grenzwertes.

1. Einleitung:

Im Rahmen der Rücknahme von verglasten hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung deutscher Brennelemente in Frankreich wurde in der Zeit vom 11. bis 14. November 2001 ein Transport von der Wiederaufarbeitungsanlage La Hague (bei Cherbourg) ins Zwischenlager Gorleben (Landkreis Lüchow-Dannenberg) durchgeführt.

Dabei wurden sechs Behälter vom Typ CASTOR HAW 20/28 transportiert, und zwar die Behälter mit den Nummern CG-001 sowie CG-010 bis CG-014 [GRS 2001]. Ein solcher Behälter kann entweder 20 oder 28 hochradioaktive Glasblöcke („Glaskokillen“) aufnehmen.

Es ist davon auszugehen, dass die im November transportierten Behälter mit jeweils 28 Kokillen beladen waren, ebenso wie die im März 2001 beförderten [HIRSCH 2001], um die Zahl der benötigten Transportvorgänge sowie die Stellplätze im Zwischenlager zu minimieren.

Die Behälter wurden auf ca. 20 m langen Spezialwaggons auf der Schiene nach Deutschland gebracht. Der Bahntransport endete in Dannenberg/Elbe, wo für die letzte Etappe zum Zwischenlager Gorleben eine Umladung auf Tieflader-LKW erfolgte.

Transport- und Lagerbehälter vom Typ CASTOR, die mit hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung oder abgebrannten Brennelementen aus Atomkraftwerken beladen sind, senden (ebenso wie vergleichbare Behältertypen) Neutronen- und Gammastrahlung aus.

Die im Inneren der Behälter ebenfalls abgegebene Alpha- und Betastrahlung wird durch die Behälterwände vollständig abgeschirmt.

Die Berichterstatter führten im Auftrag von ROBIN WOOD e.V. am 12. und 13. November 2001 Messungen der Neutronen- und Gammastrahlung in Dannenberg durch, um Messwerte für die Strahlung unter realen Transportbedingungen zu erhalten. Bisher veröffentlichte Werte von offiziellen Stellen bezogen sich jeweils lediglich auf einzelne Behälter in einer Lagerhalle.

Es war anzunehmen, dass die Neutronenstrahlung in der Umgebung beladener CASTOR HAW 20/28-Behälter gegenüber der Gammastrahlung dominiert – bei Ermittlung der Neutronendosisleistung gemäß der deutschen Strahlenschutzverordnung etwa im Verhältnis 4 : 1 [BÖRST 2000]. (Beim Transport von abgebranntem Kernbrennstoff ist der Gamma-Anteil erheblich höher [SCHWARZ 2000]. (Dies wurde durch die Messungen bestätigt, s. unten.)

Die Messungen wurden bei der Einfahrt des Zuges in Dannenberg sowie während des Umladevorganges auf LKW durchgeführt.

2. Eingesetzte Messgeräte:

2.1. Beschreibung der Geräte:

Neutronenmessgerät:

Bei den Messungen der Neutronenstrahlung wurde eine Neutronensonde vom Typ LB 6411 sowie der dazugehörige universelle Monitor für den Strahlenschutz Typ Umo LB 123 der Firma EG&G Berthold verwendet.

Die Neutronensonde LB 6411 besteht aus einem zylindrischen ^3He Proportionalzählrohr, das von einer Moderatorkugel aus Polyäthylen umgeben ist. Das Zählrohr ist hauptsächlich für thermische Neutronen empfindlich. Damit auch Neutronen höherer Energie nachgewiesen werden können, müssen diese im Moderator ‚thermalisiert‘ werden. Dabei übertragen schnelle Neutronen ihre Energie in einzelnen Kollisionen auf Atomkerne im Moderatormaterial und werden dadurch ‚abgebremst‘ [EGG 1995].

Die Geräte waren voll funktionsfähig (Überprüfung durch den Hersteller im Februar 2001).

Gammamessgerät:

Die Gammastrahlungsmessungen wurden mit dem Dosisleistungsmesser 6150 AD4 der Firma automess (Automation und Messtechnik GmbH) durchgeführt. Es handelt sich hierbei um ein energiekompensiertes Geiger-Müller-Zählrohr, dessen Bauart von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) geprüft und unter der Zulassungsnummer 23.03/90.02 zur Eichung zugelassen ist.

Als Messsonde wurde die Gammasonde 6150 AD-18 (PTB-Zulassung: 23.22/88.03) vom gleichen Hersteller verwendet.

2.2. Eignung der Messtechnik:

Die bei den Messungen eingesetzten Geräte sind gut geeignet, das Strahlungsfeld eines CASTOR-Behälters zu erfassen. Die Neutronensonde LB 6411 sowie das Nachfolgemodell automess 6150 AD5 des hier verwendeten Gammadosisleistungsmessgeräts wurden unter anderem auch von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) und dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) für Messungen an CASTOR-Behältern eingesetzt [HEIMLICH 1997; BÖRST 2000].

2.3. Gerätebedingte Messfehler:

Neutronenmessung:

Das verwendete Neutronenmessgerät unterschätzt die Dosisleistung bei der Messung im Strahlungsfeld von CASTOR-Behältern systematisch um 10 bis 20% [HEIMLICH 1997].

Gammamessung:

Die verwendete Gammasonde hat einen Energie-Nenngebrauchsbereich von 65 keV bis 1,3 MeV. Messungen der PTB im Auftrag des BfS an einem beladenem CASTOR Ila-Behälter zeigten, dass sich dessen Gammaskpektrum bis zu sehr hohen Energien (6 MeV und 7,6 MeV aus Neutroneneinfang an ^{56}Fe) erstreckt [HEIMLICH 1997].

Laut Hersteller steigert sich das Ansprechvermögen der Sonde von knapp 1,3 bei 1,3 MeV auf etwa 2,8 bei 6 - 7 MeV [BUTTLER 2001]. Der durch das gesteigerte Ansprechvermögen bedingte Messfehler wird von den Verfassern auf etwa 30% geschätzt.

3. Messungen:

Die Umweltschutzorganisation ROBIN WOOD e.V. hatte für den November 2001 eine Wohnung im ersten Stockwerk des ‚Pressehauses‘ (An der Breese 107 in Dannenberg/Elbe) gemietet. Dieses Haus befindet sich in unmittelbarer Nähe der Umladestation Dannenberg, in der die CASTOR-Behälter von den Spezial-Waggons auf LKW umgeladen werden.

Am 12. und 13. November wurden die im folgenden genauer beschriebenen Messungen in der Nähe des Pressehauses und der Umladestation Dannenberg durchgeführt. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (Absperrungen an den Gleisen und um die Umladestation) sowie der darüber hinaus durch den BGS auferlegten Beschränkungen war das Messteam in seiner Bewegungs- und Arbeitsfreiheit stark eingeschränkt. Daher sind die gewählten Messpositionen und Messzeiten nicht als optimal anzusehen.

Nach der unter 3.5 beschriebenen Messung wurde gegenüber den Berichterstatern vom BGS ein Platzverweis ausgesprochen. Weitere Messungen waren danach nicht mehr möglich.

3.1. Natürlicher Hintergrund:

Die Messergebnisse des natürlichen Neutronenhintergrundes zeigten zeitliche Fluktuationen und lagen im Bereich von 0,004 bis 0,007 Impulsen pro Sekunde (IPS), bei einer Messunsicherheit von 25 %. Dieses Ergebnis stimmt mit den Messergebnissen vom Transport im März 2001 (0,004 bis 0,006 IPS) gut überein [HIRSCH 2001].

Eine Nullmessung der Gammadosisleistung ergab einen Wert von 0,067 $\mu\text{Sv/h}$ (Mikrosievert pro Stunde), mit einer Messunsicherheit kleiner als 10%. Dass dieser Wert unterhalb früherer Messungen [HILD 2001] liegt, lässt sich durch die veränderte Messsituation begründen. Frühere Messungen fanden innerhalb des ‚Pressehauses‘ statt, dessen Mauern in einem geringen Maß Gammaquanten emittieren, die in der

Messsonde einen Impuls auslösen. Die aktuelle Messung fand dagegen außerhalb des Hauses an der Bahnstrecke statt.

3.2. Vorbeifahrender Zug:

Der vorbeifliegende Zug wurde von der Vorderkante des ersten Wagens bis zur Hinterkante des letzten Wagens gemessen (die sechs Spezialwagens mit den CASTOR-Behältern waren zu diesem Zeitpunkt direkt hintereinander gekoppelt). Der Abstand zwischen den Gleisen und der Messposition betrug etwa 19 Meter.

Die Bestimmung der Entfernung erfolgte über den bekannten Abstand zwischen ‚Pressehaus‘ und Gleisen [HIRSCH 2001; HILD 2001], sowie durch Orientierung an aktuellen Gegebenheiten (Polizeifahrzeuge, Kamerapodeste etc.). Die Neutronen-sonde befand sich in einer Höhe von etwa 2,1 Meter, die Gammasonde war etwa 1,8 Meter über dem Boden.

Gemessen wurden über einen Zeitraum von 105 Sekunden 2,0 IPS Neutronen mit einer Messunsicherheit von 6,9% und eine mittlere Gammadosisleistung von 0,791 $\mu\text{Sv/h}$ mit einer Messunsicherheit größer 10 %.

3.3. Zug in 500 m Entfernung:

Von der unter 3.2. beschriebenen Messposition aus wurde die vom im Ostbahnhof Dannenberg stehenden Zug ausgehende Neutronenstrahlung gemessen. Die Entfernung des Zuges betrug nach Schätzungen eines Polizeisprechers sowie eines Vertreters von ROBIN WOOD e.V., der die Situation vom 1. Stock des Pressehauses aus überblickte, rund 500 m.

Es wurden fünf Messungen durchgeführt, die Werte im Bereich von 0,006 bis 0,010 IPS ergaben, bei einer Messunsicherheit von etwa 50%.

3.4. Wiese am Verladebahnhof:

In etwa 25 m Entfernung vom Zaun der Verladestation wurde während des Umladens von einer Wiese aus die Neutronenstrahlung gemessen. Die geschätzte Entfernung zu den CASTOR-Behältern betrug etwa 50 m. Gemessen wurden 0,26 IPS, bei einer Messunsicherheit von 16,4 %. Die Messzeit betrug 143 Sekunden.

Die Messzeit war von den Berichterstattern nicht frei gewählt worden; vielmehr musste die Messung nach der angegebenen Zeit wegen Intervention des BGS abgebrochen werden. Aus dem gleichen Grund konnte auch keine genaue Ermittlung der Entfernung vom Zaun vorgenommen werden.

3.5. Verladestation aus 150 m Entfernung:

Eine Messung konnte während des Verladens an der Kreuzung in der Nähe des ‚Pressehauses‘ (schräg gegenüber der Tankstelle) in ca. 150 m Entfernung von der Verladestation durchgeführt werden.

Gemessen wurden 0,015 IPS Neutronen über eine Messdauer von 1000 Sekunden. Es ergab sich eine Messunsicherheit von 25,9 %.

4. Diskussion der Messergebnisse:

4.1 Messwerte in größeren Entfernungen:

Die unter 3.3 bis 3.5 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Neutronenstrahlung der CASTOR-Behälter noch in relativ großen Entfernungen eine messbare Erhöhung des natürlichen Neutronenhintergrundes bewirkt.

In 500 m Entfernung dürfte allerdings die Grenze des Nachweisbaren erreicht sein. Angesichts der gegebenen Messunsicherheiten ist aus den genannten Werten eine geringe Erhöhung des Hintergrundes zwar noch abzuleiten (gestützt darauf, dass mehrere Messungen durchgeführt wurden, deren Ergebnisse in jedem Fall an der Obergrenze des natürlichen Hintergrundes bzw. darüber lagen). Diese Erhöhung ist allerdings zahlenmäßig nicht fassbar.

4.2 Messwerte in der Nähe des Zuges:

Aus dem während der Vorbeifahrt des Zuges gemessenen Wert für die Neutronenstrahlung wurde die Äquivalentdosisleistung nach Strahlenschutzverordnung ermittelt.

Dazu wurde der Messwert von 2 IPS mit dem dem Messgerät eigenen Kalibrierungsfaktor (zur Umrechnung von IPS in $\mu\text{Sv/h}$) von 1,27 multipliziert sowie, um die unter 2.3 genannte systematische Unterschätzung zu korrigieren, durch 0,85 dividiert. Es resultiert eine Dosisleistung von 3 $\mu\text{Sv/h}$.

Unter Berücksichtigung der Gammastrahlung ergibt sich insgesamt in 19 m seitlichem Abstand vom Zug ein Wert von rund 4 $\mu\text{Sv/h}$. Dies bestätigt weitgehend die Messergebnisse, die von der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) vor dem Transport veröffentlicht wurden [GRS 2001].

Die Strahlungswerte für einen Abstand von 2 m Entfernung vom Transportfahrzeug sind von besonderer Bedeutung, da in den Vorschriften für Gefahrguttransporte für diesen Abstand ein Grenzwert festgelegt ist (100 $\mu\text{Sv/h}$). Der oben genannte Messwert von 4 $\mu\text{Sv/h}$ kann unter Annahme, dass die Dosisleistung proportional dem

Kehrwert der Entfernung von den Behältern abnimmt ($1/r$ -Verhalten), auf 2 m umgerechnet werden. Diese Vereinfachung führt zu Ergebnissen, die auf jeden Fall etwas niedriger liegen als der tatsächliche Wert.

Die Umrechnung auf dieser Grundlage ergibt für 2 m Entfernung eine (etwas unterschätzte) Dosisleistung von etwa $38 \mu\text{Sv/h}$. Dieses Resultat ist mit den von GRS für diese Entfernung angegebenen Messwerten ($50 \mu\text{Sv/h}$) gut kompatibel.

Die Messwerte für Neutronenstrahlung vom November 2001 unterscheiden sich im übrigen nur geringfügig von jenen beim Transport im März 2001 [HIRSCH 2001].

Im Vergleich zum CASTOR-Transport nach Gorleben im Februar/März 1997 lässt sich dagegen – unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Abstände, in denen gemessen wurde – bei den im November 2001 transportierten Behältern erheblich stärkere Direktstrahlung feststellen. 1997 handelte es sich um vier Behälter mit abgebrannten Brennelementen, bei denen grundsätzlich von geringerer Neutronenstrahlung auszugehen ist, sowie um zwei Behälter mit hochradioaktiven Glaskokillen, die ebenfalls deutlich schwächer strahlten [HIRSCH 1998].

5. Ergebnisse bei anderer Bewertung der Neutronenstrahlung:

Die Angaben zur Dosisleistung in Abschnitt 4 sind keine rein physikalischen Messgrößen. In den genannten Kalibrierungsfaktor des Neutronenmessgerätes von 1,27 gehen Annahmen zur biologischen Wirksamkeit der Strahlung ein.

Konkret beruht dieser Faktor auf der Bewertung der Wirksamkeit von Neutronenstrahlung gemäß der gültigen deutschen Strahlenschutzverordnung. Diese Wirksamkeit wird (vereinfacht) durch einen sogen. Wichtungsfaktor beschrieben, der bei einem für CASTOR-Behälter typischen Neutronenspektrum lt. Strahlenschutzverordnung bei 15 liegt. (Gammastrahlung wird ein Wichtungsfaktor von 1 zugeordnet; ihre schädigende Wirkung ist also, auf die Energieeinheit bezogen, erheblich geringer als die von Neutronenstrahlung.)

Es gibt jedoch deutliche Anzeichen dafür, dass der nach Strahlenschutzverordnung ermittelte Wichtungsfaktor für Neutronen erheblich zu niedrig ist, die schädigende Wirkung von Neutronenstrahlung also erheblich größer ist, als offiziell angenommen.

Diese Aussage stützt sich zum einen auf die Ergebnisse neuerer Experimente an Zellkulturen und Tieren. Zum anderen wurde bei fliegendem Personal, das der Höhenstrahlung (die zu einem erheblichen Teil aus Neutronen besteht) verstärkt ausgesetzt ist, eine deutlich erhöhte Krebshäufigkeit festgestellt (siehe z.B. [BALLARD 2000; BOICE 2000]).

Nach dem neuesten Stand der Wissenschaft wäre dem entsprechend ein Wichtungsfaktor für Neutronenstrahlung von mindestens 75 anzunehmen [KUNI 2000]. Das bedeutet, dass die Neutronendosisleistung, ausgedrückt in Mikrosievert pro Stunde, fünfmal höher anzusetzen wäre.

Somit folgt für einen Abstand von 19 m eine Gesamtdosisleistung von ca. 16 $\mu\text{Sv/h}$. Dies kann beispielsweise mit dem Grenzwert verglichen werden, der nach Strahlenschutzverordnung für die Strahlenbelastung durch radioaktive Abgaben mit der Abluft eines Atomkraftwerkes gilt (300 μSv pro Jahr). Dieser Jahresgrenzwert wäre bereits nach 18 $\frac{3}{4}$ Stunden Aufenthalt in 19 m Entfernung von einem CASTOR-Zug erreicht.

Für die Dosisleistung in 2 m Entfernung ergibt sich ein Wert von über 200 $\mu\text{Sv/h}$, also mehr als das Doppelte des gefahrgutrechtlichen Grenzwertes. Schon wenn der Wichtungsfaktor für Neutronen lediglich auf 35 angehoben würde, wäre dieser Grenzwert nicht mehr eingehalten.

Literatur:

- BALLARD 2000 Ballard, T. et al.;
„Cancer incidence and mortality among flight personnel: a meta-analysis“;
Aviation, Space & Environmental Medicine 2000, 71, 216-224
- BOICE 2000 Boice, J.D. ;, M. Blettner, A. Auvinen ;
„Epidemiologic studies of pilots and aircrews“;
Health Phys. 2000, 79, 576-584
- BÖRST 2000 Börst, F.-M., A.Rimpler, H.Scheib;
„Strahlungsmessungen an Transport- und Lagerbehältern zur Beförderung von hochaktiven Glaskokillen aus der Wiederaufarbeitung und von bestrahlten Brennelementen“;
BfS-ET-32/00, Salzgitter 2000
- BUTTLER 2001 Buttler, W.;
Automess GmbH
E-Mail vom 2. April 2001
- EGG 1995 Neutronensonde LB 6411, Betriebsanleitung, EG&G Berthold 1995
- GRS 2001 Website der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit,
www.grs.de, eingesehen am 12.11.2001
- HEIMLICH 1997 Heimlich, F.H. (Hrsg.);
„Messungen im Neutronen- und Gamma-Strahlungsfeld eines beladenen Castor Ila-Behälters im Transportbehälterlager Gorleben und Vergleich der Messergebnisse für Neutronen mit Monte-Carlo-Rechnungen“;
BfS-ET-24/97, Salzgitter 1997
- HILD 2001 Hild, St.;
„Gamma-Dosisleistungsmessungen beim CASTOR-Transport März 2001“;
ROBIN WOOD e.V., 2001

- HIRSCH 1998 Hirsch, H.;
 „Neutronen-Messungen beim CASTOR-Transport 1997“;
 Vortrag auf dem Internationalen Kongress ‚Die Wirkung niedriger
 Strahlendosen‘ der Gesellschaft für Strahlenschutz e.V., Münster, 19.-
 21.03.1998 (Proceedings erschienen bei der Gesellschaft für
 Strahlenschutz e.V., Bremen, 2001)
- HIRSCH 2001 Hirsch, H.;
 „Messungen von Neutronen-Strahlung an Behältern vom Typ
 CASTOR HAW-20/28“;
 Bericht für Greenpeace, Hannover, 03.04.2001
- KUNI 2000 Kuni, H.;
 „Wichtungsfaktoren“;
 in: Strahlengefahr für Mensch und Umwelt, Berichte des Otto Hug
 Strahleninstitutes Nr. 21-22, April 2000
- SCHWARZ 2000 Schwarz, G.;;
 „Sicherheitsanalyse zur bestimmungsgemäßen Beförderung von
 radioaktiven Abfällen und bestrahlten Brennelementen in der Region
 Gorleben“;
 Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit, GRS-A-2814, August
 2000