

# Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Braunschweig und Berlin



## Kalibrierschein

Calibration certificate

Gegenstand:  
Object: Umschlossene radioaktive Strahlenquelle des Radionuklids  
Strontium-90 / Yttrium-90  
als Bestandteil des „Beta Sekundär Standard BSS2“

Hersteller:  
Manufacturer: Amersham Buchler GmbH & Co KG

Typ:  
Type: Sr-90 / SIRB4568 / 460 MBq

Kennnummer:  
Serial number: FU 992

Auftraggeber:  
Applicant: Amersham Buchler GmbH & Co KG,  
Gieselweg 1,  
D-38110 Braunschweig

Anzahl der Seiten:  
Number of pages: 10

Geschäftszeichen:  
Reference number: PTB-6.51-BSS2\_07.98

Kalibrierzeichen:  
Calibration mark: PTB-6.51-SR-FU992-07.98

Datum der Kalibrierung:  
Date of calibration: 30.06.1998

Im Auftrag  
By order Braunschweig, 22.07.1998

Bearbeiter:  
Examiner:

  
Dr. P. Ambrosi  
Regierungsdirektor

Siegel  
Seal





Dipl.-Phys. K. Helmstädter

## Meßgrößen:

### Hohlraum-Energiedosisleistung $\dot{D}_c(d)$ ;

erzeugt von der Betastrahlung des radioaktiven Stoffes in der Tiefe  $d$  eines Quaderphantoms der Abmessungen 300 mm x 300 mm x 150 mm aus weichteilgewebeäquivalentem Material der Dichte 1 g/cm<sup>3</sup>.

Die Hohlraum-Energiedosisleistung ist die Energiedosisleistung, die in einem luftgefüllten von beliebigem Material umgebenen Hohlraum in dessen Luftfüllung erzeugt wird, wenn die Bragg-Gray-Bedingungen eingehalten sind. Für dosimetrische Zwecke gilt gemäß ICRU [4] als Weichteilgewebe ein homogenes Material der Zusammensetzung (Massengehalt): 10,1 % Wasserstoff, 11,1 % Kohlenstoff, 2,6 % Stickstoff und 76,2 % Sauerstoff.

### Energiedosisleistung in Gewebe $\dot{D}_g(d)$ in der Tiefe $d$ ;

erhalten durch die Multiplikation von  $\dot{D}_c(d)$  mit dem Dosisumrechnungsfaktor  $s_{t,a}$ .

Der Faktor  $s_{t,a}$  ist gleich dem Verhältnis der über den spektralen Betateilchenfluß gemittelten Massen-Stoß-Bremsvermögen für Gewebe und Luft.

### Transmissionsfaktor $T(d)$ ;

berechnet für die Gewebetiefe  $d$  als der Quotient von  $\dot{D}_c(d)$  durch  $\dot{D}_c(0,07)$

## Meßbedingungen:

Die durch die Betastrahlung des radioaktiven Stoffes erzeugte Hohlraum-Energiedosisleistung  $\dot{D}_c(d)$  wurde mit der Primärnormal-Meßeinrichtung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt gemessen. Dabei wurde der in [1] beschriebene automatisierte Meßstand benutzt. Die zu der Maßeinrichtung gehörende Extrapolationskammer ist Bestandteil eines Quaderphantoms aus weichteilgewebeäquivalentem Material. Durch Abdecken des Eintrittsfensters mit verschiedenen Hostaphanfolien wird  $\dot{D}_c(d)$  in unterschiedlichen Tiefen  $d$  gemessen und der Wert für die Tiefe 0,07 mm durch Interpolation bestimmt. Die bestrahlte Oberfläche befindet sich im Abstand  $l_A$  von der Frontfläche des radioaktiven Stoffes. Die Halterung und die umgebende Luft leisten durch Streuung der Teilchen einen nicht näher ausgewiesenen Beitrag zu dem Wert von  $\dot{D}_c(d)$ . Der Boden, die Decke und die Seitenwände der Meßbox befinden sich in einem so großen Abstand von der Strahlenquelle, daß sie den Wert von  $\dot{D}_c(d)$  nicht verändern.

Die Messung erfolgte bei den klimatischen Bedingungen:

Luftdruck:	(100,0 bis 101,6) kPa
Temperatur:	293,15 K (20 °C)
Relative Luftfeuchtigkeit:	(43,4 bis 47,5) %
Meßzeitraum:	19.06. bis 01.07.1998

Die Meßwerte wurden bezüglich des radioaktiven Zerfalls auf das angegebene Referenzdatum unter der Annahme korrigiert, daß die Halbwertszeit  $(10513 \pm 4)$  Tage beträgt.

## Meßergebnisse:

Hohlraum-Energiedosisleistung $\dot{D}_c(0,07)$ :	$(106,7 \pm 1,2) \mu\text{Gy s}^{-1}$
Dosisumrechnungsfaktor $s_{t,a}$ :	$1,110 \pm 0,005$
Energiedosisleistung in Gewebe $\dot{D}_g(0,07)$ :	$(118,4 \pm 1,6) \mu\text{Gy s}^{-1}$

Transmissionsfaktor  $T(d)$ :

Gewebetiefe $d$ in mm	Transmissionsfaktor $T(d)$
0,00	$0,93 \pm 0,01$
0,02	$0,96 \pm 0,01$
0,04	$0,98 \pm 0,01$
0,05	$0,98 \pm 0,01$
0,07	$1,00 \pm 0,01$
0,10	$1,01 \pm 0,01$
0,20	$1,07 \pm 0,01$
0,50	$1,09 \pm 0,01$
1,00	$1,07 \pm 0,01$

Die angegebenen Meßwerte gelten für folgende Bedingungen:

Referenzdatum:	30.06.1998
Abstand $l_A$ :	11,0 cm
Ausgleichsfilter:	ohne Filter
Luftdruck:	101,3 kPa
Temperatur:	293,15 K (20 °C)
Relative Luftfeuchtigkeit:	45 %

## Meßunsicherheiten

Angegeben ist die erweiterte Meßunsicherheit, die sich aus der Standardmeßunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß dem „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“ (ISO, 1993) [2] ermittelt. Der Wert der Meßgröße liegt im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Werteintervall.

## Meßergebnisse:

Hohlraum-Energiedosisleistung $\dot{D}_c(0,07)$ :	$(32,8 \pm 0,4) \mu\text{Gy s}^{-1}$
Dosisumrechnungsfaktor $s_{t,a}$ :	$1,110 \pm 0,005$
Energiedosisleistung in Gewebe $\dot{D}_g(0,07)$ :	$(36,5 \pm 0,5) \mu\text{Gy s}^{-1}$

Transmissionsfaktor  $T(d)$ :

Gewebetiefe $d$ in mm	Transmissionsfaktor $T(d)$
0,00	$0,94 \pm 0,01$
0,02	$0,96 \pm 0,01$
0,04	$0,98 \pm 0,01$
0,05	$0,99 \pm 0,01$
0,07	$1,00 \pm 0,01$
0,10	$1,02 \pm 0,01$
0,20	$1,06 \pm 0,01$
0,50	$1,11 \pm 0,01$
1,00	$1,06 \pm 0,01$

Die angegebenen Meßwerte gelten für folgende Bedingungen:

Referenzdatum:	29.06.1998
Abstand $l_A$ :	20,0 cm
Ausgleichsfilter:	ohne Filter
Luftdruck:	101,3 kPa
Temperatur:	293,15 K (20 °C)
Relative Luftfeuchtigkeit:	45 %

## Meßunsicherheiten

Angegeben ist die erweiterte Meßunsicherheit, die sich aus der Standardmeßunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß dem „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“ (ISO, 1993) [2] ermittelt. Der Wert der Meßgröße liegt im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Werteintervall.

## Meßergebnisse:

Hohlraum-Energiedosisleistung $\dot{D}_c(0,07)$ :	$(9,4 \pm 0,1) \mu\text{Gy s}^{-1}$
Dosisumrechnungsfaktor $s_{t,a}$ :	$1,110 \pm 0,005$
Energiedosisleistung in Gewebe $\dot{D}_g(0,07)$ :	$(10,4 \pm 0,2) \mu\text{Gy s}^{-1}$
Transmissionsfaktor $T(d)$ :	

Gewebetiefe $d$ in mm	Transmissionsfaktor $T(d)$
0,00	$0,97 \pm 0,01$
0,02	$0,98 \pm 0,01$
0,04	$0,99 \pm 0,01$
0,05	$0,99 \pm 0,01$
0,07	$1,00 \pm 0,01$
0,10	$1,01 \pm 0,01$
0,20	$1,05 \pm 0,01$
0,50	$1,08 \pm 0,01$
1,00	$1,02 \pm 0,01$

Die angegebenen Meßwerte gelten für folgende Bedingungen:

Referenzdatum:	21.06.1998
Abstand $l_A$ :	30,0 cm
Ausgleichsfilter:	mit Sr-Filter
Luftdruck:	101,3 kPa
Temperatur:	293,15 K (20 °C)
Relative Luftfeuchtigkeit:	45 %

## Meßunsicherheiten

Angegeben ist die erweiterte Meßunsicherheit, die sich aus der Standardmeßunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß dem „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“ (ISO, 1993) [2] ermittelt. Der Wert der Meßgröße liegt im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Werteintervall.

## Meßergebnisse:

Hohlraum-Energiedosisleistung $\dot{D}_c(0,07)$ :	$(14,6 \pm 0,2) \mu\text{Gy s}^{-1}$
Dosisumrechnungsfaktor $s_{t,a}$ :	$1,110 \pm 0,005$
Energiedosisleistung in Gewebe $\dot{D}_g(0,07)$ :	$(16,2 \pm 0,3) \mu\text{Gy s}^{-1}$

Transmissionsfaktor  $T(d)$ :

Gewebetiefe $d$ in mm	Transmissionsfaktor $T(d)$
0,00	$0,94 \pm 0,01$
0,02	$0,96 \pm 0,01$
0,04	$0,98 \pm 0,01$
0,05	$0,99 \pm 0,01$
0,07	$1,00 \pm 0,01$
0,10	$1,02 \pm 0,01$
0,20	$1,06 \pm 0,01$
0,50	$1,09 \pm 0,01$
1,00	$1,04 \pm 0,01$

Die angegebenen Meßwerte gelten für folgende Bedingungen:

Referenzdatum:	20.06.1998
Abstand $l_A$ :	30,0 cm
Ausgleichsfilter:	ohne Filter
Luftdruck:	101,3 kPa
Temperatur:	293,15 K (20 °C)
Relative Luftfeuchtigkeit:	45 %

## Meßunsicherheiten

Angegeben ist die erweiterte Meßunsicherheit, die sich aus der Standardmeßunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß dem „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“ (ISO, 1993) [2] ermittelt. Der Wert der Meßgröße liegt im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Werteintervall.

## Meßergebnisse:

Hohlraum-Energiedosisleistung  $\dot{D}_c(0,07)$ :  $(5,16 \pm 0,06) \mu\text{Gy s}^{-1}$

Dosisumrechnungsfaktor  $s_{t,a}$ :  $1,110 \pm 0,005$

Energiedosisleistung in Gewebe  $\dot{D}_g(0,07)$ :  $(5,73 \pm 0,08) \mu\text{Gy s}^{-1}$

Transmissionsfaktor  $T(d)$ :

Gewebetiefe $d$ in mm	Transmissionsfaktor $T(d)$
0,00	$0,95 \pm 0,01$
0,02	$0,97 \pm 0,01$
0,04	$0,98 \pm 0,01$
0,05	$0,99 \pm 0,01$
0,07	$1,00 \pm 0,01$
0,10	$1,01 \pm 0,01$
0,20	$1,04 \pm 0,01$
0,50	$1,06 \pm 0,01$
1,00	$1,00 \pm 0,01$

Die angegebenen Meßwerte gelten für folgende Bedingungen:

Referenzdatum: 26.06.1998

Abstand  $l_A$ : 50,0 cm

Ausgleichsfilter: ohne Filter

Luftdruck: 101,3 kPa

Temperatur: 293,15 K (20 °C)

Relative Luftfeuchtigkeit: 45 %

## Meßunsicherheiten

Angegeben ist die erweiterte Meßunsicherheit, die sich aus der Standardmeßunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor  $k = 2$  ergibt. Sie wurde gemäß dem „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement“ (ISO, 1993) [2] ermittelt. Der Wert der Meßgröße liegt im Regelfall mit einer Wahrscheinlichkeit von annähernd 95 % im zugeordneten Werteintervall.

## Korrektionsfaktoren für Luftdruck und Temperatur und für Luftfeuchtigkeit bei der Berechnung der Energiedosisleistung in Gewebe an der Oberfläche des Phantoms

**Erläuterungen:** Die Energiedosisleistung in Gewebe im Phantom wird durch die Absorption und Streuung der  $\beta$ -Strahlen in der Luft zwischen Präparat und Phantomboberfläche beeinflusst. Die Korrektur bezüglich des Luftdrucks  $p$  und der Temperatur  $T$  erfolgt durch den Korrektionsfaktor  $K_{\text{Luft}}$ , der nur vom Quotienten  $p/T$  abhängt, die Korrektur bezüglich der relativen Luftfeuchtigkeit  $r$  durch den Korrektionsfaktor  $K_{\text{Feucht}}$ . Die Bezugsbedingungen für die Meßwerte sind:

Luftdruck:	$p = 101,3 \text{ kPa}$
Temperatur:	$T = 293,15 \text{ K (20 °C)}$
Relative Luftfeuchtigkeit:	$r = 0,45$

Bei den Bezugsbedingungen sind die Korrektionsfaktoren  $K_{\text{Luft}}$  und  $K_{\text{Feucht}}$  gleich 1,000.

### Korrektionsfaktoren:

In der folgenden Tabelle sind die Korrektionsfaktoren für bestimmte Nenngebrauchsbereiche der Einflußgrößen  $p/T$ ,  $T$  und  $r$  wiedergegeben. Die  $K_{\text{Luft}}$ -Werte wurden bei verschiedenen Luftdrücken experimentell ermittelt; die  $K_{\text{Feucht}}$ -Werte basieren auf Rechnungen, die die Abhängigkeit der Luftdichte vom Wasserdampfgehalt berücksichtigen [3]. Die angegebenen Meßunsicherheiten sind absolute Standardmeßunsicherheiten. Bei Benutzung der Quellen außerhalb der Nenngebrauchsbereiche ist mit größeren Standardmeßunsicherheiten zu rechnen.

Korrektionsfaktor	Nenngebrauchsbereiche für			Wert der Korrektionsfaktoren für Betastrahlung des Nuklids $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$
	$p/T$ in kPa/K	$T$ in K	$r$	
$K_{\text{Luft}}$	0,340 bis 0,350	291 bis 295	0 bis 1	$1,000 \pm 0,005$
$K_{\text{Feucht}}$	0,340 bis 0,350	291 bis 295	0 bis 1	$1,000 \pm 0,005$

## Bemerkungen:

1. Die Kalibrierungen der Sr-90 Strahlenquelle erfolgten für den Abstand 30 cm sowohl mit dem der Strahlenquelle zugeordneten Sr-Ausgleichsfilter als auch ohne dieses und für die Abstände 11 cm, 20 cm und 50 cm generell ohne Verwendung des Ausgleichsfilters.
2. Die Strahlenquelle wurde in einem baugleichen "Beta-Sekundär-Standard BSS 2" eingesetzt und auf den erforderlichen Kalbrierabstand einjustiert.
3. Die Kalibrierung erfolgte bei senkrechtem Strahleneinfall auf das Plattenphantom. Für die Bestimmung der Dosisleistungen bei schrägem Einfall und für die Verwendung eines Zylinder- oder Stabphantoms sind Konversionsfaktoren für den Winkel und für die Art des Phantoms zu verwenden.
4. Die Berechnung von  $\dot{D}_g(0,07)$  erfolgte gemäß der Formel (6) für  $\dot{D}_t$  in dem PTB-Bericht PTB-Dos-13 [3]. Die in der Formel (6) enthaltenen Konstanten (wie z.B.  $s_{t,a}$ ) hatten die in der Tabelle 7 in [3] angegebenen Werte.

## Literaturhinweise:

- [1] Drake, K.-H. und Böhm, J.: Automatisierter Meßstand für die Dosimetrie von Betastrahlung. PTB-Bericht PTB-Dos-19, ISSN 0172-7095, 1990.
- [2] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO, ISBN 92-67-10188-9, 1993.
- [3] Böhm, J.: The National Primary Standard of the PTB for Realizing the Unit of the Absorbed Dose Rate to Tissue for Beta Radiation. PTB-Bericht PTB-Dos-13, ISSN 0172-7095, 1986.
- [4] International Commission on Radiation Units and Measurements: Radiation Quantities and Units ICRU Report 33, ICRU Publications, Bethesda, MD, 1980.
- [5] Owen, B.: The Beta Calibration of Radiation Survey Instruments at Protection Levels. Phys.Med.Biol. 17, S. 175-186, 1972.
- [6] Böhm, J.: Standardization and Calibration in Beta Dosimetry. Proc. Int. Beta Dosimetry Symposium, Report NUREG/CP-0050 publ. by US Nuclear Regulatory Commission, Washington, D.C. 20555, S. 73-96, 1984.
- [7] Böhm, J.: Exchange of Sources, Beam Flattening Filters and Jigs of a Secondary Standard for Absorbed Dose Rates of Beta Radiation. PTB Mitt. 5, S. 317-319, 1986.
- [8] ICRU (1993). International Commission on Radiation Units and Measurements, *Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry*. ICRU Report 51, ICRU Publications, Bethesda, MD.
- [9] ISO (1996). International Standards Organisation, *Reference Beta Radiations for Calibrating Dosemeters and doserate Meters and for Determining their Response as a Function of Beta Radiation Energy* - ISO International Standard ISO/DIS 6980.
- [10] Francis, T.M., Böhm, J., Chartier, J.-L. and Christensen, P. *Experience gained on extrapolation chamber measurement techniques from an intercomparison exercise conducted with a  $^{147}\text{Pm}$  source*. Radiat. Prot. Dosim. 39, (1/3), 109-114 (1991)

**Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** in Braunschweig und Berlin ist das natur- und ingenieurwissenschaftliche Staatsinstitut und die technische Oberbehörde der Bundesrepublik Deutschland für das Meßwesen und Teile der Sicherheitstechnik. Die PTB gehört zum Dienstbereich des Bundesministeriums für Wirtschaft. Sie erfüllt die Anforderungen an Kalibrier- und Prüflaboratorien sowie an Zertifizierungs- und Akkreditierungsstellen auf der Grundlage der Normen der Reihe DIN EN 45000 bzw. der relevanten ISO/IEC-Leitfäden.

Zentrale Aufgabe der PTB ist es, die gesetzlichen Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI) darzustellen, zu bewahren und - insbesondere im Rahmen des gesetzlichen und industriellen Meßwesens - weiterzugeben. Die PTB steht damit an oberster Stelle der metrologischen Hierarchie in Deutschland. Kalibrierscheine der PTB dokumentieren die Rückführung des Kalibriergegenstandes auf nationale Normale.

Zur Sicherstellung der weltweiten Einheitlichkeit der Maße arbeitet die PTB mit anderen nationalen metrologischen Instituten auf regionaler europäischer Ebene in EUROMET und auf internationaler Ebene im Rahmen der Meterkonvention zusammen. Das Ziel wird durch einen intensiven Austausch von Forschungsergebnissen und durch umfangreiche internationale Vergleichsmessungen erreicht.

**The Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)** in Braunschweig and Berlin is the national institute for science and technology and the highest technical authority of the Federal Republic of Germany for the field of metrology and certain sectors of safety engineering. The PTB comes under the auspices of the Federal Ministry of Economics. It meets the requirements for calibration and testing laboratories, certification and accreditation bodies as defined in the EN 45000 series of standards and the relevant ISO/IEC guides.

It is the fundamental task of the PTB to realize and maintain the legal units in compliance with the International System of Units (SI) and to disseminate them, above all within the framework of legal and industrial metrology. The PTB thus is on top of the metrological hierarchy in Germany. Calibration certificates issued by it document that the object calibrated is traceable to national standards.

To ensure worldwide coherence of measures, the PTB cooperates with other national metrology institutes within EUROMET on the regional European level and on the international level within the framework of the Metre Convention. The aim is achieved by an intensive exchange of results of research work carried out and by comprehensive international comparison measurements.