

Kalibrier- und Bestrahlungsleistungen

Die VacuTec Meßtechnik GmbH betreibt für die Entwicklung und Fertigung von Strahlungsdetektoren ein Kalibrierlabor mit metrologisch genau spezifizierten Photonenstrahlungsmessstrecken. Das Kalibrierlabor verfügt über zwei Nuklid-Bestrahlungsanlagen - eine Hochdosis-Messstrecke (HDM) und eine Niederdosis-Messstrecke (NDM) - mit Cs-137 und Co-60 Quellen unterschiedlicher Quellstärke, sowie eine Röntgenanlage vom Typ YXLON MG325 (320 kV, 4,5 kW) mit Filtersätzen zur Erzeugung von Röntgenspektren präzise definierter Strahlenqualitäten. Die Photonenstrahlungsmessstrecken werden mit kalibrierten und geeichten Referenznormalen ausgemessen, deren absolute Nachweisempfindlichkeit in regelmäßigen Abständen für die verschiedenen Strahlungsqualitäten mit zertifizierter Rückverfolgbarkeit zum Primärstandard überwacht wird (aktuelle Eichung vom Jan. 2014 an der PTB Braunschweig). Der Grundriss des Kalibrierlabors ist in Abb.1 dargestellt, Abb.2 zeigt einen Blick auf die Röntgenanlage und die Hochdosismessstrecke.

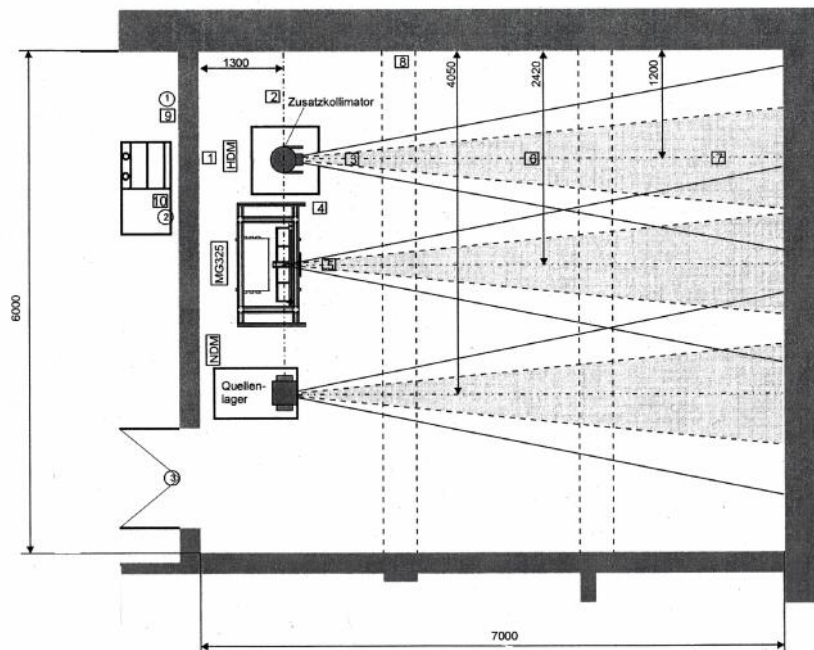


Abb.1: Grundriss des Kalibrierlabors der VacuTec Meßtechnik GmbH

Zur Bestrahlung können die Proben streuarm in freier Luft positioniert werden. Die Variation der Photonenflussdichte (bzw. Dosisleistung) erfolgt durch Abstandspositionierung eines Messtisches auf einer 5 m langen Linearachse mittels Schrittmotor; es sind Distanzen zwischen

Quelle und Probe von 30-60 cm bis 4-5 m nutzbar. Der Messtisch besitzt Bohrungen und Nuten für die Aufnahme des Messobjektes und ist mit einem Schrittmotor um die vertikale Achse drehbar. Zur genauen Justierung des Messobjektes können die Zentralachsen der kollimierten Strahlenbündel und die Abstandspositionen mit Laserstrahlen angezeigt werden.



Abb.2: Blick in das Kalibrierlabor der VacuTec Meßtechnik GmbH

Nutzungsmöglichkeiten

Die Photonenfelder sind geeignet für:

- Prüfungen und Kalibrierungen von Photonendetektoren mit Röntgen- und Gammastrahlung im Energiebereich von 12 keV (N-15) bis zu 1,17 MeV bzw. 1,33 MeV (Co-60)
- Prüfungen und Kalibrierungen von Strahlenschutz-Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten
- Prüfungen und Kalibrierungen von Diagnostik-Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten zur Messung im Nutzstrahlenbündel diagnostischer Röntgenanlagen
- Definierte Bestrahlung von Materialien

Einheiten

Die Photonenstrahlungsmessstrecken werden mit kalibrierten und geeichten Ionisationskammern ausgemessen, deren absolute Nachweisempfindlichkeit in regelmäßigen Abständen für die verschiedenen Strahlungsqualitäten überwacht wird. Messgrößen sind Luft-Kerma (K_a) bzw. Luft-Kermaleistung (dK_a/dt) in den SI-Einheiten Gy bzw. Gy/h. Umrechnungen in die Photonenflussdichte oder andere Dosisleistungen erfolgen auf der Basis der bekannten Konversionsfaktoren. Standardmäßig werden die Ergebnisse der Messungen angegeben als:

- Luft-Kermaleistung (dK_a/dt) in der SI-Einheit: Gy/h
- Umgebungs-Äquivalentdosisleistung ($dH^*(10)/dt$) in der SI-Einheit: Sv/h
- Photonenflussdichte (d/dt) in der Einheit: Photonen/(cm²xs)

Bei Bedarf können Umrechnungen auch in andere Dosisleistungs-Einheiten vorgenommen werden: Die Standard-Ionendosisleistung (dJ_S/dt), früher auch Expositions-dosisleistung (engl. „exposure rate“) genannt, berechnet sich (in der veralteten Einheit Röntgen/h bzw. R/h) aus der Luft-Kermaleistung (dK_a/dt) multipliziert mit dem konstanten Faktor 114,1 R/Gy. Die nicht mehr übliche Photonen-Äquivalentdosisleistung (dH_x/dt) (in der Einheit Sv/h) erhält man für Photonenenergien ≥ 3 MeV aus der Multiplikation von (dK_a/dt) mit dem Faktor 1,141 Sv/Gy.

Dosisleistungsbereiche bei der Bestrahlung mit Cs-137 und Co-60

Durch Variation des Abstandes zwischen Probe und Quelle und Verwendung von Radionukliden verschiedener Quellstärke werden in den Messungen an der HDM und NDM folgende Dosisleistungsbereiche erfasst (Stand: 2015):

- 662 keV (Cs-137): 1 μ Gy/h – 450 mGy/h
- 1,17 MeV bzw 1,33 MeV (Co-60): 1 μ Gy/h – 0,9 mGy/h.

Bei einer Messstreckenlänge bis maximal 5 m und der Öffnung der Strahlenkonen (hier definiert als Radius der Querschnittsfläche) pro Abstandslänge von ± 5 cm/m (HDM) und ± 13 cm/m (NDM) (bei Abfall der Dosisleistung am Rande des Konus auf 98% des Wertes im Zentrum) bzw. ± 11 cm/m (HDM) und ± 17 cm/m (NDM) (bei Abfall auf 50%) ergibt sich der in Abb.3-4 angegebene Nutzbereich als Funktion der Objektgröße.

Abhängig von der Positionierung der Probe und der verwendeten Nuklidquelle sind die Dosisleistungen entlang der Messstrecken relativ zum Referenznormal mit einer Unsicherheit*) von 1-3% bestimmt worden. Die absolute Nachweisempfindlichkeit der zur Kalibrierung der Messstrecken verwendeten Ionisationskammern wurde an der PTB Braunschweig mit Unsicherheiten*) von 0,8% (Co-60) und 1,2% (Cs-137) gemessen und zertifiziert.

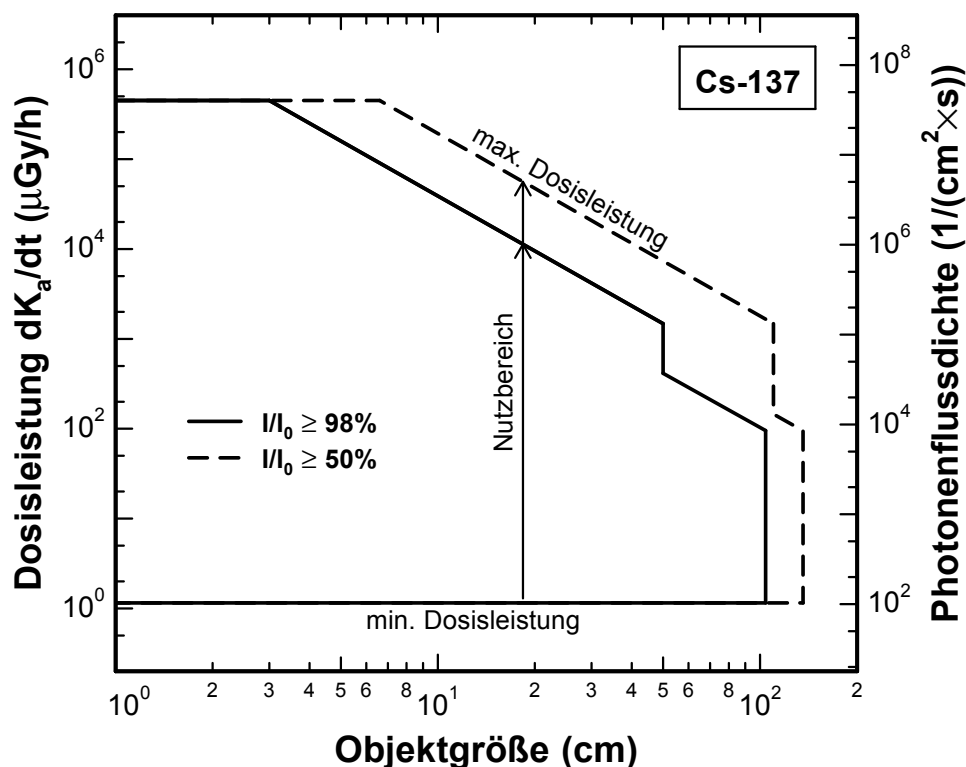


Abb.3: Verfügbarer Nutzungsbereich für eine gegebene Objektgröße auf den Cs-137-Messstrecken. Durchgehende Kurve: mit Abfall der Dosisleistung auf 98%, unterbrochene Kurve: mit Abfall auf 50%. Der Sprung in den Kurven resultiert aus den unterschiedlichen Konusbreiten an der HDM und der NDM.

*) Die Fehlerangaben beziehen sich auf die erweiterte Messunsicherheit, d.h. auf die Standardmessunsicherheit mit einem Erweiterungsfaktor von $k=2$. Das entspricht einer Überdeckungswahrscheinlichkeit (einem Vertrauensbereich) von etwa 95%.

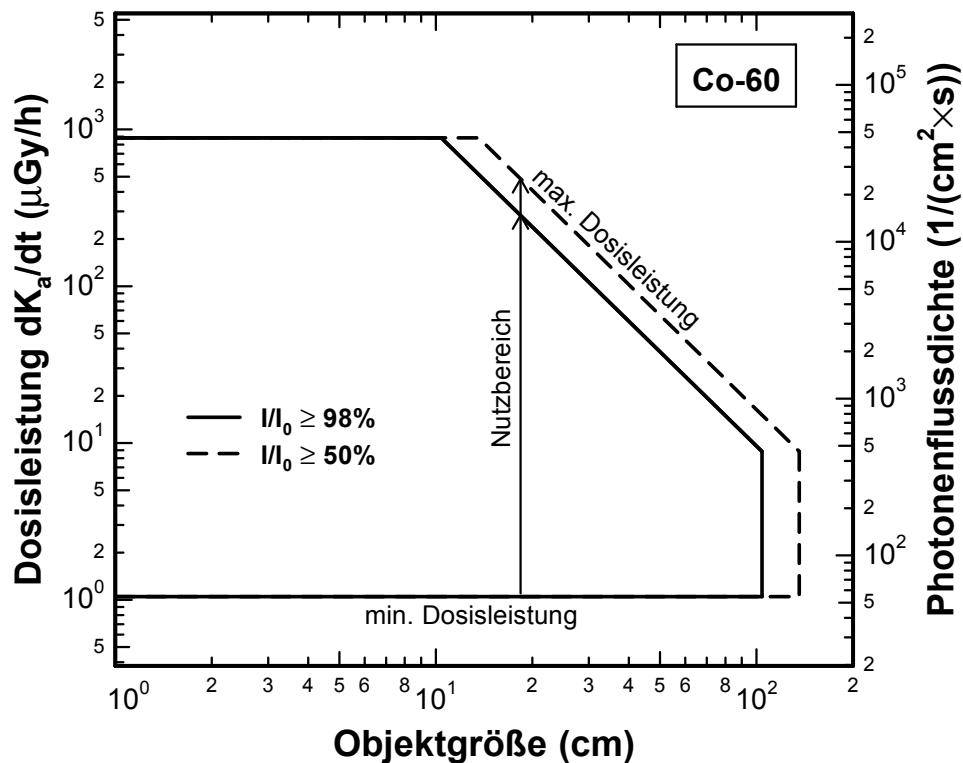


Abb.4: Verfügbarer Nutzungsbereich für Co-60 an der NDM. Durchgehende Kurve: mit Abfall der Dosisleistung auf 98%, unterbrochene Kurve: mit Abfall auf 50%.

Strahlenqualitäten und Dosisleistungsbereiche an der Röntgenanlage

An der Röntgenanlage sind folgende Strahlenqualitäten verfügbar:

- für die Prüfung und Kalibrierung von Strahlenschutz-Dosimetern mit Photonenstrahlung (N-Serie mit starker Filterung nach Norm ISO 4037-1):

N-15, N-20, N-25, N-30, N-40, N-50, N-60, N-70, N-80, N-100, N-120, N-150, N-200, N-250, N-300

- für die Prüfung und Kalibrierung von Diagnostik-Dosimetern nach den RQR- und RQA-Serien gemäß Norm IEC 61267:

RQR 2, RQR 3, RQR 4, RQR 5, RQR 6, RQR 7, RQR 8, RQR 9, RQR 10
 RQA 2, RQA 3, RQA 4, RQA 5, RQA 6, RQA 7, RQA 8, RQA 9, RQA 10.

Mit der Öffnung des Strahlenkonus von $\pm 5,5$ cm/m (bei Abfall der Dosisleistung auf 98%) bzw. $\pm 8,5$ cm/m (bei Abfall auf 50%) ergeben sich die Nutzbereiche der Dosisleistung als Funktion der Objektgröße. Stellvertretend werden die Ergebnisse für ausgewählte Strahlenqualitäten in den Abb.5-7 dargestellt.

Zur Monitorierung der Röntgenstrahlung stehen geeichte Ionisationskammern zur Verfügung, deren absolute Nachweisempfindlichkeit für die oben aufgeführten Strahlenqualitäten der Serien N, RQR und RQA mit typischen Unsicherheiten*) von 0,8% an der PTB Braunschweig gemessen und zertifiziert wurde.

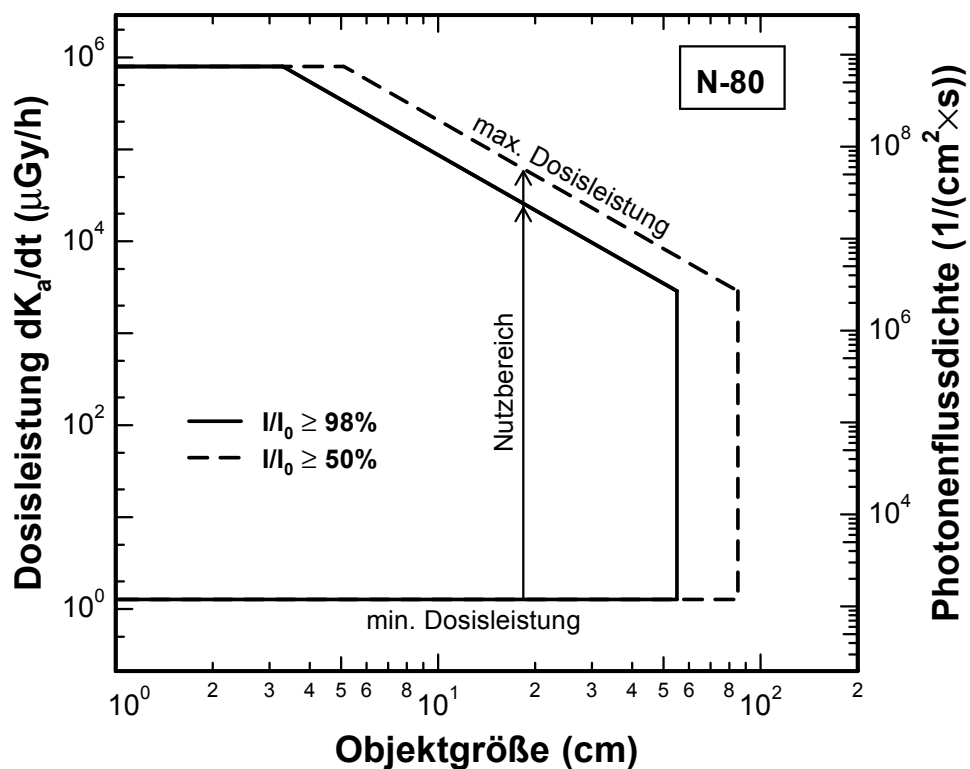


Abb.5: Verfügbarer Nutzungsbereich für die Strahlenqualität N-80. Durchgehende Kurve: mit Abfall der Dosisleistung auf 98%, unterbrochene Kurve: mit Abfall auf 50%. Für kleine Objekte der Größe 3,5 cm reicht der nutzbare Dosisleistungsbereich von 1,3 $\mu\text{Gy/h}$ bis 0,8 Gy/h.

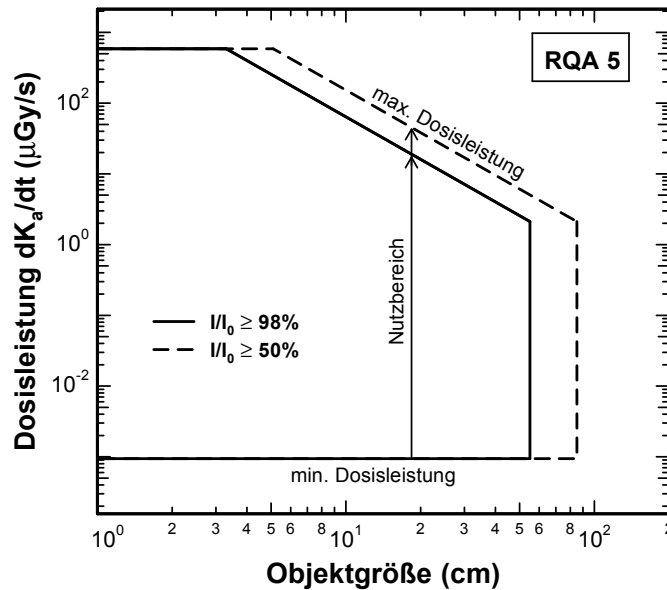


Abb.6: Verfügbarer Nutzungsbereich für die Strahlenqualität RQA 5. Durchgehende Kurve: mit Abfall der Dosisleistung auf 98%, unterbrochene Kurve: mit Abfall auf 50%. Für kleine Objekte der Größe 3,5 cm reicht der nutzbare Dosisleistungsbereich von 1 nGy/s bis 0,6 mGy/s.

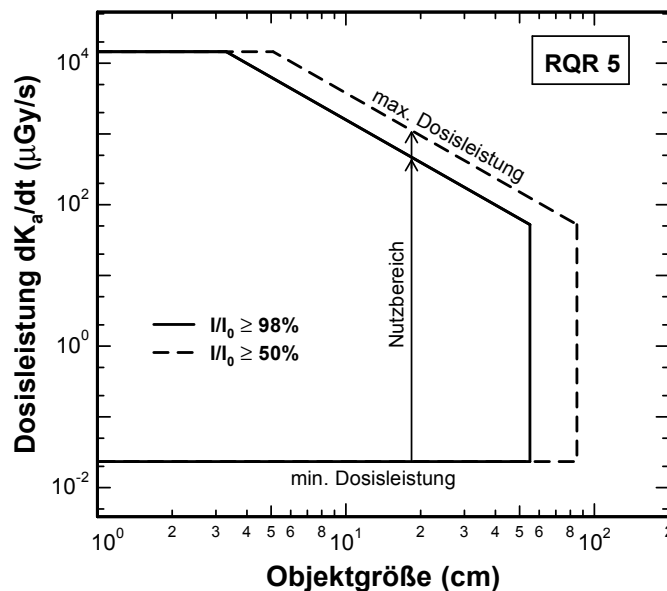


Abb.7: Verfügbarer Nutzungsbereich für die Strahlenqualität RQR 5. Durchgehende Kurven: mit Abfall der Dosisleistung auf 98%, unterbrochene Kurven: mit Abfall auf 50%. Für kleine Objekte der Größe 3,5 cm reicht der nutzbare Dosisleistungsbereich von 25 nGy/s bis 15 mGy/s.