Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

Dosimetrie von b-Strahlung, Konversionselektronenstrahlung und niederenergetischer Photonenstrahlung in Kernkraftwerken

Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Verabschiedet in der 119. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 2. September 1993
Veröffentlicht in: – Bundesanzeiger Nr. 46 vom 8. März 1994
– Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 31

Inhaltsverzeichnis

1 Vorbemerkung 3

2 Strahlenschutzplanung 3

3 Nuklidzusammensetzung von Betastrahlern 3

4 Ortsdosisleistungsmessung 4

5 Beurteilung der Meßergebnisse 5

6 Personendosimetrie 8

7 Radioaktive Edelgase 10

8 Ermittlung der Teilkörperdosis 10

9 Aufzeichnung 12

10 Begriffsbestimmungen 14

11 Literatur 16

1 Vorbemerkung

Diese Empfehlung gilt für die Orts- und Personendosimetrie in Kernkraftwerken. Sie bezieht sich auf β^--Strahlung, β^+-Strahlung und Konversionselektronenstrahlung sowie auf Photonenstrahlung mit Energien unterhalb von 10 keV bei äußerer Exposition.

Die aufgeführten Strahlenarten haben im menschlichen Körper eine geringe Eindringtiefe. In Kernkraftwerken trägt hiervon vor allem β^--Strahlung zur Körperdosis bei. Deswegen wird, obwohl die Empfehlung alle aufgeführten Strahlungen berücksichtigt, im folgenden vereinfachend nur von β-Strahlung gesprochen.

β-Strahlung ist dann zu berücksichtigen, wenn mit unabgeschirmten, offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird. Die vorliegende Empfehlung beschreibt das Vorgehen bei der Strahlenschutzplanung und -überwachung sowie die anzuwendenden Meß- und Ermittlungsverfahren.

2 Strahlenschutzplanung

In der Nähe offener radioaktiver Stoffe, z. B. in kontaminierten oder aktivierten Bereichen, an Innenflächen von Anlagenteilen oder Systemkomponenten oder an Werkzeugen, ist β-Strahlung zu erwarten. Sie ist daher bei der Strahlenschutzplanung zu berücksichtigen.

Durch Kontamination oder Aktivierung hervorgerufene β-Strahlenfelder können erheblichen zeitlichen und örtlichen Änderungen unterliegen. In der Regel ist aus der betrieblichen Erfahrung bekannt, wo Kontaminationen auftreten können. Angaben zu β-Strahlenfeldern in Kernkraftwerken enthalten die Berichte /1/ und /2/.

3 Nuklidzusammensetzung von Betastrahlern

Die durch β-Strahlung erzeugte Körperdosis hängt von der Ortsdosisleistung, der Energieverteilung der Strahlung, der Aufenthaltszeit am Ort der Exposition und der Bestrahlungsgeometrie ab. Aussagen über die Energie der β-Strahlung erhält man, wenn die Zusammensetzung der Radionuklide in den radioaktiven Stoffen bekannt ist. Daher ist die Radionuklidzusammensetzung zu ermitteln.

Die Zusammensetzung wird ermittelt durch radiochemische Analyse, Direktmessung mit γ-Spektrometern an Oberflächen oder Auswertung von Wisch- oder Kratzproben. Die Radionuklidzusammensetzung kann zeitlichen und örtlichen Änderungen unterliegen.

Anmerkung: Wischproben allein ergeben nicht immer das vollständige Radionuklidspektrum, insbesondere nicht bei festhaftender Kontamination.

Bei der Bestimmung der Radionuklidzusammensetzung müssen alle Radionuklide erfaßt werden, die einen nennenswerten Beitrag zur β-Dosis leisten.

Anmerkung: β-Strahler mit großer Maximalenergie (z. B. Sb-124 mit $E_{\beta max}$ = 2,3 MeV) können selbst bei einem geringen Anteil am Radionuklidgemisch merklich zur Körperdosis beitragen.

4 Ortsdosisleistungsmessung

Zur Festlegung von Strahlenschutzmaßnahmen ist grundsätzlich die β-Dosisleistung zu messen.

Bei β-Strahlung gilt als Ortsdosisleistung der Meßwert eines Ortsdosimeters, das zur Messung der Energiedosisleistung in Weichteilgewebe in einem halbunendlich ausgedehnten, weichteilgewebeäquivalenten Körper der Dichte 1 g cm^{-3} in einer Tiefe von 0,07 mm kalibriert ist, multipliziert mit dem Faktor 1 Sv Gy^{-1} /3/.

Durch β-Strahlung können die Haut, die Augenlinsen und die Testes exponiert werden. Kritisches Gewebe für die Haut ist die Basalschicht der Epidermis. Dafür wird eine Hauttiefe von 0,07 mm vereinbart. Die Ortsdosisleistungsmessung muß sich auf diese Gewebetiefe beziehen.

Anhand der Meßergebnisse der β-Ortsdosisleistung $\dot{H}_b$ (evtl. unter Schutzkleidung) wird beurteilt, ob nach 6 zusätzlich ein Teilkörperdosimeter zu tragen ist.

Sofern auch γ-Strahlung zur Dosis beiträgt, ist zur Bestimmung der β-Ortsdosisleistung eine Differenzmessung vorzunehmen. Es werden die durch β- und γ-Strahlung erzeugte Ortsdosisleistung $\dot{H}$ und die γ-Ortsdosisleistung $\dot{H}_g$ gemessen. Die β-Dosisleistung $\dot{H}_b$ ist dann gleich

$$\dot{H}_b = \dot{H} - \dot{H}_g.$$

4.1 Dosimeter

Zur Ermittlung der Ortsdosisleistung $\dot{H}$ sind vor allem Dosimeter mit dünnwandiger Ionisationskammer geeignet. Dabei kann die Ionisationskammer noch zusätzlich mit einer Kappe versehen werden, die der üblicherweise getragenen Schutzkleidung (z. B. 50 mg cm^{-2} entsprechend der flächenbezogenen Masse der Kombination aus Gummi- und Stoffhandschuh) entspricht. Zur Messung der γ-Ortsdosisleistung $\dot{H}_g$kann die Ionisationskammer mit einer Kappe hinreichender Wandstärke (Richtwert für die flächenbezogene Masse 1 g cm^{-2}) abgedeckt werden.

Zur Bestimmung der Ortsdosisleistung $\dot{H}$ sind auch Dosimeter mit anderen Detektoren, z. B. mit Halbleiterdetektoren /6/ geeignet. Dosimeter mit einem Geiger-Müller-Zählrohr sind zur Bestimmung der Ortsdosisleistung in einem gemischten β-γ-Strahlenfeld ungeeignet.

Dosimeter mit Ionisationskammer messen die über das Volumen der Kammer gemittelte Dosisleistung. Bei Messungen in wenigen Zentimetern Abstand von der kontaminierten Oberfläche hängt das Meßergebnis infolge des Feldgradienten von der Größe der Ionisationskammer ab. Die Dosisleistung kann bei Verwendung einer großvolumigen Ionisationskammer (Kammervolumen ca. 500 cm^3) in der Nähe einer kontaminierten Oberfläche um einen Faktor 5 bis 10 (in Extremfällen noch mehr) unterschätzt werden. Die Größe dieses Faktors hängt vom Abstand, von der Fläche der Kontamination und von der Energie der β-Strahlung ab. Kleinvolumige Ionisationskammern sind daher zu bevorzugen.

Dosimeter für β-Strahlung unterliegen nicht der Eichpflicht.

4.2 Meßort

Der Meßort muß für die Expositionsbedingungen des Überwachten repräsentativ sein, d. h. er ist dementsprechend zu wählen. Ist es unvermeidlich, kontaminierte Gegenstände mit den Händen zu berühren, so ist sowohl nahe der Oberfläche (ca. 1 cm Abstand) als auch in üblicher Arbeitsentfernung des Körpers (ca. 30 cm Abstand) zu messen. Werden Werkzeuge benutzt, dann sollte in dem durch diese vorgegebenen Abstand gemessen werden.

4.3 Ausnahmen vom Erfordernis der Messung

Die Messung der β-Ortsdosisleistung ist nicht erforderlich, wenn die β-Strahlung keinen wesentlichen Beitrag zur Körperdosis liefert, zum Beispiel, wenn die Schutzkleidung zur Abschirmung der β-Strahlung ausreicht (siehe 5).

5 Beurteilung der Meßergebnisse

Die ermittelten β-Ortsdosisleistungen müssen hinsichtlich ihres Beitrages zur Körperdosis bewertet werden. Dabei ist die Energie der Strahlung zu berücksichtigen.

Bei der Beurteilung müssen mögliche Expositionen

– der Hände, Unterarme, Füße, Unterschenkel und Knöchel einschließlich der dazugehörigen Haut,
– der sonstigen Haut,
– der Augenlinsen und
– der Testes

berücksichtigt werden. Nur in seltenen Ausnahmefällen spielen Expositionen der Augenlinsen und der Testes eine Rolle (siehe 6.3 und 6.4). Bei den Extremitäten und bei der sonstigen Haut wird der Beurteilung die Dosis in 0,07 mm Hauttiefe an derjenigen Stelle der Körperoberfläche zugrundegelegt, an der der höchste Wert dieser Dosis zu erwarten ist.

Anhand der Energieverteilung der β-Strahlung bzw. der Radionuklidzusammensetzung und der gemessenen Ortsdosisleistung muß beurteilt werden, ob bei der beabsichtigten Tätigkeit

– die β-Strahlung durch die Schutzkleidung hinreichend geschwächt wird,
– die β-Strahlung mit einem Personendosimeter gemessen werden muß und
– zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

Bei der Beurteilung der Schwächung der β-Strahlung durch die Schutzkleidung lassen sich zwei Fälle unterscheiden:

a) Die Kontamination besteht fast ausschließlich aus Radionukliden, die β-Strahlen mit niedriger Maximalenergie aussenden (obere Grenze 320 keV, Beispiele entsprechender Radionuklide in Tabelle 1). In diesem Fall ist eine Erfassung der durch β-Strahlen hervorgerufenen Dosen nicht erforderlich, sofern Schutzkleidung getragen wird, welche die β-Strahlung ausreichend schwächt. An den Händen wird dies durch gleichzeitiges Tragen von Stoff- und Gummihandschuhen mit einer flächenbezogenen Masse von

50 mg cm^{-2} erreicht. Falls der Rumpf mehr als 30 cm von der Strahlenquelle entfernt ist, reicht ein Overall mit einer flächenbezogenen Masse von 10 mg cm^{-2} aus.

Tab. 1: Beispiele für Radionuklide[*)], deren b- oder K-Strahlung durch Schutzkleidung hinreichend geschwächt wird.

Nuklid	Halbwertszeit	Zerfallsart	Energie der β- oder K-Strahlung	γ-Strahlung
C-14	5.730 a	β^-	$E_{\beta max}$ = 156 keV	–
Cr-51	27,7 d	K-Einfang	K-Strahlung: 4,95 bis 5,43 keV	320keV
Mn-54	312,5 d	K-Einfang	K-Strahlung: 5,40 bis 5,95 keV	835 keV
Co-60	5,27 a	β^-	$E_{\beta max}$ = 318 keV[**)]	1.173 keV und 1.332 keV
Ni-63	96 a	β^-	$E_{\beta max}$ = 66 keV	–

*) Das Nuklid H-3 wird nicht aufgeführt, da es wegen der kleinen β-Maximalenergie keinen Beitrag zur externen Strahlenexposition liefert.

**) Die in $8 \cdot 10^{-2}$ % aller Zerfälle ausgesandte β-Strahlung mit einer Maximalenergie von 1491 keV wird vernachlässigt.

b) Die Kontamination besteht ganz oder teilweise aus Radionukliden, die β-Strahlung höherer Energie ($E_{\beta max}$ > 320 keV) aussenden. In diesem Fall wird die bei einer Tätigkeit zu erwartende β-Teilkörperdosis einer Person mit Hilfe der β-Dosisleistung und der Arbeitszeit und unter Berücksichtigung der Schwächung durch die Schutzkleidung abgeschätzt. Die Schwächung kann durch Messung oder mit Hilfe von Abb. 1 ermittelt werden. Bei den Kurven in Abb. 1 handelt es sich um Richtwerte, welche die Schwächung durch die Schutzkleidung überschätzen, wenn die Kontamination zu einem auch nur geringen Aktivitätsanteil (ca. 2%) β-Strahler hoher Maximalenergie enthält. Die Abschätzung der zu erwartenden β-Teilkörperdosis dient zur Beurteilung, ob die β-Strahlung mit einem Personendosimeter gemessen werden muß (siehe 6) oder ob weitere Schutzmaßnahmen (z. B. Verbesserung des Arbeitsablaufs, Beschränkung der Aufenthaltszeit) erforderlich sind.

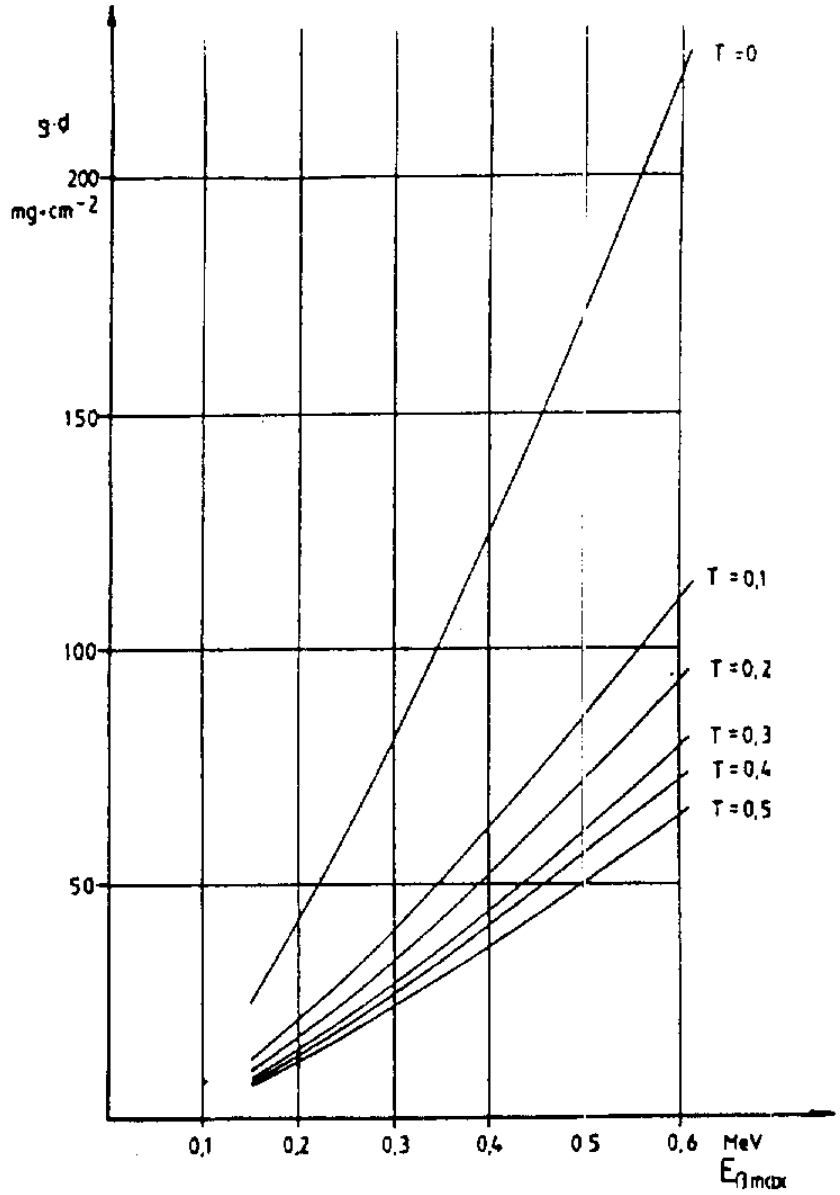

Abb. 1: Richtwerte für den Transmissionsfaktor T zur Ermittlung der Ortsdosisleistung $\dot{H}_b$ für einen b-Strahler der Maximalenergie E_{bmax} hinter der Schichtdicke d eines Stoffes der Dichte r

$T = \dot{H}_b : \dot{H}_{b_o}$

$\dot{H}_{b_o}$ = Ortsdosisleistung unabgeschirmt.

Werte berechnet mit Hilfe von Gleichung (3) und Abb. 5 der "Berechnungsgrundlage für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition durch Elektronen, insbesondere durch b-Strahlung" /4/.

6 Personendosimetrie

Ist unter Berücksichtigung aller Expositionen eine Teilkörperdosis der Hände, Unterarme, Füße, Unterschenkel oder Knöchel einschließlich der dazugehörigen Haut von mehr als 15 mSv oder eine Hautdosis an anderen Körperteilen von mehr als 30 mSv im Monat zu erwarten, so ist ein Personendosimeter an den betreffenden Extremitäten und ggf. ein weiteres, zur Messung der Personendosis an der Haut geeignetes Dosimeter zu tragen. Eine Teilkörperdosimetrie für Augenlinsen und Testes ist nur in Ausnahmefällen notwendig.

Die in einem Monat zu erwartende Teilkörperdosis ist im allgemeinen vorher schwer abschätzbar. Die Notwendigkeit zum Tragen eines entsprechenden Dosimeters wird daher vielfach erst während des Überwachungszeitraumes festgestellt.

Bei β-Strahlung gilt als Personendosis der Meßwert eines Personendosimeters, das zur Messung der Energiedosis in Weichteilgewebe in einem halbunendlich ausgedehnten, weichteilgewebeäquivalenten Körper der Dichte 1 g cm^{-3} in einer Tiefe von 0,07 mm kalibriert ist, multipliziert mit dem Faktor 1 Sv Gy^{-1} /3/.

Die mit einem Teilkörperdosimeter gemessene Personendosis wird als "Personendosis an einem Körperteil" bezeichnet, z.B. als "Personendosis an der Hand" usw. Der Begriff "Personendosis" ohne Zusatz bezeichnet die mit einem Ganzkörperdosimeter gemessene Personendosis.

6.1 Personendosis an Händen, Unterarmen, Füßen, Unterschenkeln und Knöcheln einschließlich der dazugehörigen Haut[1)]

Der Jahresgrenzwert für die Teilkörperdosis der Hände beträgt 500 mSv für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A. Nach § 63 Abs. 3 Satz 4 StrlSchV ist mit einem Dosimeter an der Hand zu messen, wenn vorauszusehen ist, daß dort die Dosis ein Drittel des Grenzwertes überschreitet (ca. 150 mSv). Demnach ist – bei vorsorglicher Berücksichtigung mehrerer Überwachungsintervalle und evtl. weiterer Expositionen im Laufe des Jahres – ein Dosimeter an der Hand zu tragen, wenn eine monatliche Handdosis von mehr als 15 mSv zu erwarten ist. Bleibt das Verhältnis aus Handdosis und effektiver Dosis kleiner als drei, kann auf ein Handdosimeter verzichtet werden unter der Maßgabe, daß die effektive Dosis den Grenzwert von 50 mSv im Jahr nicht überschreitet.

Für den Bereich der Hände und Unterarme wird die Messung der Personendosis an einem Finger der Arbeitshand, für den Bereich der Füße und Unterschenkel am Knöchel empfohlen. In Ausnahmefällen, z. B. bei starker Behinderung der Arbeit, kann das Dosimeter auch an einer benachbarten Stelle (z. B. Handgelenk statt Finger) getragen werden. Dann muß jedoch die Personendosis für den Ort der stärksten Exposition abgeschätzt werden.

Zur Bestimmung der Personendosis an der Hand eignen sich dünne, gewebeäquivalente Thermolumineszenzdosimeter. Es ist nicht erforderlich, daß ein Handdosimeter zwischen β- und γ-

---

1) Da von diesen Körperteilen in der Praxis insbesondere die Hände exponiert werden, wird im folgenden beispielhaft nur von "Händen" gesprochen.

Dosen unterscheidet, da der Grenzwert der Teilkörperdosis für die Summe der durch β- und γ-Strahlung erzeugten Dosen gilt.

6.2 Personendosis an der Haut

Der Jahresgrenzwert für die Teilkörperdosis der Haut beträgt 300 mSv für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A. Ist unter Berücksichtigung weiterer Expositionen die zu erwartende Hautdosis größer als 30 mSv im Monat[1)], so ist ein Dosimeter zur Messung der Personendosis an der Haut zu tragen. Das Tragen eines solchen Dosimeters kann entfallen, wenn das Verhältnis der β-Dosisleistung unter Schutzkleidung zur γ-Dosisleistung kleiner als 5 ist, da dann der Grenzwert der Hautdosis nicht überschritten werden kann, ohne den Grenzwert der effektiven Dosis zu überschreiten.

Zur Messung der Personendosis an der Haut muß β- und γ-Strahlung getrennt erfaßt werden, da γ-Strahlung zur effektiven Dosis beiträgt und für Hautdosis und effektive Dosis unterschiedliche Grenzwerte gelten.

Bei der Wahl des repräsentativen Meßortes für das Teilkörperdosimeter zur Messung der Personendosis an der Haut muß außer dem Abstand zur Strahlenquelle besonders die Schwächung durch die Schutzkleidung berücksichtigt werden. Wird die β-Strahlung durch die Schutzkleidung nur wenig geschwächt, kann die Personendosis an der Haut auch am Trageort des Ganzkörperdosimeters gemessen werden. Bei wirksamer Schwächung durch die Schutzkleidung kann ungeschützte Haut, z. B. die des Kopfes, mehr als die Haut am Rumpf exponiert sein; in diesem Fall ist die Personendosis an der Haut an dieser Stelle zu messen.

Zur Messung der Personendosis an der Haut sind dünne, gewebeäquivalente Thermolumineszenzdosimeter geeignet, wenn mit einem zweiten Detektor desselben Dosimeters oder mit einem zweiten Dosimeter (z. B. dem amtlichen Ganzkörperdosimeter) die γ-Dosis erfaßt wird.

RPL-Dosimeter (Glasdosimeter), Dosimeter mit Geiger-Müller-Zählrohren oder Stabdosimeter sind zum Nachweis von β-Strahlung ungeeignet. Das Filmdosimeter kann β-Strahlung hoher Energie nachweisen. Es ist aus der Filmschwärzung allein aber nicht zu entscheiden, ob diese durch β-Strahlung oder niederenergetische γ-Strahlung hervorgerufen wurde.

6.3 Personendosis an den Augenlinsen

Der Jahresgrenzwert für die Teilkörperdosis der Augenlinsen beträgt 150 mSv für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A. Nach der "Berechnungsgrundlage für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition durch Elektronen, insbesondere durch β-Strahlung" /4/ ist für β-Strahlung mit Maximalenergien unter 0,75 MeV die Teilkörperdosis der Augenlinse vernachlässigbar. Bei Maximalenergien zwischen 0,75 MeV und 2,5 MeV braucht die Teilkörperdosis für die Augenlinse nur bestimmt zu werden, wenn die Hautdosis in der Nähe der Augen den für die Augenlinse vorgesehenen Dosisgrenzwert überschreitet.

---

1) vgl. 6.1 - 3. Satz (§ 63 Abs. 3 Satz 4 StrlSchV gilt nicht für die Hautdosis. Hier wird die Einhaltung des Grenzwertes überwacht).

Eine Dosisermittlung ist nicht erforderlich, wenn Atemschutzmasken getragen werden, deren Sichtgläser die β-Strahlung vollständig absorbieren.

6.4 Personendosis an den Testes

Der Jahresgrenzwert für die Teilkörperdosis der Testes beträgt 50 mSv für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A. Wegen des geringen Beitrages der β-Strahlung zur Testesdosis ist eine Personendosismessung an den Testes nur dann erforderlich, wenn die Maximalenergie der β-Strahlung oberhalb 1 MeV liegt und die Hautdosis in der Nähe der Testes den Jahresgrenzwert erreicht (siehe /4/). β-Strahlung mit Energien größer als 1 MeV kann zur Testesdosis beitragen. Meistens ist der Beitrag der β-Strahlung zur Testesdosis gering, so ist z. B. für β-Strahlung des Sb-124 die Testesdosis unter Berücksichtigung der Schwächung in Luft und Schutzkleidung etwa gleich 1% der Hautdosis. Die γ-Dosis ist zur β-Dosis zu addieren.

Bei einem ausgedehnteren Organ wie den Testes muß die Dosis über das gesamte Organ gemittelt werden. Dieser Mittelwert ist gleich dem Wert der Dosis in einer bestimmten Gewebetiefe, der effektiven Tiefe.

7 Radioaktive Edelgase

Die durch radioaktive Edelgase in der Raumluft hervorgerufene β-Ortsdosisleistung ist – falls erforderlich – aus der Radionuklidzusammensetzung und aus der Konzentration zu berechnen oder durch eine Ortsdosisleistungsmessung zu bestimmen.

Bisherige Erfahrungen in Kernkraftwerken zeigen, daß die β-Ortsdosisleistung durch radioaktive Edelgase in der Raumluft so gering ist, daß sie nicht berücksichtigt werden muß. So beträgt z. B. bei einer Xe-135-Konzentration von 1 MBq m^{-3} die β-Ortsdosisleistung etwa 60 µSv h^{-1} /4/. Für andere Edelgasnuklide ergeben sich bei gleicher Konzentration geringere β-Ortsdosisleistungswerte. Ist die Ausdehnung des Raumes kleiner als das Doppelte der Reichweite der β-Strahlung, so ist die β-Ortsdosisleistung kleiner als der nach /4/ abgeschätzte Wert.

8 Ermittlung der Teilkörperdosis

8.1 Unterschied zwischen Personendosis an einem Körperteil und Teilkörperdosis

Die Anzeige eines Teilkörperdosimeters, d.h. die an einem Körperteil gemessene Personendosis, ist im allgemeinen nicht gleich der entsprechenden Teilkörperdosis, d. h. nicht gleich dem Mittelwert der Äquivalentdosis über das Volumen eines Körperabschnittes oder eines Organs, im Fall der Haut über die kritische Fläche (1 cm^2 im Bereich der maximalen Äquivalentdosis in 0,07 mm Tiefe).

Anmerkung: An zwei Beispielen wird gezeigt, welche Unterschiede zwischen Personendosis und Teilkörperdosis auftreten können:

– Betastrahlung hoher Energie (Y-90; $E_{\beta max}$ = 2,3 MeV).

Für β-Strahlung hoher Energie zeigt ein Teilkörperdosimeter die Hautdosis am Ort des Dosimeters in guter Näherung an. Personendosis und Teilkörperdosis der Haut sind gleich, wenn das Personendosimeter am Ort maximaler Exposition getragen wurde. Die Augenlinsendosis ist gleich 50 % der Hautdosis in der Nähe der Augen und die Testesdosis ist gleich 4 % der Hautdosis in der Nähe der Testes.

– Niederenergetische β-Strahlung (Pm-147; $E_{\beta max}$ = 0,23 MeV).

Teilkörperdosimeter sind in vielen Fällen für niederenergetische β-Strahlung unterempfindlich. Ist beispielsweise das Ansprechvermögen des Teilkörperdosimeters für Pm-147-β-Strahlung gleich 20 %, dann ist, wenn das Dosimeter am Ort maximaler Exposition getragen wurde, die Teilkörperdosis der Haut fünfmal so groß wie die an der Haut gemessene Personendosis. Die Reichweite der Pm-147-β-Strahlung in Gewebe beträgt nur 0,53 mm, so daß Augenlinse und Testes von dieser Strahlung nicht erreicht werden. Testes- und Augenlinsendosis sind gleich Null.

8.2 Vergleich der Personendosis mit der Überprüfungsschwelle

Nach § 63 Abs. 2 StrlSchV ist die Teilkörperdosis zu ermitteln, wenn aufgrund der Messungen der Personendosis der Verdacht auf Überschreitung der Grenzwerte der Körperdosis besteht. Bei Werten kleiner als die Überprüfungsschwellen oder gleich diesen Schwellen (s. Tabelle 2) besteht im allgemeinen kein Verdacht auf Überschreitung der Grenzwerte; die Teilkörperdosis kann daher der Personendosis gleichgesetzt werden.

Tab. 2: Überprüfungsschwellen für die monatliche Personendosis

Körperbereich für die Personendosis		Überprüfungsschwelle [mSv]
1	Hände, Unterarme, Füße, Unterschenkel, Knöchel, einschl. der dazugehörigen Haut	50
2	Haut, soweit nicht unter 1 genannt	30
3	Augenlinsen	15
4	Testes	5

Überschreitet die Personendosis die Überprüfungsschwelle, dann kann ein Überschreiten der Grenzwerte der Körperdosis nicht von vornherein ausgeschlossen werden. Es ist zu prüfen, ob eine Berechnung der Körperdosis erforderlich ist. Dies ist der Fall, wenn

– der über ein Kalenderjahr aufsummierte Wert der Personendosis den für den betreffenden Körperbereich geltenden Körperdosisgrenzwert der StrlSchV überschreitet, oder

– aufgrund der Expositions- und Meßbedingungen Zweifel daran bestehen, daß der die Überprüfungsschwelle überschreitende Meßwert repräsentativ für die Strahlenexposition der überwachten Person ist.

Dieser Meßwert gilt als repräsentativ, wenn

– Fehlanzeigen (z.B. durch Geräteversagen) oder fehlerhafte Exposition (z.B. durch ein nicht am Körper getragenes Dosimeter) ausgeschlossen sind, und

– aufgrund der Expositionsbedingungen (z. B. Dosimeter am Ort maximaler Dosis und β-Strahlung hoher Energie) abgeschätzt werden kann, daß die zugehörige Körperdosis nicht größer als die gemessene Personendosis ist. Dabei sind die Meßabweichungen des Dosimeters bedingt durch die Energie- und Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens ggf. zu berücksichtigen.

8.3 Berechnung der Teilkörperdosis

Ist die Personendosis größer als die zugehörige Überprüfungsschwelle, dann ist zu prüfen, ob eine Berechnung der Teilkörperdosis erforderlich ist, und diese Berechnung ist gegebenenfalls durchzuführen.

Die Berechnung der Teilkörperdosis erfolgt nach der Berechnungsgrundlage /4/.

9 Aufzeichnung

Die im Rahmen der Personendosisüberwachung an bestimmten Körperteilen gemessenen Personendosen müssen aufgezeichnet und bezüglich der Grenzwerte überwacht werden.

Bei der Aufzeichnung ist zu unterscheiden, ob die Teilkörperdosis der gemessenen Personendosis gleichgesetzt werden kann, oder ob die Teilkörperdosis aus der Personendosis bestimmt werden muß (Abschnitt 8).

9.1 Gleichsetzung von Teilkörperdosis und Personendosis

Ist die mit dem Teilkörperdosimeter gemessene Personendosis kleiner als die zugehörige Überprüfungsschwelle oder gleich dieser Schwelle und wurde das Dosimeter am Ort maximaler Exposition getragen, dann kann die Teilkörperdosis der Personendosis gleichgesetzt werden.

Bei der Aufzeichnung ist der Tragezeitraum des Teilkörperdosimeters zu berücksichtigen:

a) Ist der Tragezeitraum des Teilkörperdosimeters gleich dem des amtlichen Personendosimeters, so gilt als Teilkörperdosis H_T die vom Teilkörperdosimeter angezeigte Personendosis H_t

$$H_T = H_t \ .$$

Wurden nacheinander mehrere Teilkörperdosimeter getragen, dann ist die Teilkörperdosis gleich der Summe der Dosimeteranzeigen.

b) Ist der Tragezeitraum des Teilkörperdosimeters kleiner als der des amtlichen Ganzkörperdosimeters, dann gilt als Teilkörperdosis H_T die Summe der Anzeigen von Teilkörperdosimeter H_t und amtlichen Ganzkörperdosimeter H_a

$$H_T = H_t + H_a \ .$$

In Ausnahmefällen kann diese konservative Abschätzung auf eine Überschreitung des Grenzwertes für die Teilkörperdosis hinweisen. Dann kann die Teilkörperdosis genauer abgeschätzt werden: Zur Anzeige des Teilkörperdosimeters H_t wird die mit einem Gewichtsfaktor f multiplizierte Anzeige H_a des amtlichen Ganzkörperdosimeters addiert

$$H_T = H_t + f \cdot H_a \ .$$

Zur Bestimmung des Gewichtsfaktors f können zwei Fälle unterschieden werden:

α) Während der Tragezeit des Teilkörperdosimeters wurde mit einem nichtamtlichen Dosimeter die Dosis am Rumpf bestimmt. Dann ist

$$f = \frac{H_a - H_{na}}{H_a} \ .$$

Dabei sind H_a die Anzeige des amtlichen Ganzkörperdosimeters und H_{na} die während des Tragezeitraumes des Teilkörperdosimeters mit dem nichtamtlichen Dosimeter bestimmte Dosis.

β) Die während der Tragezeit des Teilkörperdosimeters erhaltene Personendosis ist nicht bekannt. In diesem Fall ist

$$f = \frac{t_1 - t_2}{t_1} \ .$$

Dabei sind t_1 der Tragezeitraum des amtlichen Ganzkörperdosimeters und t_2 der des Teilkörperdosimeters.

9.2 Bestimmung der Teilkörperdosis aus der Personendosis

Muß die Teilkörperdosis wegen Überschreitens einer Überprüfungsschwelle (Abschnitt 8.2) berechnet werden, oder muß, ohne daß eine Überprüfungsschwelle überschritten wurde, die Dosis am Ort maximaler Exposition bestimmt werden (Abschnitt 6.1), dann gelten die so ermittelten Werte als Teilkörperdosis.

Diese Teilkörperdosis gilt für den Zeitraum, der der Bestimmung zugrunde liegt. Ist dieser kleiner als der Tragezeitraum des amtlichen Ganzkörperdosimeters, dann wird die Teilkörperdosis für diese Zeit entsprechend Abschnitt 9.1 ermittelt.

9.3 Ergänzende Erläuterungen

Werden innerhalb eines Monats von einer Person mehrere Teilkörperdosimeter zu jeweils unterschiedlichen Zeiten am gleichen Körperteil getragen, dann ist es hinreichend, die einzelnen Dosiswerte in betrieblichen Unterlagen aufzuzeichnen. Die Einzelwerte sind zu Monatswerten zusammenzufassen und – falls erforderlich – im Strahlenpaß zu dokumentieren.

Nach Abschluß der Tätigkeit in einer fremden Anlage hat für den Inhaber eines Strahlenpasses die Aufzeichnung der Personendosen (Ganz- und Teilkörper) unmittelbar zu erfolgen. Ist eine Körperdosis nach Abschnitt 8 zu ermitteln, dann wird zunächst nur der Meßwert oder der nach Abschnitt 6.1 extrapolierte Meßwert aufgezeichnet.

Zur Überwachung bezüglich der Grenzwerte ist eine Aufsummierung der für verschiedene Überwachungszeiträume ermittelten Teilkörperdosen erforderlich. Wurde in einzelnen Überwachungszeiträumen die Teilkörperdosis nicht explizit bestimmt, dann gilt für diesen Zeitraum die amtliche mit dem Ganzkörperdosimeter ermittelte Personendosis H_a auch als Teilkörperdosis H_T

$$H_T = H_a \,.$$

10 Begriffsbestimmungen

Dosimeter, amtliches

Personendosimeter, das zur Ermittlung der Körperdosis nach § 63 Abs. 1 StrlSchV oder § 35 Abs. 1 RöV dient und von einer nach Landesrecht zuständigen Meßstelle ausgegeben wird, heißt amtliches Dosimeter

Dosis, effektive
(kurzbezeichnung für efektive Äquivalentdosis)

Summe der nach Anlage X Tabelle X 2 StrlSchV gewichteten mittleren Äquivalentdosen in den einzelnen Organen und Geweben.

Dosimeter, weichteilgewebeäquivalentes

Dosimeter, dessen Anzeige für Photonenstrahlung – unabhängig von der Energie – proportional der im Weichteilgewebe absorbierten Energie ist.

Ganzkörperdosimeter, amtliches

Amtliches Dosimeter zur Messung der Personendosis am Rumpf zur Erfassung der Ganzkörperexposition. Die Anzeige des am Rumpf getragenen Ganzkörperdosimeters dient häufig als Schätzwert der effektiven Dosis (§ 63 Abs. 1 StrlSchV).

Körperdosis

Sammelbegriff für effektive Dosis und Teilkörperdosis. Die Körperdosis für einen Bezugszeitraum (z.B. Kalenderjahr, drei aufeinanderfolgende Monate, ein Monat) ist die Summe aus der durch äußere Strahlenexposition während dieses Zeitraums erhaltenen Körperdosis und der Folgedosis, die durch Aktivitätszufuhr während dieses Zeitraums bedingt ist.

Ortsdosis

Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einem bestimmten Ort. Bei Elektronenstrahlung gilt als Ortsdosis der Meßwert eines Ortsdosimeters, das zur Messung der Energiedosis in Weichteilgewebe in einem halbunendlich ausgedehnten weichteilgewebeäquivalenten Körper der Dichte 1 g/cm^3 in einer Tiefe von 0,07 mm kalibriert ist, multipliziert mit dem Faktor 1 Sv/Gy

Personendosis

Äquivalentdosis für Weichteilgewebe gemessen an einer für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche. Bei Elektronenstrahlung gilt als Personendosis der Meßwert eines Personendosimeters, das zur Messung der Energiedosis in Weichteilgewebe in einem halbunendlichen ausgedehnten weichteilgewebeäquivalenten Körper der Dichte 1 g/cm^3 in einer Tiefe von 0,07 mm kalibriert ist, multipliziert mit dem Faktor 1 Sv/Gy

Anmerkung:
Die Anzeige eines Ganzkörperdosimeters und die eines Teilkörperdosimeters sind Personendosen. Sie sind als solche eindeutig zu kennzeichnen, z.B. durch die Bezeichnungen "Personendosis (Ganzkörper)" und "Personendosis an einem Körperteil".

Strahlung geringer Eindringtiefe

Ionisierende Strahlung, bei der die in einer kleinen Fläche der Keimschicht der Haut (vereinbarte Tiefe 0,07 mm) erhaltene Äquivalentdosis bei senkrechtem Einfall mehr als das 10-fache der effektiven Äquivalentdosis beträgt.

Teilkörperdosimeter

Dosimeter zur Messung der Personendosis an einem Körperteil zur Erfassung einer Teilkörperexposition. Die Anzeige des Teilkörperdosimeters dient häufig als Schätzwert der Teilkörperdosis (§ 63 Abs. 1 StrlSchV).

Teilkörperdosis

Mittelwert der Äquivalentdosis über das Volumen eines Körperabschnitts oder eines Organs, im Fall der Haut über die kritische Fläche (1 cm^2 im Bereich der maximalen Äquivalentdosis in 70 Mikrometer Tiefe).

Anmerkung:
Die Teilkörperdosis wird durch den Namen des entsprechenden Körperabschnittes oder Organes gekennzeichnet, z.B. Hautdosis, Handdosis, Testesdosis oder Augenlinsendosis. Nach der Berechnungsgrundlage /4/ wird die Teilkörperdosis an Händen, Unterarmen, Füßen, Unterschenkeln und Knöcheln dem höchsten Wert der Äquivalentdosis an der Teilkörperoberfläche (d.h. der Hautdosis an dieser Stelle) gleichgesetzt.

Überprüfungsschwelle

In der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle /5/ für einen bestimmten Zeitraum und Körperbereich festgelegter Wert der Personendosis.

Anmerkung:
Bei Werten kleiner oder gleich der Überprüfungsschwelle wird die Körperdosis der Personendosis gleichgesetzt. Bei Werten größer als die Überprüfungsschwelle ist zu überprüfen, ob eine Berechnung der Körperdosis erforderlich ist.

Weichteilgewebe

Für dosimetrische Zwecke gilt als Weichteilgewebe ein homogenes Material der Zusammensetzung (Massengehalt) 10,1 % Wasserstoff, 11,1 % Kohlenstoff, 2,6 % Stickstoff und 76,2 % Sauerstoff.

11 Literatur

/1/ M. Heinzelmann, G. Hallfarth, D. Regulla, G. H. Schnepel, U. Welte
Messungen der durch β-Strahlung erzeugten Ortsdosisleistung und Personendosis in den Kernkraftwerken Krümmel und Unterweser
KFA-Bericht Jül-2350, Jülich 1990

/2/ M. Heinzelmann
Beitrag der β-Strahlung zur Dosis in deutschen Kernkraftwerken
KFA-Bericht Jül-2260, Jülich 1990

/3/ Definition sinngemäß nach
DIN 6814, Teil 3, Dezember 1985

/4/ Berechnungsgrundlage für die Ermittlung von Körperdosen bei äußerer Strahlenexposition durch Elektronen, insbesondere durch β-Strahlung in: Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 3, 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York 1991

/5/ Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle
(§§ 62 und 63 StrlSchV) GMBl 29, Nr. 22, Ausgabe B, S. 348-354, 1978 (z. Z. in Überarbeitung)

/6/ C. Wernli, A. R. Jones
The development of a simple high range skin dose rate meter using a silicon diode as a detector
Health Phys. 41 pp. 371-378 (1978)