

Begriffsbestimmungen

Anlage zur Anweisung zum Schutz vor ionisierenden Strahlen

1 Dosisbegriffe

Zu jeder Dosisgröße lässt sich eine Dosisleistung angeben, die als Differentialquotient der Dosis nach der Zeit definiert ist. Die Dosisleistung wird aus der Dosisänderung ΔD in einem kleinen Zeitintervall Δt berechnet. Dabei ist Δt so zu wählen, dass in ihm die Dosis als hinreichend konstant angesehen werden kann (Differenzenquotient als Näherung des Differentialquotienten).

1.1 Physikalische Dosisbegriffe

Die Energiedosis D ist der Quotient aus dE_D und dm :

$$D = \frac{dE_D}{dm} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dE_D}{dV}$$

Dabei ist dE_D die gesamte Energie, die auf das Material in einem Volumenelement dV übertragen wird, und $dm = \rho \cdot dV$ die Masse des Materials mit der Dichte ρ in diesem Volumenelement. Bei allen Angaben einer Energiedosis muss das Bezugsmaterial genannt werden, wenn dieses Material nicht bereits eindeutig aus dem Zusammenhang ersichtlich ist (z.B. Luft-Energiedosis D_a (a von englisch air), Wasser-Energiedosis D_w). Die SI-Einheit der Energiedosis ist das "Joule durch Kilogramm", das als Einheit der Energiedosis den besonderen Namen "Gray" (Gy) erhalten hat ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$). Der Gebrauch der Einheit "Gray" ist ausdrücklich auf die Angabe von Energiedosen beschränkt.

Die Energiedosisleistung \dot{D} ist der Differentialquotient der Energiedosis D nach der Zeit t :

$$\dot{D} = dD/dt$$

Die SI-Einheit der Energiedosisleistung ist das "Gray durch Sekunde" (Gy/s).

Die Kerma K (Kinetic Energy Relaxed in Material) ist der Quotient aus dE_K und dm :

$$K = \frac{dE_K}{dm} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dE_K}{dV}$$

Dabei ist dE_K die Summe der Anfangswerte der kinetischen Energien aller geladenen Teilchen, die von indirekt ionisierenden Strahlen aus dem Material in einem Volumenelement dV freigesetzt werden, und $dm = \rho \cdot dV$ ist die Masse des Materials mit der Dichte ρ in diesem Volumenelement. Bei allen Angaben einer Kerma muss wie bei der Energiedosis das Bezugsmaterial genannt werden (Luftkerma K_a , Wasserkerma K_w). Die SI-Einheit der Kerma ist wie für die Energiedosis das "Gray" (Gy).

Die Kermaleistung \dot{K} ist der Differentialquotient der Kerma K nach der Zeit t :

$$\dot{K} = dK/dt$$

Die SI-Einheit der Kermaleistung ist das "Gray durch Sekunde" (Gy/s).

Die Ionendosis J ist der Quotient aus dQ und dm_a :

$$J = \frac{dQ}{dm_a} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dQ}{dV}$$

Dabei ist dQ der Betrag der elektrischen Ladung der Ionen eines Vorzeichens, die in Luft in einem Volumenelement dV durch ionisierende Strahlen unmittelbar oder mittelbar gebildet werden. In diesem Volumenelement ist $dm_a = \rho_a \cdot dV$ die Masse der Luft mit der Dichte ρ_a . Unter "Luft" im Sinne dieser Festsetzung ist trockene Luft zu verstehen. Die SI-Einheit der Ionendosis ist das "Coulomb durch Kilogramm" (C/kg).

Die Ionendosisleistung \dot{J} ist der Differentialquotient der Ionendosis J nach der Zeit t :

$$\dot{J} = \frac{dJ}{dt}$$

Die SI-Einheit der Ionendosisleistung ist das "Ampere durch Kilogramm" (A/kg).

1.2 Dosisbegriffe für den Strahlenschutz

Die Äquivalentdosis H ist das Produkt aus der Energiedosis D in Gewebe und einem Bewertungsfaktor q :

$$H = q \cdot D$$

Der Bewertungsfaktor q ist das Produkt aus einem Qualitätsfaktor Q und weiteren modifizierenden Faktoren N . Der Qualitätsfaktor Q berücksichtigt Unterschiede im linearen Energieübertragungsvermögen (LET) verschiedener ionisierender Strahlen an der interessierenden Stelle. Die modifizierenden Faktoren N sollen Wirkungen bei innerer Bestrahlung (durch inkorporierte Radionuklide) differenzieren. Die SI-Einheit der Äquivalentdosis ist das "Joule durch Kilogramm", das als Einheit der Äquivalentdosis den besonderen Namen "Sievert" (Sv) erhalten hat. Der Gebrauch der Einheit "Sievert" ist ausdrücklich auf die Angabe von Äquivalentdosen beschränkt.

Der ausschließlich für Strahlenschutz Zwecke geprägte Begriff "Äquivalentdosis" hat das Ziel, verschiedene Strahlenarten unter Strahlenschutz Gesichtspunkten vergleichbar bewerten zu können. Dies wird dadurch erreicht, dass die Werte für Q und N für verschiedene Strahlenarten, Energien und Bestrahlungsbedingungen geeignet vereinbart werden. Als Bezugsstrahlung zur Abschätzung von Strahlenrisiken dienen harte Röntgen- und Gammastrahlen. Für diese Bezugsstrahlung wird der Qualitätsfaktor $Q = 1$ gesetzt.

Die Äquivalentdosis ist der direkten Messung nicht zugänglich, sie muss aus der Energiedosis

berechnet werden. Die Faktoren Q für verschiedene Strahlenarten, die von der Energie der Strahlen abhängig sind, werden durch Übereinkunft unter Berücksichtigung biologischer Erkenntnisse festgesetzt. Werte des Qualitätsfaktors Q für direkt ionisierende Strahlen sind in Abb. 1 dargestellt. Sie nehmen mit zunehmender Teilchenenergie ab und sind für schwere Teilchen größer als für leichte. Am größten ist der Qualitätsfaktor für α -Teilchen und schwere Ionen mit Energien bis etwa 2 MeV ($Q = 20$), am kleinsten für Elektronen und Positronen (und damit auch für Röntgen- und Gammastrahlen), die energieunabhängig den Wert $Q = 1$ haben.

Während Zahlenwerte für den Qualitätsfaktor Q gut bekannt sind, fehlen bislang für den modifizierenden Faktor N detaillierte Angaben. Für eine Bestrahlung von außen mit harten Röntgen- oder Gammastrahlen ohne Berücksichtigung der zeitlichen Abfolge der Dosisapplikation gilt $N = 1$.

Die Äquivalentdosisleistung \dot{H} ist der Differentialquotient der Äquivalentdosis H nach der Zeit t :

$$\dot{H} = \frac{dH}{dt}$$

Die SI-Einheit der Äquivalentdosisleistung ist das "Sievert durch Sekunde" (Sv/s).

Die Ortsdosis ist die Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einem bestimmten Ort (ortsfeste Messung). Für dosimetrische Zwecke des Strahlenschutzes gilt als Weichteilgewebe ein homogenes Material, das aus 10,1 % Wasserstoff,

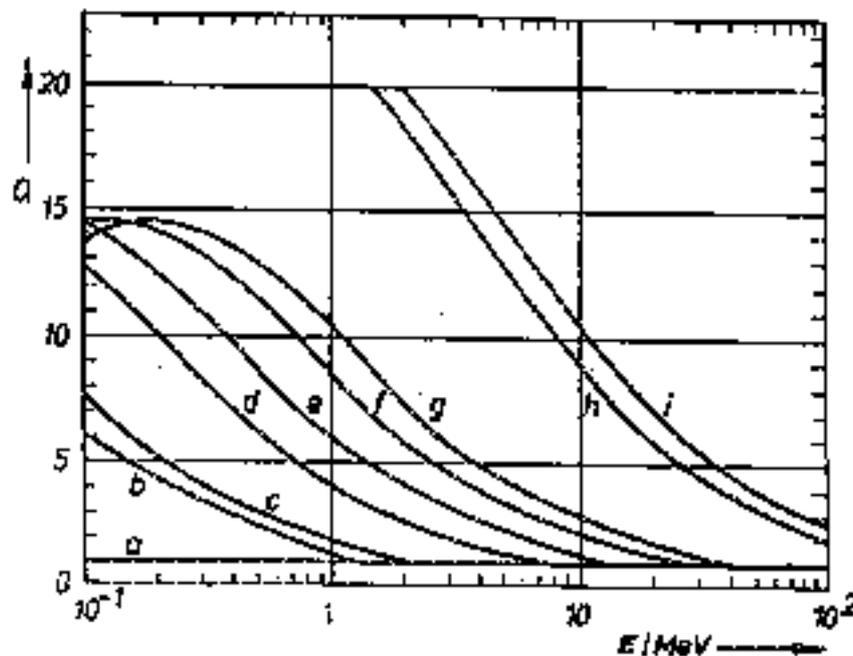


Abb. 1: Abhängigkeit des Qualitätsfaktors Q geladener Teilchen von ihrer kinetischen Energie E zur Berechnung der Äquivalentdosis H für a) Elektronen, sowie Röntgen- und γ -Strahlen, b) μ -Mesonen, c) π -Mesonen, d) K-Mesonen, e) Protonen, f) Deuteronen, g) Tritonen, h) He-3-Ionen, i) α -Teilchen

11,1 % Kohlenstoff, 2,6 % Stickstoff und 76,2 % Sauerstoff besteht (Massengehalte). Die Messung der Ortsdosis erfolgt bei Photonenstrahlen durch entsprechend (frei in Luft) kalibrierte Dosimeter über die Standard-Ionendosis. Der Messwert wird mit dem Umrech-

nungsfaktor 38,8 Sv/(C•kg-1) in die Äquivalentdosis umgerechnet. Für Elektronenstrahlen erfolgt die Messung über die Energiedosis, wobei das Dosimeter entsprechend kalibriert sein muss (Weichteilgewebe) und der Messwert mit 1 Sv/Gy in die Äquivalentdosis umgerechnet werden kann.

Bei der Körperdosis werden zwei Begriffe unterschieden: Die Teilkörperdosis ist der Mittelwert der Äquivalentdosis über das Volumen eines Körperabschnitts oder eines Organs (z.B. Knochenmark, Gonaden, Uterus, Gehirn, Leber, Nieren), im Fall der Haut über die kritische Fläche (1 cm² im Bereich der maximalen Äquivalentdosis in 70 µm Tiefe). Dagegen ist die effektive Dosis (Kurzbezeichnung für effektive Äquivalentdosis):

$$H_{eff} = \sum w_T \cdot H_T .$$

Dabei sind die H_T die Teilkörperdosen relevanter Organe oder Gewebe und die w_T die zugehörigen Wichtungsfaktoren (Tab. 1), die durch Vereinbarung festgelegt sind und die unterschiedlichen Strahlenrisiken der relevanten Organe oder Gewebe berücksichtigen. Zur Bestimmung des Beitrags der unter Ziffer 7 angegebenen "anderen Organe und Gewebe" bei der Berechnung der effektiven Dosis ist nur die Teilkörperdosis für jedes der fünf am stärksten strahlenexponierten "anderen Organe und Gewebe" zu berücksichtigen. Die Strahlenexposition aller übrigen "anderen Organe und Gewebe" der Ziffer 7 bleibt bei der Berechnung der effektiven Dosis unberücksichtigt. Die effektive Dosis wird also aus insgesamt 11 Summanden berechnet.

Die Personendosis ist die Äquivalentdosis für Weichteilgewebe, gemessen an einer für die Strahlenexposition repräsentativen Stelle der Körperoberfläche. Sie entspricht der Ortsdosis, jedoch wird das Dosimeter von der zu überwachenden Person an der Kleidung getragen, so dass sich der Messort ständig im Raum ändert. Aus der Anzeige des Personendosimeters erhält man unabhängig vom Messverfahren nur die Dosis, die das Dosimeter erhalten hat. In seltenen Fällen und unter ganz bestimmten Bestrahlungsumständen ist diese "Personendosis" mit der Körperdosis identisch, die der Träger des Dosimeters an den als biologisch kritisch anzusehenden Organen oder als Ganzkörperexposition erhalten hat. In der Regel muss die Körperdosis unter Berücksichtigung der Bestrahlungsumstände aus der Personendosis abgeleitet werden.

1	Keimdrüse	0,2
2	Brust	0,15
3	rotes Knochenmark, Lunge, Magen, Dickdarm	0,12
4	Blase, Brust, Leber, Speiseröhre, Schilddrüse	0,05
5	Haut; Knochenoberfläche	0,01
6	andere Organe und Gewebe: Nebennieren, Gehirn, Dünndarm, Niere, Muskel, Bauchspeicheldrüse, Milz, Thymusdrüse, Gebärmutter	je 0,05

Tab. 1: Wichtungsfaktoren der relevanten Organe oder Gewebe

Zum Schutz der Bevölkerung vor den Gefahren ionisierender Strahlen wurde eine große Zahl von Gesetzen und Verordnungen mit dem Ziel erlassen, Grenzwerte für die Strahlenbelastung festzulegen und geeignete Maßnahmen vorzuschreiben, die deren Einhaltung garantieren. Diese Grenzwerte sind für Einzelpersonen der Bevölkerung niedriger angesetzt als für beruflich strahlenexponierte Personen, bei denen man noch zwischen normalen Arbeitsbedingungen (Routinearbeiten) und Notstandsbedingungen differenziert. Außerdem berücksichtigt man die unterschiedliche biologische Empfindlichkeit verschiedener Organe gegenüber ionisierenden Strahlen. Die im Strahlenschutz verwendeten Begriffe und Benennungen sind in der DIN-Vorschrift 6814, Teil 5, zusammengestellt und erläutert.

2.1 Biologische Strahlenschutzbegriffe

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten bestimmter nachteiliger biologischer Strahlenwirkungen bei einer bestimmten Äquivalentdosis wird als Strahlenrisiko für eine Einzelperson bezeichnet. Risikogewebe sind diejenigen Organe oder Gewebe, deren Strahlenrisiken vornehmlich betrachtet werden müssen, um eine Strahlenexposition durch Bestrahlung von außen oder durch inkorporierte radioaktive Stoffe so zu begrenzen, dass eine Schädigung sicher verhindert wird. Bei einer Strahlenexposition durch Bestrahlung von außen einschließlich einer Kontamination kommen außer dem ganzen Körper als Risikogewebe vor allem die blutbildenden Gewebe, die Keimdrüsen, die Leibesfrucht, die Darmschleimhaut, die Augenlinsen, der Kopf einschließlich des Halses sowie die Haut in Betracht. Bei einer Strahlenexposition durch inkorporierte radioaktive Stoffe von innen sind dies außer dem ganzen Körper die blutbildenden Gewebe, die Keimdrüsen, die Schilddrüse, das Knochengewebe, die Leibesfrucht, der Magen-Darm-Trakt und die Lunge.

Bei den Strahlenwirkungen werden zwei Arten betrachtet: Stochastische Strahlenwirkungen sind solche, bei denen der Schweregrad nicht als eine Funktion der Dosis betrachtet werden kann, wohl aber die Eintrittswahrscheinlichkeit und kein Schwellenwert existiert. Für stochastische Strahlenwirkungen muss davon ausgegangen werden, dass es keine Dosis gibt, unterhalb derer die ionisierenden Strahlen völlig unwirksam bleiben. In dem für Strahlenschutz zwecke relevanten Dosisbereich werden als stochastisch die genetischen Strahlenwirkungen und jene somatischen Strahlenwirkungen, die mit der Krebsentstehung verbunden sind, angesehen. Die Krebsentstehung bei niedrigen Dosen gilt heute als das wichtigste somatische Strahlenrisiko und als Hauptproblem im Strahlenschutz. Nichtstochastische Strahlenwirkungen sind solche, bei denen der Schweregrad mit der Dosis variiert und ein Schwellenwert auftreten kann. Nichtstochastische Strahlenwirkungen können bei Existenz eines Schwellenwerts somit grundsätzlich vermieden werden. Als nichtstochastisch werden jene somatischen Strahlenwirkungen angesehen, die z.B. Hautschädigungen, Trübungen von Augenlinsen oder Knochenmarkschädigungen zur Folge haben.

Modellrechnungen im Strahlenschutz beziehen sich in der Regel auf einen standardisierten Durchschnittsmenschen, dessen Körpermaße und Körperfunktionen als Mittelwerte einer Bevölkerungsgruppe gewonnen wurden. Er wird als Referenzmensch oder als Standardmensch bezeichnet. Der erwachsene Referenzmensch in Mitteleuropa ist z.B. 1,70 m groß und hat ein Gewicht von 70 kg, wovon 10 kg auf das Skelett, 30 kg auf das Muskelgewebe und 5,4 kg auf das Blut entfallen.

2.2 Personengruppen im Strahlenschutz

Die Gesamtbevölkerung ist die Gesamtheit aller Personen in einer anzugebenden Region. Sie wird durch eine Anzahl von Personen repräsentiert, die nach statistischen Gesichtspunkten ausgewählt sind. Spezielle Bevölkerungsgruppen sind Teile der Gesamtbevölkerung, die alle Personen mit einem bestimmten anzugebenden Merkmal (z.B. Alter, Geschlecht, Beruf) umfassen. Auch diese Gruppen werden durch eine Anzahl nach statistischen Gesichtspunkten ausgewählter Personen mit dem betreffenden Merkmal repräsentiert. Soweit das Alter als Merkmal herangezogen wird, gilt im Strahlenschutz folgende Einteilung:

- Frauen bis zum Ende des 3. Schwangerschaftsmonats,
- Frauen im 4. bis 9. Schwangerschaftsmonat,
- Personen bis zum Lebensalter von 10 Tagen (Neugeborene),
- Personen im Alter von 10 Tagen bis 1 Jahr (Säuglinge),
- Personen im Alter von 1 bis 6 Jahren (Kleinkinder),
- Personen im Alter von 6 bis 12 Jahren (Kinder),
- Personen im Alter von 12 bis 18 Jahren (Jugendliche),
- Personen im Alter von 18 bis 45 Jahren
(Erwachsene im Generationszyklus),
- Personen im Alter über 45 Jahren
(Erwachsene nach dem Generationszyklus).

Patienten im Sinne der Strahlenschutzregeln sind Personen, die auf Grund medizinischer Indikation ionisierenden Strahlen ausgesetzt werden. Probanden für die medizinische Forschung im Sinne der Strahlenschutzregeln sind Freiwillige, die unter Berücksichtigung gesetzlicher Bestimmungen zu Versuchszwecken ionisierenden Strahlen ausgesetzt werden.

Beruflich strahlenexponierte Personen sind Personen, die bei ihrer Berufsausübung oder bei ihrer Berufsausbildung ionisierenden Strahlen ausgesetzt sind und dabei Körperdosen kumulieren können, die bestimmte, in der Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung festgesetzte Dosisgrenzwerte erreichen, aber nicht überschreiten dürfen. Die beruflich strahlenexponierten Personen werden in zwei Kategorien eingeteilt. Zur Kategorie B gehören alle beruflich strahlenexponierten Personen, die im Kalenderjahr einer effektiven Dosis von mehr als 1 mSv, aber weniger als 6mSv, oder einer höheren Organdosis als 15 mSv für die Augenlinse oder als 50 mSv für die Haut, die Hände, Unterarme, Füße oder Knöchel ausgesetzt sein können. Zur Kategorie A gehören alle beruflich strahlenexponierten Personen, die im Kalenderjahr einer effektiven Dosis von mehr als 6mSv oder einer Organdosis von mehr als 45 mSv für die Augenlinse oder mehr als 150 mSv für die Haut, die Hände Unterarme, Füße oder Knöchel ausgesetzt sein können

2.3 Dosisgrenzwerte

Die Dosisgrenzwerte beruhen auf strahlenbiologischen und strahlentherapeutischen Erkenntnissen und Erfahrungen. Sie sind so festgesetzt, dass das Risiko stochastischer Strahlenwirkungen in vertretbaren Grenzen bleibt und die Schwellendosen für nicht-stochastische Strahlenwirkungen nicht überschritten werden.

Dosisgrenzwerte sind in geltenden Rechtsvorschriften oder anerkannten Strahlenschutzempfehlungen festgelegte Körperdosen für Personen bestimmter Personenkreise, die innerhalb einer festgesetzten Zeitspanne durch eine zivilisatorische Strahlenexposition von innen und von außen nicht überschritten werden dürfen. Bei der Ermittlung der Körperdosen

sind anderweitige Strahlenexpositionen durch ionisierende Strahlen im Beruf einzubeziehen; die natürliche Strahlenexposition, eine Strahlenexposition als Patient durch ärztliche oder zahnärztliche Untersuchungen oder Behandlungen sowie andere, außerhalb des beruflichen Tätigkeitsbereichs liegende Strahlenexpositionen sind nicht zu berücksichtigen.

	effektive Dosis	20 mSv
	Teilkörperdosen	
1.	Keimdrüsen, Gebärmutter und rotes Knochenmark	50 mSv
2.	alle Organe und Gewebe, soweit nicht unter 1., 3. oder 4. genannt	150 mSv
3.	Schilddrüse, Knochenoberfläche, Haut, soweit nicht unter 4. genannt	300 mSv
4.	Haut, Hände, Unterarme, Füße und Knöchel	500 mSv

Tab. 2: Grenzwerte der Körperdosen im Kalenderjahr für beruflich strahlenexponierte Personen im Kontrollbereich.

Die Körperdosen für beruflich strahlenexponierte Personen dürfen im Kalenderjahr die oben (2.2) genannten Dosisgrenzwerte nicht überschreiten. Die Zuständige Behörde kann im Einzelfall eine effektive Dosis von 50 mSv zulassen, wobei für fünf aufeinander folgende Jahre insgesamt 100 mSv nicht überschritten werden dürfen.

Für Personen unter 18 Jahren beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 1 mSv im Kalenderjahr. Der Grenzwert der Organdosis entspricht der Kategorie B.

Die Zuständige Behörde kann für Auszubildende und Studierende zwischen 16 und 18 Jahren einen Grenzwert für die effektive Dosis von 6 mSv und Organdosisgrenzwerte nach Kategorie A festlegen, wenn dies zur Erreichung des Ausbildungsziels notwendig ist.

Bei gebärfähigen Frauen beträgt der Grenzwert für die über einen Monat kumulierte Dosis an der Gebärmutter 2 mSv. Für ein ungeborenes Kind, das aufgrund der Beschäftigung der Mutter einer Strahlenexposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert der Dosis aus äußerer und innerer Strahlenexposition vom Zeitpunkt der Mitteilung der Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 mSv.

Der Grenzwert für die Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen beruflich strahlenexponierter Personen beträgt 400 mSv. Die zuständige Behörde kann im Benehmen mit einem Arzt nach §64 Abs. 1 Satz 1 eine weitere berufliche Strahlenexposition zulassen, wenn diese nicht mehr als 10 mSv effektive Dosis im Kalenderjahr beträgt und die betroffene Person einwilligt.

Wird ein Dosisgrenzwert überschritten, so ist eine Weiterbeschäftigung als beruflich strahlenexponierte Person nur zulässig, wenn die Expositionen in den folgenden vier Kalenderjahren so begrenzt werden, dass die Summe der Dosen das Fünffache des jeweiligen

Grenzwertes nicht überschreitet. Ist die Überschreitung eines Grenzwertes so hoch, dass diese Bedingung nicht erfüllt werden kann, so kann die Zuständige Behörde im Benehmen mit einem Arzt Ausnahmen zulassen.

Zur zwingend notwendigen Beseitigung von Störfallfolgen oder der Gefährdung von Personen lässt die Strahlenschutzverordnung in § 58 außergewöhnliche Strahlenexpositionen zu. Einer außergewöhnlichen Strahlenexposition dürfen nur Freiwillige beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A über 18 Jahre ausgesetzt werden, jedoch keine schwangere Frauen und wenn eine Kontamination nicht ausgeschlossen werden kann, stillende Frauen. Für diese besonders zugelassene Strahlenexposition beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 100 mSv, der Grenzwert der Organdosis für die Augenlinse 300 mSv, der Grenzwert für die Haut, Hände, Unterarme, Füße, Knöchel jeweils 1 Sievert für eine Person im Berufsleben.

Für nicht beruflich strahlenexponierte Personen dürfen die Körperdosen in betrieblichen Überwachungsbereichen oder Kontrollbereichen im Kalenderjahr 1 mSv effektive Dosis und 1/10 der Grenzwerte der Organdosiswerte nach Tab. 2 nicht überschreiten (§ 32 RöV, § 40 StrlSchV). Schwangere Frauen dürfen Kontrollbereiche nur betreten, wenn sie untersucht oder behandelt werden (§ 22 RöV, § 56 StrlSchV).

Die natürliche Strahlenbelastung der Bevölkerung innerhalb eines Kalenderjahres beträgt derzeit in Mitteleuropa (1,0 - 1,5) mSv, dem entspricht eine Dosisleistung von (0,1 - 0,2) μ Sv/h.

2.4 Strahlenschutzbereiche

Der Kontrollbereich (§ 19 RöV, § 36 StrlSchV) ist ein Bereich, in dem infolge der Anwendung ionisierender Strahlen die Möglichkeit besteht, dass Personen durch äußere oder innere Strahlenexposition im Kalenderjahr eine höhere Effektive Dosis als 6mSv oder höhere Organdosen als 45 mSv (Augenlinse) bzw.. 150 mSv (Haut, Hände, Unterarme, Füße, Knöchel) bei einem Aufenthalt von 40 h in der Woche und 50 w im Kalenderjahr erhalten können.

Ein Kontrollbereich besteht nur während der Zeit, in der durch den Betrieb einer abschaltbaren Strahlenquelle (Einschaltzeit) oder die Anwesenheit radioaktiver Stoffe eine Strahlenexposition von Personen unter den angegebenen Bedingungen auftreten kann. In der Umgebung von ortsveränderlich betriebenen Strahlenquellen entstehen auch ortsveränderliche Kontrollbereiche.

Kontrollbereiche sind abzugrenzen und deutlich sichtbar und dauerhaft zu kennzeichnen. Nach der Strahlenschutzverordnung hat die Kennzeichnung durch das schwarze Strahlenzeichen (Flügelrad) auf gelbem Untergrund und die Wörter "KONTROLLBEREICH" und "VORSICHT - STRAHLUNG" oder "RADIOAKTIV" zu erfolgen (§§ 35 und 58 StrlSchV). Nach der Röntgenverordnung muss die Kennzeichnung mindestens die Worte "KEIN ZUTRITT - RÖNTGEN" enthalten. Sie muss nicht nur während der Einschaltzeit der Röntgeneinrichtung, sondern auch während der Betriebsbereitschaft vorhanden sein (§ 19 RöV). Abgrenzungen von Strahlenschutzbereichen können aus bautechnischen, psychologischen oder organisatorischen Gründen oder zur Erhöhung der Sicherheit außerhalb der Grenze des Bereiches liegen.

Sperrbereich (§ 36 StrlSchV) ist der Teil des Kontrollbereichs, in dem die Ortsdosisleistung höher als 3 mSv/h sein kann. In der Regel wird es sich dabei um einen Bereich handeln, in dem ein Aufenthaltsverbot für alle Personen erforderlich ist, weil dort schon bei kurzem Aufenthalt zu erwarten ist, dass die für beruflich strahlenexponierte Personen höchstzulässige Körperdosis überschritten wird. Hiervon ausgenommen sind Patienten bei medizinischen Strahlenanwendungen.

Sperrbereiche sind abzugrenzen und deutlich sichtbar und dauerhaft zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung hat durch das schwarze Strahlenzeichen (Flügelrad) auf gelbem Untergrund und die Wörter "SPERRBEREICH - KEIN ZUTRITT -" zu erfolgen.

Unmittelbar an den Kontrollbereich schließen Überwachungsbereiche (§ 19 RöV, § 36 StrlSchV) an. Das sind nicht zum Kontrollebereich gehörende betriebliche Bereiche, in denen Personen im Kalenderjahr eine effektive Dosis von mehr als 1 mSv oder höhere Organdosen als 15 mSv für die Augenlinse oder 50 mSv für die Haut, die Hände, Unterarme, Füße, Knöchel erhalten können.

Bei ortsveränderlichem Umgang mit radioaktiven Stoffen und beim Betrieb von ortsveränderlichen Anlagen ist ein Kontrollbereich so abzugrenzen und zu kennzeichnen, dass unbeteiligte Personen diesen nicht unbeabsichtigt betreten können.

3 Radioaktive Stoffe

Radioaktive Stoffe sind solche, die ionisierende Strahlen spontan aussenden. Den radioaktiven Stoffen stehen Neutronenquellen gleich. Umschlossene radioaktive Stoffe sind solche, die ständig von einer allseitig dichten, festen, inaktiven Hülle umschlossen sind, die bei üblicher betriebsmäßiger Beanspruchung einen Austritt radioaktiver Stoffe mit Sicherheit verhindert. Dabei muss eine Abmessung des umschlossenen radioaktiven Präparates größer als 0,2 cm sein. Alle anderen radioaktiven Stoffe sind offene radioaktive Stoffe.

4 Anhang

Umrechnungsfaktoren für alte, gesetzlich **nicht mehr zulässige** Einheiten

$$1 \text{ rd} = 0,01 \text{ Gy}$$

$$1 \text{ R} = 0,258 \text{ mC/kg}$$

$$1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$$

$$1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$$

Das Gesetz über Einheiten im Messwesen vom 22.02.1985 (Einheitengesetz - EinhG) schreibt für den geschäftlichen und amtlichen Verkehr vor, dass Größen in gesetzlichen Einheiten anzugeben sind, wenn für sie Einheiten in einer Rechtsverordnung nach diesem Gesetz festgesetzt sind. Ein Verstoß gegen das EinhG ist eine Ordnungswidrigkeit, die mit einer Geldbuße geahndet werden kann.