

Medizinische Elektronenbeschleuniger-Anlagen  
Strahlenschutzregeln für die Errichtung

**DIN**  
**6847**  
Teil 2

Medical electron accelerators; radiation protection rules for installation

Ersatz für Ausgabe 11.77

Aufgestellt vom Normenausschuß Radiologie im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft.

Außer den Regeln dieser Norm sind die geltenden gesetzlichen Vorschriften und behördlichen Richtlinien zu beachten.

**Inhalt**

|                                                    | Seite |                                                   | Seite |
|----------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|
| 1 Anwendungsbereich .....                          | 1     | 6 Betriebsdaten .....                             | 3     |
| 2 Begriffe .....                                   | 1     | 7 Höchste zugelassene Ortsdosis .....             | 4     |
| 3 Grenzwerte der Körperdosen .....                 | 1     | 8 Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen ..... | 4     |
| 4 Anforderungen an die Räume .....                 | 2     | 9 Strahlenschutzbauzeichnung .....                | 10    |
| 5 Angaben des Herstellers und des Betreibers ..... | 2     | Berechnungsbeispiel .....                         | 12    |

**1 Anwendungsbereich**

Die Regeln dieser Norm gelten für die Errichtung<sup>1)</sup> von Elektronenbeschleuniger-Anlagen zur Anwendung von Röntgenstrahlung mit Grenzenergien zwischen 1 MeV und 50 MeV und Elektronenstrahlung mit Energien zwischen 1 MeV und 50 MeV und maximalen Energiedosisleistungen in 1 m Bestrahlungsabstand zwischen 1 mGy/s und 1 Gy/s sowie für normale Bestrahlungsabstände<sup>2)</sup> zwischen 0,5 m und 2 m bei der medizinischen Strahlenbehandlung. Für medizinische Elektronenbeschleuniger-Anlagen außerhalb dieser Bereiche können weitere Strahlenschutzmaßnahmen und Sicherheitsvorkehrungen notwendig sein.

Diese Regeln setzen voraus, daß bei der Herstellung des Elektronenbeschleunigers die Regeln nach DIN 6847 Teil 1 eingehalten werden.

**2 Begriffe**

Dieser Norm liegen die Begriffsbestimmungen nach den Normen der Reihe DIN 6814 zugrunde, insbesondere DIN 6814 Teil 5 „Strahlenschutz“ und DIN 6814 Teil 3 „Dosisgrößen und Dosisleistungen“. Dosis- und Dosisleistungsangaben in dieser Norm sind, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes bestimmt ist, Energiedosen und Energiedosisleistungen in Wasser im Dosismaximum. Ortsdosis- und Körperdosisangaben sind Äquivalentdosen in Wasser im Dosismaximum der Energiedosis.

**3 Grenzwerte der Körperdosen**

Die Regeln nach den Abschnitten 3.1 bis 3.4 haben Vorrang vor allen übrigen Regeln dieser Norm. Sie sind abgeleitet von den gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerten der Körperdosen von Personen, zu deren Schutz die bautechnischen Strahlenschutzvorkehrungen dienen.

**3.1** An Aufenthaltsplätzen von beruflich strahlenexponierten Personen der Kategorie A<sup>3)</sup> ist für die Bemessung des Strahlenschutzes eine Körperdosis von 50 mSv im Jahr als Höchstwert zugrunde zu legen.

**3.2** An Aufenthaltsplätzen von beruflich strahlenexponierten Personen der Kategorie B<sup>3)</sup> ist für die Bemessung des Strahlenschutzes eine Körperdosis von 15 mSv im Jahr als Höchstwert zugrunde zu legen.

**3.3** An Aufenthaltsplätzen von nicht beruflich strahlenexponierten Betriebsangehörigen ist für die Bemessung des Strahlenschutzes eine Körperdosis von 5 mSv im Jahr als Höchstwert zugrunde zu legen.

<sup>1)</sup> Errichtung im Sinne dieser Norm ist die Erstellung eines Bauwerkes mit bautechnischen Strahlenschutzvorkehrungen sowie Aufstellung und Anschluß des Elektronenbeschleunigers. Änderungen am Bau oder an Einrichtungen, welche die Strahlenschiefeigenschaften der Anlage beeinflussen, gelten ebenfalls als Errichtung. Maßgebend für die Einhaltung der Regeln dieser Norm ist nicht die Planung, sondern die tatsächliche Ausführung.

<sup>2)</sup> Der normale Bestrahlungsabstand ist der vom Hersteller anzugebende Bestrahlungsabstand, auf den sich die angezeigten Feldgrößen und Dosisleistungen im Nutzstrahlenbündel beziehen.

<sup>3)</sup> Zur Klassifizierung beruflich strahlenexponierter Personen siehe Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen vom 13. Oktober 1976, Bundesgesetzblatt I, Nr 125 (1976), S. 2905.

Fortsetzung Seite 2 bis 16

Normenausschuß Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

**3.4** An anderen Aufenthaltsplätzen als nach den Abschnitten 3.1 bis 3.3 ist für die Bemessung des Strahlenschutzes eine Körperdosis von 1,5 mSv im Jahr als Höchstwert zugrunde zu legen.

## 4 Anforderungen an die Räume

Der Betrieb eines Elektronenbeschleunigers macht es erforderlich, daß Strahlenschutzbereiche eingerichtet werden, in denen der Aufenthalt von Personen möglich ist, ohne daß die Grenzwerte der Körperdosis nach Abschnitt 3 überschritten werden. Für solche Strahlenschutzbereiche bestehen, je nachdem wie hoch die Körperdosis von Personen in diesen Bereichen werden darf, Aufenthalts- und Zutrittsbeschränkungen. Der Betriebsablauf sowohl innerhalb des Strahlenbetriebs als auch im Rahmen der Gesamtorganisation sollte dadurch möglichst wenig gestört werden. Deshalb sollten nur Aufenthalts- und Arbeitsplätze, die unmittelbar für den Betrieb des Elektronenbeschleunigers erforderlich sind, in Strahlenschutzbereichen liegen. Die Grenzen dieser Strahlenschutzbereiche sollten mit Raumgrenzen zusammengelegt werden. Hinsichtlich der Aufteilung der Räume in Kontroll- und Überwachungsbereich sind die einschlägigen Rechtsvorschriften zu beachten.

**4.1** Für eine Elektronenbeschleuniger-Anlage sind außer den Räumen, die für den sonstigen klinischen und technisch-physikalischen Arbeitsablauf und für die Energieversorgung des Elektronenbeschleunigers benötigt werden, mindestens ein Bestrahlungsraum und ein davon getrennter Bedienungsraum erforderlich.

**4.2** Für die Errichtung von Elektronenbeschleuniger-Anlagen ist vorauszusetzen, daß sich im Bestrahlungsraum nur der Patient und im übrigen Sperrbereich niemand aufhalten darf, solange die Strahlung eingeschaltet ist. Das Verlassen dieser Räume muß jederzeit möglich sein.

**4.3** Der Zugang zum Bestrahlungsraum muß mit einer Vorrichtung versehen sein, die durch Öffnen eines Kontaktes im Sicherheitsstromkreis die Strahlung abschaltet, wenn jemand den Bestrahlungsraum während der Einschaltzeit betritt. Das gleiche gilt für den übrigen Sperrbereich, sofern er während der Einschaltzeit betretbar ist.

**4.4** In jedem zugänglichen Raum des Sperrbereichs muß mindestens ein Schalter angebracht sein, mit dem durch Öffnen eines Kontaktes im Sicherheitsstromkreis die Strahlung abgeschaltet und die Einschaltbereitschaft des Elektronenbeschleunigers blockiert werden kann.

**4.5** In jedem zugänglichen Raum des Sperrbereichs muß deutlich erkennbar sein, ob der Elektronenbeschleuniger einschaltbereit ist und ob die Strahlung eingeschaltet ist. Ein Warnsignal, das von allen Aufenthaltsplätzen im Sperrbereich wahrgenommen werden kann, muß das Einschalten der Strahlung erkennen lassen.

**4.6** An allen Zugängen zum Sperrbereich muß deutlich erkennbar sein, ob die Strahlung eingeschaltet ist.

**4.7** Der Kontrollbereich muß an den Zugängen durch ein Warnzeichen für ionisierende Strahlung nach DIN 25 400 gekennzeichnet sein.

Zum Kontrollbereich gehört auch der Sperrbereich.

**4.8** Der Bestrahlungsplatz muß vom Bedienungsplatz aus beobachtet werden können. Zwischen beiden Plätzen muß eine Sprechverbindung vorhanden sein. Auch bei abgeschalteter Sprechverbindung muß der Patient das Bedienungspersonal auf sich aufmerksam machen können.

## 5 Angaben des Herstellers und des Betreibers

### 5.1 Angaben des Herstellers

Der Hersteller des Elektronenbeschleunigers muß dem Errichter ausführliche technische Unterlagen zur Verfügung stellen, die mindestens nachfolgende Angaben enthalten.

#### 5.1.1 Maßblätter, aus denen zu entnehmen sind

- a) die Abmessungen des Elektronenbeschleunigers,
- b) die Lage des Divergenzpunktes des Nutzstrahlenbündels, gegebenenfalls getrennt für die Röntgen- und Elektronenstrahlung, bezogen auf eine am Strahler von außen zugängliche Stelle,  
Auf den Divergenzpunkt beziehen sich die Abstandsangaben, für die Ortsdosisleistungen nach dem Abstandsquadratgesetz umgerechnet werden können.
- c) die Lage der Bahn, auf der die Elektronen beschleunigt werden, vom Injektor bis zum Strahlenaustrittsfenster, für Betrieb mit Röntgenstrahlung bis zur Antikathode, bezogen auf eine am Strahler von außen zugängliche Stelle,
- d) die Abmessungen für alle Einstell- und Bewegungsmöglichkeiten des Strahlers und sonstiger Teile der Bestrahlungseinrichtung.

**5.1.2** Die betriebsmäßig vorgesehenen Grenzenergien der Röntgenstrahlung und die betriebsmäßig vorgesehenen Elektronenenergien, gegebenenfalls die Energiebereiche, in denen diese Größen variiert werden können.

**5.1.3** Die maximalen Energiedosisleistungen jeder Strahlenart für den größten Nutzstrahlenbündelquerschnitt bei den angegebenen Strahlenenergien im Bezugsabstand  $a_0 = 1$  m vom Divergenzpunkt des Nutzstrahlenbündels.

Für die Zwecke dieser Norm wird angenommen, daß die Dosisleistung und der Nutzstrahlenbündelquerschnitt in 1 m Abstand auf größere Abstände nach dem Abstandsquadratgesetz umgerechnet werden können.

**5.1.4** Die Abmessungen des größten Nutzstrahlenbündelquerschnitts im Bezugsabstand  $a_0 = 1$  m vom Divergenzpunkt des Nutzstrahlenbündels für jede Strahlenart (siehe Anmerkung zu Abschnitt 5.1.3).

**5.1.5** Die räumliche Verteilung der Energiedosisleistung der außerhalb des größten Nutzstrahlenbündelquerschnitts aus dem Strahler austretenden Strahlung für denjenigen Betriebszustand und diejenigen Betriebsparameter, bei denen die höchsten Dosisleistungen außerhalb des Nutzstrahlenbündels auftreten.

Diese Verteilung kann z. B. in Form von Isodosenblättern angegeben werden oder durch einen analytischen Ausdruck, aus dem die maximale Dosisleistung an jedem Platz zu ermitteln ist. Dabei sind die Parameter so zu wählen, daß die tatsächliche Dosisleistung an keinem Platz größer ist als die nach den Angaben des Herstellers für diesen Platz ermittelte Dosisleistung.

**5.1.6** Die maximale Energiedosisleistung des Röntgenstrahlungsanteils im Nutzstrahlenbündel der Elektronenstrahlung unter den Betriebsbedingungen nach den Abschnitten 5.1.2, 5.1.3 und 5.1.4.

**5.1.7** Die maximale Energiedosisleistung des Neutronenstrahlungsanteils im Nutzstrahlenbündel der Röntgen- und der Elektronenstrahlung unter den Betriebsbedingungen nach den Abschnitten 5.1.2, 5.1.3 und 5.1.4, gegebenenfalls weitere Angaben, sofern sie für Strahlenschutzvorkehrungen gegen Neutronen erforderlich sind (siehe Anmerkung zu Abschnitt 8.7.1).

**5.1.8** Angaben, die für Strahlenschutzvorkehrungen gegen die in der Luft, im Patienten und in Bauteilen des Strahlers oder Strahler-Zubehörs durch Kernphotoprozesse erzeugten radioaktiven Stoffe erforderlich sind (siehe Abschnitt 8.9.1).

**5.1.9** Angaben über die Leistung im Nutzstrahlenbündel unter den Betriebsbedingungen nach den Abschnitten 5.1.2, 5.1.3 und 5.1.4 (siehe Abschnitte 8.9.1 und 8.9.2).

**5.1.10** Anweisungen für die Aufstellung und den Anschluß des Elektronenbeschleunigers und der übrigen zur Anlage gehörenden Einrichtungen, aus denen zu entnehmen ist,

- welche Maßnahmen getroffen werden müssen, damit die gerätetechnischen Strahlenschutzvorkehrungen nach DIN 6847 Teil 1 in ihrer Wirksamkeit nicht beeinträchtigt werden,
- welche Einrichtungen bei eingeschalteter Strahlung ständig oder gelegentlich zugänglich sein müssen und daher außerhalb des Sperrbereichs anzuordnen sind,
- wie die vom Errichter nach den Abschnitten 4.3 bis 4.6 vorzusehenden Schalt- und Anzeigevorrichtungen anzuschließen sind.

## 5.2 Angaben des Betreibers

Der Betreiber der Elektronenbeschleuniger-Anlage muß dem Errichter ausführliche Unterlagen zur Verfügung stellen, in denen die für die Errichtung wesentlichen Angaben über den vorgesehenen Betrieb enthalten sind. Mindestens sind folgende Angaben erforderlich:

**5.2.1** Zeichnungen der zum Strahlenbetrieb gehörenden Gebäude, Räume und Außenanlagen und der benachbarten Gebäude, Räume und Verkehrsflächen, aus denen die für Strahlenschutzberechnungen benötigten Abmessungen und Abstände entnommen werden können.

**5.2.2** Die Aufteilung der Räume innerhalb des Strahlenbetriebs und deren Benutzung (siehe Anmerkung zu Abschnitt 4).

**5.2.3** Arbeitsplätze und Aufenthaltsplätze von Personen innerhalb des Strahlenbetriebs, gegebenenfalls Angaben, in welchen Bereichen Beschränkungen der Aufenthaltsdauer eingehalten werden können.

**5.2.4** Angaben über die vorgesehene Ausdehnung und Abgrenzung von Kontrollbereichen und Sperrbereichen (siehe Anmerkung zu Abschnitt 4).

**5.2.5** Art und Nutzung von Bereichen außerhalb des Strahlenbetriebs.

**5.2.6** Angaben über die beabsichtigten Betriebsweisen (Kombination von Strahlenart, Strahlenenergie, Strahlrichtung, Stellung des Strahlers) und ihrer Häufigkeit, gegebenenfalls Angaben, für welche Betriebsweise Betriebsbeschränkungen eingehalten werden können.

**5.2.7** Die maximale Anzahl der in der Woche beabsichtigten Einzelbestrahlungen und deren mittlere Dosis, bezogen auf  $a_0 = 1$  m Abstand vom Divergenzpunkt des Nutzstrahlenbündels.

## 6 Betriebsdaten

### 6.1 Strahlenenergie

**6.1.1** Von den vom Hersteller vorgesehenen Grenzenenergien der Röntgenstrahlung ist für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen diejenige Energie  $E_r$  zu verwenden, für die das zur Abschirmung vorgesehene Material die höchste Zehntelwertdicke hat (siehe Bild 1).

**6.1.2** Von den vom Hersteller vorgesehenen Elektronenenergien ist für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen der Maximalwert  $E_e$  zu verwenden.

### 6.2 Dosisleistung

**6.2.1** Von den vom Hersteller angegebenen Energiedosisleistungen im Nutzstrahlenbündel sind für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen die Maximalwerte  $\dot{D}_r$  für Röntgenstrahlung und  $\dot{D}_e$  für Elektronenstrahlung im Bezugsabstand  $a_0 = 1$  m vom Divergenzpunkt des Nutzstrahlenbündels zu verwenden, auch wenn diese Werte bei anderen Strahlenenergien als denen nach Abschnitt 6.1 auftreten.

**6.2.2** Von den vom Hersteller angegebenen Energiedosisleistungen der außerhalb des maximalen Nutzstrahlenbündelquerschnittes austretenden Strahlung („Durchlaßstrahlung“) ist für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen der Maximalwert  $\dot{D}_0$  entsprechend den Angaben nach Abschnitt 5.1.5 zu verwenden, der bei den betriebsmäßig vorgesehenen Einstell- und Bewegungsmöglichkeiten des Strahlers an dem zu schützenden Platz auftritt.

### 6.3 Betriebsbelastung

Die Betriebsbelastung  $W_A$  gibt den Umfang der Ausnutzung einer Elektronenbeschleuniger-Anlage an. Sie ist gleich dem Produkt aus der Anzahl der Einzelbestrahlungen in der Woche und deren mittlerer Energiedosis, bezogen auf  $a_0 = 1$  m Abstand vom Divergenzpunkt des Nutzstrahlenbündels.

Der Umfang der Ausnutzung einer Elektronenbeschleuniger-Anlage ist begrenzt, weil sich die Vorbereitungszeit bei Patientenwechsel nicht beliebig verkürzen läßt. Selbst unter der Annahme, daß die Bestrahlungszeit verglichen damit sehr kurz ist, kann man eine Anzahl von Einzelbestrahlungen angeben, die im günstigsten Fall während der Arbeitszeit in der Woche appliziert werden können.

**6.3.1** Sofern Abschnitt 6.3.3 nichts anderes bestimmt, ist  $W_A = 10^6$  mGy zu setzen.

Der nach diesem Wert für  $W_A$  bemessene Strahlenschutz reicht z. B. aus für 250 Einzelbestrahlungen in der Woche mit je 4 Gy, bezogen auf 1 m Abstand.

**6.3.2** Wenn an einer Elektronenbeschleuniger-Anlage in mehreren Schichten gearbeitet wird, so ist für jede Arbeitsschicht mit dem Wert  $W_A$  nach Abschnitt 6.3.1 zu rechnen. Für die Bemessung der Strahlenschutzabschirmungen geht die Summe der Betriebsbelastungen in die Berechnung ein. Nur für Aufenthaltsplätze, an denen sichergestellt ist, daß sich dort pro Tag niemand länger aufhält als für die Dauer einer Schicht, darf für die Bemessung der Abschirmung der einfache Wert von  $W_A$  benutzt werden.

**6.3.3** Ergeben sich aus den Angaben des Betreibers nach Abschnitt 5.2.7 höhere Betriebsbelastungen  $W_A$  als nach Abschnitt 6.3.1, so muß die Bemessung der Strahlenschutzabschirmungen darauf abgestellt werden. Geringere Betriebsbelastungen dürfen nur berücksichtigt werden, wenn nach Art des Betriebs eine Zunahme von  $W_A$  nicht zu erwarten ist. Insbesondere darf bei intraoperativer Radiotherapie eine geringere Betriebsbelastung nicht berücksichtigt werden, da diese sich aus wenigen hochdosierten Einzelbestrahlungen zusammensetzt.

### 6.4 Richtungsfaktor

Der Richtungsfaktor  $U$  berücksichtigt die Richtung des Nutzstrahlenbündels in bezug auf die zu bemessende Abschirmung. Dafür sind alle Richtungen maßgebend, die bei der beabsichtigten Betriebsweise im Bereich des Nutzstrahlenbündels liegen können, zusätzlich eines Randbereichs von 10 Grad außerhalb des Nutzstrahlenbündels, bezogen auf dessen Divergenzpunkt.

Es sind folgende Zahlenfaktoren zu verwenden:

**6.4.1** Für den Schutz gegen Nutzstrahlung  $U = 1$ , wenn die regelmäßige Benutzung des Nutzstrahlenbündels in Richtung auf den zu schützenden Platz beabsichtigt ist, mindestens jedoch in Richtung auf den Fußboden und eine Seitenwand des Bestrahlungsraumes, soweit das Nutzstrahlenbündel dorthin gerichtet werden kann;

$U = 0,1$ , wenn das Nutzstrahlenbündel in höchstens 10 % der zugrundegelegten Betriebsbelastung oder nur im Fall der Bewegungsbestrahlung auf den zu schützenden Platz gerichtet wird;

$U = 0$ , wenn das Nutzstrahlenbündel nicht auf den zu schützenden Platz gerichtet werden kann.

**6.4.2** Für den Schutz gegen Durchlaßstrahlung, sekundäre und tertiäre Röntgenstrahlung und Neutronenstrahlung  $U = 1$ , unabhängig von der Richtung des Nutzstrahlenbündels.

## 6.5 Aufenthaltsfaktor

Der Aufenthaltsfaktor  $T$  berücksichtigt die zu erwartende Aufenthaltsdauer von Personen in den zu schützenden Bereichen, unabhängig von der tatsächlichen Aufenthaltsdauer.

Es sind nachfolgende Zahlenfaktoren zu verwenden.

**6.5.1**  $T = 1$  für Aufenthaltsplätze von beruflich strahlenexponierten Personen in Kontrollbereichen und für Arbeits- und Daueraufenthaltsplätze außerhalb des Kontrollbereichs (z. B. Büros, Laboratorien, Schaltplätze, Wohnungen und Bettenstationen).

Der Wert  $T = 1$  berücksichtigt, daß beruflich strahlenexponierte Personen während ihrer Arbeitszeit an verschiedenen Aufenthaltsplätzen der Strahlung ausgesetzt sein können.

**6.5.2**  $T = 0,3$  für Verkehrsflächen außerhalb des Strahlenbetriebs, die nicht für den Daueraufenthalt von Personen in Frage kommen (z. B. Straßen, Grünanlagen).

**6.5.3**  $T = 0,1$  für Plätze außerhalb von Kontrollbereichen, aber innerhalb des Strahlenbetriebs, an denen sichergestellt ist, daß sich dort niemand länger als ein Zehntel der Betriebszeit des Elektronenbeschleunigers aufhält (z. B. Patientenwarteräume, Flure, Treppen, Toiletten).

**6.5.4**  $T = 0$  für Plätze, an denen sich niemand aufhalten kann oder an denen sich während des Betriebs des Elektronenbeschleunigers außer dem Patienten niemand aufhalten darf (Sperrbereich).

## 6.6 Zusammenwirken der Faktoren $U$ und $T$

Bei der Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen geht in die Rechnung das Produkt  $W_A \cdot U \cdot T$  ein. Dabei darf  $U \cdot T$  nicht kleiner sein als 0,1, ausgenommen im Fall  $U = 0$  oder  $T = 0$ .

Es muß damit gerechnet werden, daß der kurzzeitige Aufenthalt und die selten benutzte Strahlrichtung zeitlich zusammenfallen. In solchen Fällen wäre eine Erhöhung der Ortsdosisleistung um einen Faktor von mehr als 10 ein zu großes Risiko.

## 7 Höchste zugelassene Ortsdosis

**7.1** Für die Bemessung von baulichen Strahlenschutzvorkehrungen wird der jeweilige Grenzwert der Körperdosis nach Abschnitt 3 der höchsten zugelassenen Ortsdosis an Daueraufenthaltsplätzen der entsprechenden Personengruppe gleichgesetzt.

**7.2** Für die Bemessung von baulichen Strahlenschutzvorkehrungen ist die höchste zugelassene Ortsdosis, die sich nach Abschnitt 7.1 als Jahresdosis ergibt, auf die höchste

zugelassene Ortsdosis in der Woche umzurechnen, da auch die Betriebsbelastung  $W_A$  nach Abschnitt 6.3 auf die Woche bezogen ist (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1. Höchste zugelassene Ortsdosis in der Woche

| Aufenthaltsplätze                                             | Höchste zugelassene Ortsdosis $H_w$ in der Woche | siehe Abschnitt |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| nur für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie A | 1 mSv                                            | 3.1             |
| für beruflich strahlenexponierte Personen der Kategorie B     | 0,3 mSv                                          | 3.2             |
| für nicht beruflich strahlenexponierte Betriebsangehörige     | 0,1 mSv                                          | 3.3             |
| für sonstige Personen                                         | 0,03 mSv                                         | 3.4             |

Die Werte gelten unter der Voraussetzung, daß am Aufenthaltsplatz nur eine Strahlenart wirksam ist. Die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen beim Zusammenwirken mehrerer Strahlenarten regelt Abschnitt 8.8.

**7.3** Die Äquivalentdosis  $H$  ist das Produkt aus der Energiedosis  $D$  und einem Bewertungsfaktor  $q$ . Für Röntgen- und Elektronenstrahlung und für die Beta- und Gammastrahlung radioaktiver Stoffe ist  $q = 1 \frac{\text{Sv}}{\text{Gy}}$ . Für Neutronenstrahlung ist in dieser Norm  $q = 10$  zu setzen.

Der Bewertungsfaktor  $q = 10 \frac{\text{Sv}}{\text{Gy}}$  wird im allgemeinen für schnelle Neutronen angenommen. Für langsame und thermische Neutronen gelten kleinere Werte. In Elektronenbeschleuniger-Anlagen ist jedoch auch bei gestreuten Neutronen mit einem erheblichen Dosisanteil durch schnelle Neutronen im Neutronenspektrum zu rechnen.

## 8 Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen

Die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen enthält mehrere Sicherheitsreserven:

- Gleichsetzung von Orts- und Körperdosen an Daueraufenthaltsplätzen,
- Gleichsetzung der Ortsdosis am Aufenthaltsplatz mit dem Maximalwert hinter der Abschirmung,
- Pauschalisierung von Aufenthalts- und Richtungsfaktoren,
- Berechnung mit maximalen Betriebsparametern (Energie, Dosisleistung, Feldgröße),
- volle Betriebsbelastung für die ungünstigste Kombination verschiedener Betriebsweisen,
- Reserven in der Berechnung bei der Berücksichtigung verschiedener Strahlungskomponenten,
- Außerachtlassung der Abschirmwirkung des Patienten.

Aus diesen Reserven ergibt sich eine Bemessung des Strahlenschutzes derart, daß die Strahlenexposition von Personen in der Regel weit unterhalb der höchsten zugelassenen Körperdosis bleibt.

## 8.1 Allgemeines Berechnungsschema

**8.1.1** Die Berechnung der Abschirmdicke gegen jede einzelne Strahlungskomponente, die auf einen zu schützenden Aufenthaltsplatz einwirkt, erfolgt nach der allgemeinen Formel

$$s_i = z_i \cdot \log_{10} \left( \frac{W_A \cdot U \cdot T \cdot K_i \cdot q_i}{H_w} \right)$$

Dabei sind für die Strahlungskomponente  $i$

$s$  die Abschirmdicke, senkrecht zur Oberfläche der Abschirmung bemessen,

Bei schräg einfallender Strahlung tritt die in der Abschirmung erzeugte Störstrahlung auf einem kürzeren Weg als in Einfallrichtung aus, die Abschirmung reicht daher nicht aus, wenn sie in Strahlrichtung statt senkrecht zur Oberfläche bemessen wird. Andererseits wäre die mögliche Einsparung an der Abschirmdicke zu gering, um ein komplizierteres Berechnungsschema für schräg einfallende Strahlung zu rechtfertigen.

$z$  die Zehntelwertdicke,

$W_A \cdot U \cdot T \cdot K \cdot q / H_w$  der Schwächungsgrad,

$H_w$  die höchste zugelassene Ortsdosis in der Woche nach Abschnitt 7.2,

$W_A$  die Betriebsbelastung in der Woche nach Abschnitt 6.3,

$U$  der Richtungsfaktor nach Abschnitt 6.4,

$T$  der Aufenthaltsfaktor nach Abschnitt 6.5, gegebenenfalls unter Beachtung der Regel nach Abschnitt 6.6,

$K$  der Reduktionsfaktor für die Dosisleistung. Er ist gleich dem Verhältnis zwischen der Energiedosisleistung der abzuschirmenden Strahlung an dem zu schützenden Platz und der Energiedosisleistung der Nutzstrahlung im Bezugsabstand  $a_0 = 1$  m,

$q$  der Bewertungsfaktor nach Abschnitt 7.3.

**8.1.2** Die Dicke der Strahlenschutzabschirmung ist zunächst unter der Annahme zu berechnen, daß an dem zu schützenden Platz jede Strahlungskomponente über die volle Betriebsbelastung  $W_A$ , aber unter Berücksichtigung des Richtungsfaktors  $U$  nach Abschnitt 6.4 und des Aufenthaltsfaktors  $T$  nach Abschnitt 6.5 wirksam ist.

Das Zusammenwirken mehrerer Strahlenquellen und Strahlungskomponenten regelt Abschnitt 8.8.

Im einzelnen gelten folgende Regeln (siehe auch Tabelle 4):

## 8.2 Abschirmung gegen Röntgennutzstrahlung

**8.2.1** Zugängliche Plätze außerhalb des Sperrbereichs müssen gegen Röntgennutzstrahlung abgeschirmt sein.

**8.2.2** Für die Berechnung der Dicke  $s_r$  der Abschirmung gegen Röntgennutzstrahlung ist in die Formel nach Abschnitt 8.1.1 einzusetzen

$z_r$  die Zehntelwertdicke für Röntgenstrahlung nach Bild 1,

$U$  der Richtungsfaktor für Nutzstrahlung nach Abschnitt 6.4.1,

$K_r$  der Reduktionsfaktor für Röntgennutzstrahlung nach Abschnitt 8.2.3.

**8.2.3** Für den Reduktionsfaktor  $K_r$  ist einzusetzen

$$K_r = \frac{a_0^2}{a_n^2}$$

Dabei ist

$a_0 = 1$  m,

$a_n$  der Abstand des zu schützenden Platzes vom Divergenzpunkt des Nutzstrahlenbündels.

Im Fall der Röntgennutzstrahlung geht in den Reduktionsfaktor nur das Verhältnis der Abstandsquadrate ein.

## 8.3 Abschirmung gegen Elektronennutzstrahlung

**8.3.1** Da die Dicke der Abschirmung gegen die von der Elektronennutzstrahlung in Nutzstrahlrichtung erzeugte Röntgenbremsstrahlung nach Abschnitt 8.3.2 in jedem Fall größer ist als die Elektronenreichweite, ist eine besondere Abschirmung gegen die primäre Elektronenstrahlung nicht erforderlich.

**8.3.2** Zugängliche Plätze außerhalb des Sperrbereichs müssen gegen die von der Elektronennutzstrahlung erzeugte Röntgenbremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung abgeschirmt sein.

**8.3.3** Für die Berechnung der Dicke  $s_b$  der Abschirmung gegen Röntgenbremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung ist in die Formel nach Abschnitt 8.1.1 einzusetzen

$z_r$  die Zehntelwertdicke für Röntgenstrahlung nach Bild 1,

$U$  der Richtungsfaktor für Nutzstrahlung nach Abschnitt 6.4.1,

$K_b$  der Reduktionsfaktor für Röntgenbremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung nach Abschnitt 8.3.4.

**8.3.4** Für den Reduktionsfaktor  $K_b$  ist einzusetzen

$$K_b = \frac{(\dot{D}_{re} + k_e \cdot \dot{D}_e) \cdot a_0^2}{\dot{D}_e \cdot a_n^2}$$

Dabei sind

$a_0 = 1$  m,

$a_n$  der Abstand des zu schützenden Platzes vom Divergenzpunkt des Nutzstrahlenbündels,

$\dot{D}_e$  die maximale Energiedosisleistung der Elektronennutzstrahlung nach Abschnitt 6.2.1,

$\dot{D}_{re}$  die vom Hersteller nach Abschnitt 5.1.6 anzugebende maximale Energiedosisleistung des Röntgenstrahlungsanteils im Nutzstrahlenbündel der Elektronenstrahlung und

$k_e$  der Faktor zur Bemessung von Abschirmungen gegen außerhalb des Strahlers erzeugte Röntgenbremsstrahlung nach Bild 2.

Der Reduktionsfaktor  $K_b$  berücksichtigt außer der von der Elektronennutzstrahlung mit der Ausbeute  $k_e$  erzeugten Röntgenbremsstrahlung auch den im Nutzstrahlenbündel schon enthaltenen Röntgenstrahlungsanteil. Die Dosisleistungen beider Anteile sind einfachheitshalber mit dem gleichen Verhältnis  $a_0^2 / a_n^2$  der Abstandsquadrate multipliziert, obwohl für die Röntgenbremsstrahlung eine stärkere Abnahme mit dem Abstand anzunehmen ist, weil die Quelle dieser Strahlung näher an dem zu schützenden Platz liegt als der Divergenzpunkt des Nutzstrahlenbündels.

## 8.4 Abschirmung gegen Durchlaßstrahlung

**8.4.1** Zugängliche Plätze außerhalb des Sperrbereichs müssen gegen Durchlaßstrahlung abgeschirmt sein.

**8.4.2** Für die Berechnung der Dicke  $s_0$  der Abschirmung gegen Durchlaßstrahlung ist in die Formel nach Abschnitt 8.1.1 einzusetzen

$z_r$  die Zehntelwertdicke für Röntgenstrahlung nach Bild 1,

$U = 1$  für den Richtungsfaktor nach Abschnitt 6.4.2,

$K_0$  der Reduktionsfaktor für Durchlaßstrahlung nach Abschnitt 8.4.3.