

DIN 6847-2



ICS 11.040.50; 13.280

Einsprüche bis 2020-09-03
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 6847-2:2014-03

Entwurf

Medizinische Elektronenbeschleuniger-Anlagen – Teil 2: Bautechnische Anforderungen an den Strahlenschutz und Festlegung zur Prüfung von Genehmigungsvoraussetzungen für den Betrieb

Medical electron accelerators –

Part 2: Structural requirements for radiation protection and requirements for testing of approval conditions for operation

Accélérateurs médicaux d'électrons –

Partie 2: Règles pour la conception structurelle de la radioprotection

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-07-03 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nar@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) oder Alexander-Wellendorff-Str. 2, 75172 Pforzheim.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 51 Seiten

DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
3.1 Begriffe	6
3.2 Indizes	8
4 Dosis- und Dosisleistungsangaben	8
5 Höchstwerte für die Dosis hinter der Abschirmung	8
6 Anforderungen an die Räume	9
7 Angaben des Herstellers und des Strahlenschutzverantwortlichen	10
7.1 Angaben des Herstellers	10
7.2 Angaben des Strahlenschutzverantwortlichen	11
8 Betriebsdaten	12
8.1 Strahlungsenergie	12
8.2 Dosisleistung	12
8.3 Betriebsbelastung	12
8.4 Richtungsfaktor	13
8.5 Aufenthaltsfaktor	14
8.6 Zusammenwirken der Faktoren U und T	14
9 Höchste zugelassene Ortsdosis	14
10 Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen	15
10.1 Allgemeines	15
10.2 Allgemeines Berechnungsschema	15
10.3 Abschirmung gegen Bremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung	16
10.4 Abschirmung gegen Elektronennutzstrahlung	17
10.5 Abschirmung gegen Durchlassstrahlung	18
10.6 Abschirmung gegen sekundäre Bremsstrahlung	22
10.7 Abschirmung des Zuganges zum Bestrahlungsraum	25
10.7.1 Abschirmung des Strahlenschutzlabyrinths	25
10.7.2 Abschirmung des Tores bei labyrinthlosen Bestrahlungsräumen	26
10.8 Abschirmung gegen Neutronenstrahlung	27
10.9 Abschirmung des Strahlenschutzlabyrinths	31
10.10 Zusammenwirken mehrerer Strahlungsquellen und -komponenten	33
10.11 Bauliche Strahlenschutzvorkehrungen gegen radioaktive Stoffe, die durch Kernphotoprozesse entstehen	34
11 Strahlenschutzbauzeichnung	35
11.1 Angaben des Errichters	35
11.2 Verbleib der Strahlenschutzbauzeichnung	35
12 Prüfung der Einhaltung von Strahlenschutzregeln	35
12.1 Allgemeines	35
12.2 Prüfung der Anforderungen an die Räume nach 6 c) bis 6 i)	35
12.3 Prüfung der baulichen Abschirmungen	35
12.3.1 Anforderungen an die Messgeräte	36
12.3.2 Prüfung der Anforderungen der baulichen Abschirmungen	36
12.3.3 Beurteilung der Messergebnisse	37
13 Prüfung der raumlufttechnischen Anlage	37
Anhang A (informativ) Tabellen zu den Schwächungskurven in Bild 3, Bild 4 und Bild 5	38
Anhang B (informativ) Berechnungsbeispiel	41
Stichwortverzeichnis	48
Literaturhinweise	51

Bilder

Bild 1 — Beispiel für den Abstand a_n für Nutzstrahlung	17
Bild 2 — Beispiel für den Abstand a_n für Durchlassstrahlung	19
Bild 3 — Produkt der Zehntelwertdicke z_X und Dichte ρ für Bremsstrahlung, Durchlassstrahlung, Röntgenstrahlungsanteil im Strahlungsfeld der Elektronenstrahlung und von Elektronen außerhalb des Strahlerkopfes erzeugte Bremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung für die in der Legende aufgeführten Materialien	20
Bild 4 — Produkt der Zehntelwertdicke z_X und Dichte ρ für Bremsstrahlung, Durchlassstrahlung, Röntgenstrahlungsanteil im Strahlungsfeld der Elektronenstrahlung und von Elektronen außerhalb des Strahlerkopfes erzeugte Bremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung für die in der Legende aufgeführten Materialien	21
Bild 5 — Faktor k_{XE} zur Bemessung von Abschirmungen gegen außerhalb des Strahlerkopfes erzeugte Bremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung	22
Bild 6 — Beispiele für den Abstand a_{XS} für sekundäre Bremsstrahlung	24
Bild 7 — Beispiel für den Abstand a_{Xt} und die Fläche A_{Xt} für tertiäre Bremsstrahlung	26
Bild 8 — Beispiele für den Abstand a_{Nn} für direkte Neutronenstrahlung	28
Bild 9 — Beispiel für den Abstand a_{Ns} für gestreute Neutronenstrahlung	30
Bild 10 — Darstellung der Labyrinthlänge und -breite	31
Bild B.1 — Grundriss für das Berechnungsbeispiel zur Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen in Elektronenbeschleunigeranlagen	42

Tabellen

Tabelle 1 — Höchste zugelassene Ortsdosis H_W	15
Tabelle 2 — Produkt aus Zehntelwertdicke z_{XS} bzw. z_{Xt} und Dichte ρ für sekundäre bzw. tertiäre Bremsstrahlung	23
Tabelle 3 — Zehntelwertdicken z_{Nn} und z_{Ns} für Neutronenstrahlung	30
Tabelle 4 — Parameter für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen nach 10.2 bis 10.9	32
Tabelle 5 — Verstärkungen von Abschirmungen beim Zusammenwirken mehrerer Strahlungskomponenten	34
Tabelle A.1 — Produkt der Zehntelwertdicke z_X und Dichte ρ für Bremsstrahlung, Durchlassstrahlung, Röntgenstrahlungsanteil im Strahlungsfeld der Elektronenstrahlung und von Elektronen außerhalb des Strahlerkopfes erzeugte Bremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung für die aufgeführten Materialien (siehe Bild 3)	38
Tabelle A.2 — Produkt der Zehntelwertdicke z_X und Dichte ρ für Bremsstrahlung, Durchlassstrahlung, Röntgenstrahlungsanteil im Strahlungsfeld der Elektronenstrahlung und von Elektronen außerhalb des Strahlerkopfes erzeugte Bremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung für die aufgeführten Materialien (siehe Bild 4)	39
Tabelle A.3 — Faktor k_{XE} zur Bemessung von Abschirmungen gegen außerhalb des Strahlerkopfes erzeugte Bremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung (siehe Bild 5)	40
Tabelle B.1 — Angaben des Strahlenschutzverantwortlichen für das Berechnungsbeispiel zur Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen nach Bild B.1	42
Tabelle B.2 — Betriebsdaten nach Angaben des Herstellers für das Berechnungsbeispiel zur Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen nach Bild 1	43
Tabelle B.3 — Berechnungsdaten zur Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen für die verschiedenen Strahlungskomponenten und Aufenthaltsorte in dem Berechnungsbeispiel nach Bild B.1	45

Vorwort

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 080-00-02 AA „Strahlenschutz“ im DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR).

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

Diese Norm legt Regeln für die Auslegung des baulichen STRAHLENSCHUTZES an medizinischen ELEKTRO-NENBESCHLEUNIGERANLAGEN im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens nach § 11 Absatz 2 StrlSchV fest.

Definierte Begriffe werden in Übereinstimmung mit dem Verfahren bei IEC in KAPITÄLCHEN geschrieben, außer im Inhaltsverzeichnis, in Benennungen und in Überschriften. Eine Übersicht aller in diesem Dokument verwendeten definierten Begriffe, einschließlich Quellenangaben und englischer Übersetzungen, ist im Stichwortverzeichnis am Ende der Norm enthalten.

DIN 6847, *Medizinische Elektronenbeschleunigeranlagen*, besteht aus:

- *Teil 2: Bautechnische Anforderungen an den Strahlenschutz und Festlegungen zur Prüfung von Genehmigungsvoraussetzungen für den Betrieb*
- *Teil 5: Konstanzprüfungen von Kennmerkmalen*
- *Teil 6: Elektronische Bildempfänger(EPID) — Konstanzprüfung*

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 6847-2:2014-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Titels;
- b) Anpassung an das neue Strahlenschutzrecht;
- c) Änderung von Richtungsfaktoren und Aufenthaltsfaktoren;
- d) Aufnahme von Überlegungen zum Skyshine;
- e) Aufnahme einer Erklärung zur Luftaktivierung;
- f) Überarbeitung der Abschnitte 12 und 13;
- g) Aufnahme von Tabellen zu Bild 3, Bild 4 und Bild 5.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist anzuwenden für die ERRICHTUNG von ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGEN zur Anwendung von BREMSSTRAHLUNG mit GRENZENERGIEN zwischen 3 MeV und 50 MeV und ELEKTRONENSTRAHLUNG mit Energien zwischen 3 MeV und 50 MeV bei der medizinischen Strahlenbehandlung.

Das Dokument ist auch für den Betrieb von ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGEN, die im Modus ohne AUSGLEICHSFILTER und für die Anwendung in der FLUENZMODULIERTEN STRAHLENTHERAPIE (en: intensity modulated radiotherapy, IMRT) betrieben werden, anzuwenden.

Dieses Dokument ist nicht für die ERRICHTUNG von ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGEN zur Anwendung in der Tomotherapie und robotergestützten Strahlentherapie anzuwenden.

Für die Sicherheit von ELEKTRONENBESCHLEUNIGERN gilt DIN EN 60601-2-1 (VDE 0750-2-1).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN EN 12599, *Lüftung von Gebäuden — Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumlufttechnischer Anlagen*

DIN EN 60601-2-1 (VDE 0750-2-1), *Medizinische elektrische Geräte — Teil 2-1: Besondere Festlegungen für die Sicherheit einschließlich der wesentlichen Leistungsmerkmale von Elektronenbeschleunigern im Bereich von 1 MeV bis 50 MeV*

Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz — StrlSchG) vom 27. Juni 1976 (BGBl. I S. 1966), das durch Artikel 2 des Gesetzes vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966) geändert worden ist

Strahlenschutz in der Medizin — Richtlinie zur Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) vom 26. Mai 2011 (GMBL 2011, Nr. 44-47, S. 867), zuletzt geändert durch RdSchr. des BMUB vom 11. Juli 2014 (GMBL 2014, Nr. 49, S. 1020)

Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung — StrlSchV) vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe im Stichwortverzeichnis und die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>

— DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1 Begriffe

3.1.1

Betriebsbelastung

W_A

Produkt aus der Anzahl der Einzelbestrahlungen in einer Woche und des Mittelwertes der KENNDOSIS der Einzelbestrahlungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Einheit der BETRIEBSBELASTUNG: „Gray“ (Einheitenzeichen Gy).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die BETRIEBSBELASTUNG W_A gibt den Umfang der Ausnutzung einer ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGE an.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Anzahl der Einzelbestrahlungen am PATIENTEN entspricht der Zahl der unabhängig voneinander bestrahlten FRAKTIONEN.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die Einzelbestrahlungen beinhalten sowohl Patientenbestrahlungen als auch Maßnahmen zur Qualitätssicherung wie z. B. IMRT-Planverifikationen, Kalibrierungen DOSISMONITOR und weitere technische Überprüfungen.

[QUELLE: DIN 6853-2:2005-10, 3.7, modifiziert – „der mittleren“ durch „des Mittelwertes der“ ersetzt, Anmerkung 2 modifiziert und die Anmerkungen 3 und 4 ergänzt]

3.1.2

Kenndosis

Maximalwert der WASSER-ENERGIEDOSIS, gemessen auf dem ZENTRALSTRAHL in einem quasi-unendlichen Wasserphantom oder wasseräquivalenten Phantom bei 100 cm Fokus-Messort-Abstand und einer GEOMETRISCHEN FELDDGRÖSSE von 10 cm × 10 cm in 100 cm Fokus-Abstand

[DIN 6846-2:2003-06, 3.1]

3.1.3

Errichtung

Erstellung eines Bauwerks mit bautechnischen Strahlenschutzvorkehrungen oder Änderungen am Bau oder an Einrichtungen, welche die Strahlenschutzeigenschaften der Anlage beeinflussen, sowie Aufstellung und Anschluss des ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS

3.1.4

Elektronenbeschleunigeranlage

Gesamtheit aus ELEKTRONENBESCHLEUNIGER, Installation, zugehörigen baulichen Mitteln und Energieversorgung

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu baulichen Mitteln zählen z. B. Strahlenschutzwände.

3.1.5

Richtungsfaktor

U

Zahlenwert, der die Richtung des NUTZSTRAHLENBÜNDELS in Bezug auf die zu bemessende Abschirmung berücksichtigt

3.1.6

Aufenthaltssfaktor

T

Zahlenwert, der die zu erwartende Aufenthaltsdauer von Personen in den zu schützenden Bereichen unabhängig von der tatsächlichen Aufenthaltsdauer berücksichtigt

3.1.7

Reduktionsfaktor

R_i

Zahlenwert, der für BREMSSTRAHLUNG in Nutzstrahlrichtung den Abstand des schützenden Ortes in Relation zum Abstand $a_0 = 1$ m berücksichtigt sowie für alle anderen Strahlungskomponenten zusätzlich deren Dosisanteil an der Dosis der Gesamtstrahlung im Abstand $a_0 = 1$ m mit einbezieht und der für BREMSSTRAHLUNG und ELEKTRONENSTRAHLUNG mit dem Faktor 1 sowie für NEUTRONENSTRAHLUNG mit dem Faktor 10 zu multiplizieren ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Index i kennzeichnet die Strahlungsart und die Strahlungsfeldkomponente nach 3.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Mit den STRAHLUNGS-WICHTUNGSFAKTOREN $w_R = 1$ bzw. 10 wird die BETRIEBSBELASTUNG mit der Einheit „Gray“ für die Strahlenarten BREMSSTRAHLUNG und ELEKTRONENSTRAHLUNG bzw. NEUTRONENSTRAHLUNG in eine ÄQUIVALENTDOSIS mit der Einheit „Sievert“ umgerechnet. Dabei wird für NEUTRONENSTRAHLUNG vereinfachend für alle Energien der gleiche Faktor angenommen.

3.1.8

Zehntelwertdicke

Z_i

Dicke einer Abschirmung, hinter der für eine bestimmte Strahlungskomponente i der Wert der UMGEBUNGS-ÄQUIVALENTDOSISLEISTUNG $\dot{H}^*(10)$ ein Zehntel des Wertes ohne diese Abschirmung beträgt

Anmerkung 1 zum Begriff: Das bedeutet, dass der SCHWÄCHUNGSFAKTOR F den Wert 10 annimmt.

3.1.9

Schwächungsfaktor

F

Quotient aus der UMGEBUNGS-ÄQUIVALENTDOSISLEISTUNG $\dot{H}_0^*(10)$ ohne Abschirmung und der UMGEBUNGS-ÄQUIVALENTDOSISLEISTUNG $\dot{H}^*(10)$ mit Abschirmung (jeweils für den gleichen Ort)

$$F = \frac{\dot{H}_0^*(10)}{\dot{H}^*(10)}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Berechnung der Dicke von Abschirmungen erfolgt für ELEKTRONENBESCHLEUNIGER getrennt nach Strahlungskomponenten, so dass SCHWÄCHUNGSFAKTOREN F_i für eine bestimmte Strahlungskomponente i der Berechnung zugrunde gelegt werden.

[QUELLE: DIN 6844-3:2006-12, 3.10, modifiziert – Anmerkung 1 zum Begriff ergänzt]

3.1.10

Volumenstrom

Volumen eines Stoffes, das je Zeiteinheit eine festgelegte Fläche durchströmt

[QUELLE: DIN EN 12792:2004-01, 395]

3.1.11

Strahlenfeld

von STRAHLUNG erfüllter räumlicher Bereich, der innerhalb der vom VIRTUELLEN QUELLPUNKT ausgehenden, die wirksamen Kanten des BLENDENSYSTEMS schneidenden geometrischen Strahlen liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Während mit dem Begriff „STRAHLUNG“ zusammengesetzte Begriffe – z. B. „STRAHLUNGSFELD“, „STRAHLUNGSQUALITÄT“ – allgemein auf das Vorhandensein oder die Eigenschaften von STRAHLUNG abzielen, weisen mit dem Begriff „STRAHLENFELD“ gebildete oder assoziierte Begriffe – z. B. „STRAHLENFELDACHSE“, „FELDEBENE“, „FELDAUSGLEICH“ – auf geometrische oder dosimetrische Eigenschaften eines STRAHLENFELDES hin. Zur sprachlichen Unterscheidung wird das STRAHLENFELD auch als „geometrisches Strahlenfeld“ bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein STRAHLENFELD wird stets durch seine GEOMETRISCHE FELDGRÖSSE beschrieben, das ist die Schnittfläche des STRAHLENFELDES mit einer durch ihren Abstand vom FOKUS spezifizierten Ebene senkrecht zum ZENTRALSTRAHL. Aus der FELDGRÖSSE geht also eindeutig die räumliche Ausdehnung des STRAHLENFELDES hervor.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die von BESTRAHLUNGSPLANUNGSSYSTEMEN angenommenen oder berechneten STRAHLENFELDER können von den hier definierten tatsächlichen STRAHLENFELDERN abweichen.

Anmerkung 4 zum Begriff: In bisher gültigen Normen wird das STRAHLENFELD als Nutzstrahlenbündel bezeichnet.

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 9.3, modifiziert – zweite Benennung gestrichen]

3.1.12

Strahlungsfeld

räumliche Verteilung von STRAHLUNG im Vakuum oder in Materie

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein STRAHLUNGSFELD wird durch ortsabhängige Kenngrößen der betreffenden Strahlung, z. B. die ENERGIEDOSISLEISTUNG, die TEILCHENFLUSSDICHTe oder die QUELLDICHTe der IONISIERENDEN TEILCHEN, beschrieben.

[QUELLE: DIN 6814-2:2000-07, 9.1]

3.2 Indizes

In dieser Norm werden für Strahlungskomponenten, d. h. Strahlungsarten und Strahlungsfeldkomponenten, die folgenden Indizes benutzt:

Indizes mit Großbuchstaben bezeichnen die Strahlungsart:

- BREMSSTRAHLUNG X
- ELEKTRONENSTRAHLUNG E
- NEUTRONENSTRAHLUNG N
- von Elektronennutzstrahlung erzeugte BREMSSTRAHLUNG XE

Indizes mit Kleinbuchstaben bezeichnen die Strahlungsfeldkomponente:

- NUTZSTRAHLUNG, direkte Strahlung n
- DURCHLASSSTRAHLUNG d
- sekundäre und gestreute Strahlung s
- tertiäre Strahlung t

4 Dosis- und Dosisleistungsangaben

Dosis- und Dosisleistungsangaben zur Charakterisierung der NUTZSTRAHLUNG erfolgen als WASSER-ENERGIEDOSIS(-LEISTUNG) im Dosismaximum. ORTSDOSIS(-LEISTUNG) wird als UMGEBUNGS-ÄQUIVALENTDOSIS(-LEISTUNG) und die KÖRPERDOSIS als EFFEKTIVE DOSIS angegeben.

5 Höchstwerte für die Dosis hinter der Abschirmung

Die folgenden Festlegungen haben Vorrang vor allen übrigen Festlegungen dieser Norm. Höchstwerte für die Dosis an zu schützenden Orten hinter der Abschirmung sind abgeleitet von

- dem in der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin angegebenen Richtwert der KÖRPERDOSIS für das beruflich strahlenexponierte Personal an Bedieneinrichtungen von Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen,
- den im StrlSchG gesetzlich vorgeschriebenen, jeweils auf das Kalenderjahr bezogenen Werten für die KÖRPERDOSEN von Personen, zu deren Schutz die baulichen Strahlenschutzvorkehrungen dienen.

Daraus ergeben sich folgende Festlegungen für Aufenthaltsorte von Personen:

- a) In Bedienräumen von Beschleunigern wird für die Bemessung des STRAHLENSCHUTZES der Höchstwert für die EFFEKTIVE DOSIS durch die zuständige Behörde festgelegt.

ANMERKUNG Dabei orientiert sich die Behörde in der Regel an den Empfehlungen der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin.

- b) An anderen Aufenthaltsorten von beruflich strahlenexponierten Personen außerhalb des KONTROLLBEREICHS darf für die Bemessung des STRAHLENSCHUTZES eine EFFEKTIVE DOSIS von 6 mSv im Jahr zugrunde gelegt werden.
- c) An Aufenthaltsorten von Einzelpersonen der Bevölkerung ist für die Bemessung des STRAHLENSCHUTZES eine EFFEKTIVE DOSIS von 1 mSv im Jahr zugrunde zu legen.

6 Anforderungen an die Räume

An die Räume werden folgende Anforderungen gestellt:

- a) Der Betrieb eines ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS macht es erforderlich, dass STRAHLENSCHUTZBEREICHE eingerichtet werden, in denen der Aufenthalt von Personen möglich ist, ohne dass die Werte der KÖRPERDOSIS nach Abschnitt 5 überschritten werden. Für solche STRAHLENSCHUTZBEREICHE bestehen, je nachdem, wie hoch die EFFEKTIVE DOSIS von Personen in diesen Bereichen werden darf, Aufenthalts- und Zutrittsbeschränkungen. Der Betriebsablauf sowohl innerhalb der STRAHLENTHERAPEUTISCHEN ORGANISATION als auch im Rahmen der Gesamtorganisation sollte dadurch möglichst wenig gestört werden. Deshalb sollten nur Aufenthaltsorte, 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.
- b) Für eine ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGE sind außer den Räumen, die für den sonstigen klinischen und physikalisch-technischen Arbeitsablauf und für die Energieversorgung des ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS benötigt werden, mindestens ein BESTRAHLUNGSRaum und ein davon getrennter BEDIENUNGSRaum erforderlich.
- c) Für die ERRICHTUNG von ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGEN ist vorauszusetzen, dass sich im BESTRAHLUNGSRaum nur der PATIENT sowie im übrigen SPERRBEREICH niemand aufhalten darf, solange die Strahlung eingeschaltet ist.

ANMERKUNG Das kann z. B. durch den Einsatz von geeigneten technischen Personenschutzsystemen sichergestellt werden.

Das Verlassen dieser Räume muss jederzeit möglich sein. Das ist bei der Planung des Zugangs zum BESTRAHLUNGSRaum zu berücksichtigen.

- d) Der Zugang zum BESTRAHLUNGSRaum muss bei STRAHLENSCHUTZLABYRINTHEN mit einer Vorrichtung versehen sein, die durch Unterbrechung des Sicherheitsstromkreises die Strahlung abschaltet, wenn jemand den BESTRAHLUNGSRaum während der BESTRAHLUNGZEIT betritt. Begrenzen Tore den Bestrahlungsraum, so müssen Vorrichtungen vorhanden sein, die durch Unterbrechung des Sicherheits-

stromkreises die Strahlung abschaltet, wenn das Tor zum Bestrahlungsraum geöffnet wird. Das Gleiche gilt für den übrigen SPERRBEREICH, sofern er während der BESTRAHLUNGSZEIT betretbar ist.

- e) In jedem zugänglichen Raum des SPERRBEREICHS muss mindestens ein zwangsbetätigter Schalter angebracht sein, mit dem durch Öffnen eines Kontaktes im Sicherheitsstromkreis die Strahlung abgeschaltet und die Einschaltbereitschaft des ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS blockiert werden kann.
- f) 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 Aufenthaltsorten im SPERRBEREICH wahrgenommen werden kann, muss das Einschalten der Strahlung erkennen lassen.
- g) An allen Zugängen zum SPERRBEREICH muss deutlich erkennbar sein, ob die Strahlung eingeschaltet ist.
- h) Der KONTROLLBEREICH muss an den Zugängen durch ein Warnzeichen für ionisierende Strahlung nach Anlage 10 StrSchV gekennzeichnet sein. Zum KONTROLLBEREICH gehört auch der SPERRBEREICH.
- i) Der PATIENT muss vom BEDIENUNGSRAUM aus beobachtet werden können. Zwischen BEDIENUNGSRAUM und PATIENT muss eine Sprechverbindung vorhanden sein.

7 Angaben des Herstellers und des Strahlenschutzverantwortlichen

7.1 Angaben des Herstellers

Der HERSTELLER des ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS muss ausführliche technische Unterlagen zur Verfügung stellen, die mindestens nachfolgende Angaben enthalten:

- a) Maßblätter, aus denen zu entnehmen sind:
 - 1) die Maße des Elektronenbeschleunigers;
 - 2) die Lage des Divergenzpunktes des STRAHLENFELDES, gegebenenfalls getrennt für die BREMS- und ELEKTRONENSTRAHLUNG, bezogen auf eine am STRAHLERKOPF von außen zugängliche Stelle. Auf den Divergenzpunkt beziehen sich die Abstandsangaben, für die Dosisleistungen nach dem Abstandsquadratgesetz umgerechnet werden können;
 - 3) die Lage der Bahn, auf der die Elektronen beschleunigt werden, vom Injektor bis zum Strahlenaustrittsfenster, für Betrieb mit BREMSSTRAHLUNG bis zum TARGET, bezogen auf eine am STRAHLERKOPF von außen zugängliche Stelle;
 - 4) die Maße für alle Einstell- und Bewegungsmöglichkeiten des STRAHLERKOPFES und sonstiger Teile des ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS;
- b) die betriebsmäßig vorgesehenen GRENZENERGIEN der BREMSSTRAHLUNG und die betriebsmäßig vorgesehenen Elektronenenergien, gegebenenfalls die Energiebereiche, in denen diese Größen variiert werden können;
- c) die höchsten WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNGEN jeder Strahlungsart für die maximale FELDGRÖSSE bei den angegebenen STRAHLUNGSENERGIEN im Abstand $a_0 = 1$ m vom Divergenzpunkt des STRAHLENFELDES;

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

- d) die Maße der maximalen FELDGRÖSSE im Abstand $a_0 = 1$ m vom Divergenzpunkt des STRAHLENFELDES für jede Strahlungskomponente (siehe Anmerkung zu 7.1 c);

- e) die räumliche Verteilung der WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG der außerhalb der maximalen FELDGRÖSSE aus dem STRAHLERKOPF austretenden Strahlung für denjenigen Betriebszustand und diejenigen Betriebsparameter, bei denen die höchsten Dosisleistungen außerhalb des STRAHLENFELDES auftreten;

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

- f) die höchste WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG des Röntgenstrahlungsanteils im STRAHLUNGSFELD der ELEKTRONENSTRAHLUNG unter den Betriebsbedingungen nach 7.1 b und 7.1 c);
- g) die höchste WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG des Neutronenstrahlungsanteils im STRAHLUNGSFELD der BREMS- und der ELEKTRONENSTRAHLUNG unter den Betriebsbedingungen nach 7.1 b), 7.1 c) und 7.1 d), gegebenenfalls weitere Angaben, sofern sie für Strahlenschutzvorkehrungen gegen Neutronen erforderlich sind (siehe auch 10.8 b));
- h) Angaben, die für Strahlenschutzvorkehrungen gegen die in der Luft, im PATIENTEN und in Bauteilen des STRAHLERKOPFES oder STRAHLERKOPF-Zubehörs durch Kernphotoprozesse erzeugten RADIOAKTIVEN STOFFE erforderlich sind (siehe 10.11 a));
- i) Angaben über die Parameter des STRAHLENFELDES unter den Betriebsbedingungen nach 7.1 b), 7.1 c) und 7.1 d).
- j) Anweisungen für die Aufstellung und den Anschluss des ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS und der übrigen zur ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGE gehörenden Einrichtungen, aus denen zu entnehmen ist,
- 1) welche Maßnahmen getroffen werden müssen, damit die gerätetechnischen Strahlenschutzvorkehrungen nach DIN EN 60601-2-1 (VDE 0750-2-1) in ihrer Wirksamkeit nicht beeinträchtigt werden,
 - 2) welche Einrichtungen bei eingeschalteter Strahlung ständig oder gelegentlich zugänglich sein müssen und daher außerhalb des SPERRBEREICHES anzuordnen sind,
 - 3) wie die nach Abschnitt 6, d) bis g), vorzusehenden Schalt- und Anzeigevorrichtungen anzuschließen sind.

7.2 Angaben des Strahlenschutzverantwortlichen

Der STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHE der ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGE muss ausführliche Unterlagen zur Verfügung stellen, in denen die für die ERRICHTUNG wesentlichen Angaben über den vorgesehenen Betrieb enthalten sind. Mindestens sind folgende Angaben erforderlich:

- a) Zeichnungen der zur STRAHLENTHERAPEUTISCHEN ORGANISATION gehörenden Gebäude, Räume und Außenanlagen und der benachbarten Gebäude, Räume und Verkehrsflächen, aus denen die für Strahlenschutzberechnungen benötigten Maße und Abstände entnommen werden können;
- b) die Aufteilung der Räume innerhalb der STRAHLENTHERAPEUTISCHEN ORGANISATION und deren Benutzung (siehe Abschnitt 6);
- c) Aufenthaltsorte von Personen innerhalb der STRAHLENTHERAPEUTISCHEN ORGANISATION, gegebenenfalls Angaben, in welchen Bereichen Beschränkungen der Aufenthaltsdauer eingehalten werden können;
- d) Angaben über die vorgesehene Abgrenzung von KONTROLLBEREICHEN und SPERRBEREICHEN (siehe Abschnitt 6);
- e) Art und Nutzung von Bereichen außerhalb der STRAHLENTHERAPEUTISCHEN ORGANISATION;

- f) Angaben über die beabsichtigten Betriebsweisen (Kombination von Strahlungsart, STRAHLUNGSENERGIE, Strahlrichtung, Stellung des STRAHLERKOPFES, FLUENZMODULIERTE STRAHLENTHERAPIE (IMRT) und gegebenenfalls noch weitere Bestrahlungstechniken) und ihrer Häufigkeit, gegebenenfalls Angaben, für welche Betriebsweise Betriebsbeschränkungen eingehalten werden können;
- g) die zur Ermittlung der BETRIEBSBELASTUNG erforderlichen Angaben;
- h) gegebenenfalls die Festlegung des IMRT-Faktors (siehe 8.3 d)).

8 Betriebsdaten

8.1 Strahlungsenergie

Es gelten folgende Festlegungen:

- a) Für die Berechnung von Strahlenschutzabschirmungen gegen BREMSSTRAHLUNG ist bei der Möglichkeit, mehrere Photonenenergien einzustellen, die vom HERSTELLER vorgesehene GRENZENERGIE $E_{X,G}$ mit der höchsten ZEHNTTELWERTDICKE zu verwenden (siehe Bild 3 und Bild 4).
- b) Von den vom HERSTELLER vorgesehenen Elektronenenergien ist für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen der Höchstwert E_E zu verwenden.

8.2 Dosisleistung

Es gelten folgende Festlegungen:

- a) Von den vom HERSTELLER angegebenen WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNGEN im STRAHLUNGSFELD sind für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen die Höchstwerte $\dot{D}_{Xn}$ für BREMSSTRAHLUNG und $\dot{D}_E$ für ELEKTRONENSTRAHLUNG im Abstand $a_0 = 1$ m vom Divergenzpunkt des STRAHLUNGSFELDES zu verwenden, auch wenn diese Werte bei anderen STRAHLUNGSENERGIEN als denen nach 8.1 auftreten.
- b) Von den vom HERSTELLER angegebenen WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNGEN der außerhalb des größten STRAHLUNGSFELDES austretenden Strahlung (DURCHLASSSTRAHLUNG) ist für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen der Höchstwert $\dot{D}_{Xd}$ nach 7.1 e) zu verwenden, der bei den betriebsmäßig vorgesehenen Einstell- und Bewegungsmöglichkeiten des STRAHLERKOPFES im Abstand $a_0 = 1$ m auftritt.

8.3 Betriebsbelastung

Zur Angabe der BETRIEBSBELASTUNG ist die Ermittlung der KENNDOSIS erforderlich.

Die mittlere KENNDOSIS der Einzelbestrahlung ergibt sich aus der mittleren EINZELDOSIS im ZIELVOLUMEN multipliziert mit dem Faktor 1,2.

ANMERKUNG 1 In E DIN 6814-8:2012-04 ist der bisher gebräuchliche Begriff „Einzel-Referenzdosis“ durch EINZELDOSIS ersetzt worden.

ANMERKUNG 2 Der Faktor 1,2 ist näherungsweise der Kehrwert des GEWEBE-PHANTOM-VERHÄLTNISSES, das für ZIELVOLUMINA in verschiedenen anatomischen Regionen des Körpers gemittelt wurde.

ANMERKUNG 3 Der Umfang der Ausnutzung einer ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGE 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 eine Anzahl von Einzelbestrahlungen angegeben werden, die im günstigsten Fall während der Arbeitszeit in der Woche appliziert werden können.

Es gelten folgende Festlegungen:

- a) Sofern 8.3 c) nichts anderes bestimmt, ist $W_A = 10^3$ Gy zu setzen.

- b) Wenn an einer ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGE in mehreren Schichten gearbeitet wird, so ist für jede Arbeitsschicht mit dem Wert W_A nach 8.3 a) zu rechnen. Für die Bemessung der Strahlenschutzabschirmungen geht die Summe der BETRIEBSBELASTUNGEN in die Berechnung ein. Nur für Aufenthaltsorte, an denen sichergestellt ist, dass sich dort je Tag niemand länger aufhält als für die Dauer einer Schicht, darf für die Bemessung der Abschirmung der einfache Wert von W_A benutzt werden.
- c) Ergeben sich aus den Angaben des STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN nach 7.2 g) höhere BETRIEBSBELASTUNGEN W_A als nach 8.3 a), 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.
- d) Wenn vom STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN nicht anders angegeben, wird auf der Basis bisheriger Erfahrungen in den Gleichungen (5), (7), (8) und (9) der IMRT-Betrieb durch einen Faktor $\alpha = 2,5$ berücksichtigt.

ANMERKUNG Zur Berechnung des STRAHLENSCHUTZES bei DURCHLASSSTRAHLUNG, tertiärer BREMSSTRAHLUNG und NEUTRONENSTRAHLUNG ist nicht die BETRIEBSBELASTUNG W_A nach 3.1.1 relevant, sondern die tatsächlich erzeugten MONITOREINHEITEN. Bei IMRT-Techniken ist dieser Wert im Vergleich zu konventionellen Techniken deutlich erhöht. Der Faktor 2,5 berücksichtigt das mittlere Verhältnis von abgestrahlten MONITOREINHEITEN zur EINZELDOSIS bei IMRT-Techniken.

- e) Wird mit einer ELEKTRONENBESCHLEUNIGERANLAGE intraoperative Strahlentherapie (IORT) als mobiler Betrieb in einem OP durchgeführt und beschränkt sich diese Anwendung dort nur auf die Patientenbestrahlungen und die dafür erforderlichen arbeitstäglichen Qualitätssicherungsmaßnahmen, so darf dann ein niedrigerer Wert für die BETRIEBSBELASTUNG als 1000 Gy angesetzt werden, wenn für die sonstigen Qualitätssicherungsmaßnahmen sowie für Wartung und Reparatur ein anderer entsprechend abgeschirmter Raum zur Verfügung steht. Um zu vermeiden, dass betretbare SPERRBEREICHE (ORTSDOSISLEISTUNG: $> 3 \text{ mSv/h}$) entstehen, darf die BETRIEBSBELASTUNG den Wert von $24 \frac{\text{min}}{\text{Woche}} \times \dot{D}_E$ nicht unterschreiten (siehe auch 8.3 a)).

ANMERKUNG Damit ist sichergestellt, dass die BETRIEBSBELASTUNG und damit die Auslegung des baulichen STRAHLENSCHUTZES nicht ausschließlich durch die Verringerung der Anzahl der Einzelbestrahlungen in einer Woche minimiert werden kann (siehe auch 3.1.1).

8.4 Richtungsfaktor

Es gelten folgende Festlegungen:

- a) Für den RICHTUNGSFAKTOR sind alle Richtungen maßgebend, die bei der beabsichtigten Betriebsweise im Bereich des STRAHLENFELDES liegen können, zuzüglich eines Randbereichs von 5° außerhalb des STRAHLENFELDES, bezogen auf dessen Divergenzpunkt. Es sind Faktoren nach 8.4 b) und 8.4 c) zu verwenden.
- b) Für den Schutz gegen NUTZSTRAHLUNG:
 - 1) $U = 1$, wenn das STRAHLENFELD in mehr als 30 % der zugrunde gelegten BETRIEBSBELASTUNG auf den zu schützenden Ort gerichtet wird. Es gilt ebenfalls $U =$ für den Fußboden, wenn das STRAHLENFELD in diese Richtung gerichtet werden kann.
ANMERKUNG In Richtung des Fußbodens finden in der Regel umfangreiche Messungen zur Qualitätssicherung statt.
 - 2) $U = 0,3$, wenn das STRAHLENFELD in höchstens 30 % der zugrunde gelegten BETRIEBSBELASTUNG auf den zu schützenden Ort gerichtet wird;
 - 3) $U = 0,1$, wenn das STRAHLENFELD in höchstens 10 % der zugrunde gelegten BETRIEBSBELASTUNG oder nur im Fall der BEWEGUNGSBESTRAHLUNG auf den zu schützenden Ort gerichtet wird;

- 4) wenn das STRAHLENFELD nicht auf den zu schützenden Ort gerichtet werden kann, sind keine Abschirmmaßnahmen für die NUTZSTRAHLUNG erforderlich.
- c) Für den Schutz gegen DURCHLASSSTRAHLUNG, sekundäre und tertiäre BREMSSTRAHLUNG sowie NEUTRONENSTRAHLUNG:

$U = 1$, unabhängig von der Richtung des STRAHLENFELDES.

8.5 Aufenthaltsfaktor

Es gelten folgende Festlegungen:

- a) Für den AUFENTHALTSFAKTOR sind Faktoren nach 8.5 b) bis 8.5 e) zu verwenden.
- b) $T = 1$ für Aufenthaltsorte von beruflich strahlenexponierten Personen in KONTROLLBEREICHEN und für berufliche Aufenthaltsorte und Daueraufenthaltsorte außerhalb des KONTROLLBEREICHES (z. B. Büros, Laboratorien, Schaltplätze, Wohnungen und Bettenstationen).

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

- c) $T = 0,3$ für Verkehrsflächen außerhalb der STRAHLENTHERAPEUTISCHEN ORGANISATION, die nicht für den Daueraufenthalt von Personen in Frage kommen (z. B. Straßen, Grünanlagen).
- d) $T = 0,1$ für Aufenthaltsorte außerhalb von KONTROLLBEREICHEN, aber innerhalb der STRAHLENTHERAPEUTISCHEN ORGANISATION, an denen sichergestellt ist, dass sich dort niemand länger als ein Zehntel der BESTRAHLUNGSZEIT des ELEKTROENBESCHLEUNIGERS aufhält (z. B. Patientenwarteräume, Flure, Treppen, Toiletten).
- e) $T = 0,1$ vor dem Zugang zum Bestrahlungsraum, wenn mit organisatorischen Maßnahmen sichergestellt wird, dass sich niemand dort länger aufhält.
- f) Für Orte, an denen sich niemand aufhalten kann oder an denen sich während des Betriebs des ELEKTROENBESCHLEUNIGERS außer dem PATIENTEN niemand aufhalten darf (SPERRBEREICH), sind Abschirmmaßnahmen nicht erforderlich.
- g) $T = 0,1$ für den Bereich direkt oberhalb des Beschleunigerbunkers, soweit kein höherer Aufenthaltsfaktor bzgl. des Aufenthalts von Personen in diesem Bereich angenommen werden muss, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass Personen an umliegenden Aufenthaltsorten durch Störstrahlung, die oberhalb des Beschleunigerbunkers in der Atmosphäre entsteht (SKYSHINE), exponiert werden können.

8.6 Zusammenwirken der Faktoren U und T

Bei der Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen geht in die Rechnung das Produkt $W_A \times U \times T$ ein. Dabei darf $U \times T$ nicht kleiner sein als 0,1.

ANMERKUNG 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.

9 Höchste zugelassene Ortsdosis

Es gelten folgende Festlegungen:

- a) Für die Bemessung von baulichen Strahlenschutzvorkehrungen wird der jeweilige Höchstwert für die Dosis am zu schützenden Ort hinter der Abschirmung nach Abschnitt 5 der höchsten zugelassenen ORTSDOSIS an Aufenthaltsorten der entsprechenden Personengruppe gleichgesetzt.

- b) Für die Bemessung von baulichen Strahlenschutzvorkehrungen ist die höchste zugelassene ORTSDOSIS, die sich nach 9 a) als Jahresdosis ergibt, auf die höchste zugelassene ORTSDOSIS in der Woche umzurechnen, da auch die BETRIEBSBELASTUNG W_A nach 8.3 auf die Woche bezogen ist (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1 — Höchste zugelassene Ortsdosis H_W

Zu schützender Ort	Höchste zugelassene ORTSDOSIS H_W in der Woche mSv	Siehe Abschnitt
Aufenthaltssorte beruflich strahlenexponierter Personen außerhalb des KONTROLLBEREICHES	0,12	5 b)
Aufenthaltssorte für Einzelpersonen der Bevölkerung	0,02	5 c)
Die Werte gelten unter der Voraussetzung, dass am zu schützenden Ort nur Strahlung einer Strahlungsquelle und einer Strahlungsart wirksam ist. Die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen beim Zusammenwirken mehrerer Strahlungsquellen und Strahlungsarten erfolgt nach 10.10.		

10 Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen

10.1 Allgemeines

Die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen enthält mehrere Sicherheitsreserven:

- Gleichsetzung von ORTS- und KÖRPERDOSEN an Daueraufenthaltssorten;
- Gleichsetzung der ORTSDOSIS am Aufenthaltsort 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 EFFEKTIVEN DOSIS bleibt.

Die bei Berechnung der Abschirmdicke eingesetzte Dichte des Abschirmmaterials darf bei der baulichen Ausführung nicht unterschritten werden.

10.2 Allgemeines Berechnungsschema

Es gelten folgende Festlegungen:

- a) Die Berechnung der Dicke s_i der Abschirmung gegen jede einzelne Strahlungskomponente i , die auf einen zu schützenden Ort einwirkt, erfolgt nach der allgemeinen Gleichung:

$$s_i = z_i \cdot \lg F_i \quad (1)$$

Dabei ist für die Strahlungskomponente i :

s_i die Abschirmdicke, senkrecht zur Oberfläche der Abschirmung bemessen;

z_i die ZEHNTELWERTDICKE;

F_i der SCHWÄCHUNGSFAKTOR.

Der SCHWÄCHUNGSFAKTOR F_i ergibt sich aus:

$$F_i = W_A \cdot U \cdot T \cdot R_i / H_w \quad (2)$$

ANMERKUNG Bei schräg einfallender Strahlung tritt die in der Abschirmung erzeugte STÖRSTRAHLUNG auf einem kürzeren Weg als in Strahlrichtung aus. Die Abschirmung reicht daher nicht aus, wenn sie in Strahlrichtung statt senkrecht zur Oberfläche bemessen wird. In der Regel wäre die mögliche Einsparung an Abschirmdicke zu gering, um ein kompliziertes Berechnungsschema für schräg einfallende Strahlung zu rechtfertigen. In Einzelfällen kann jedoch eine Berechnung mit schräg einfallender Strahlung durchgeführt werden, wenn sichergestellt ist, dass die in der Abschirmung erzeugte STÖRSTRAHLUNG ausreichend abgeschirmt ist.

Dabei ist

H_w die höchste zugelassene Ortsdosis in der Woche nach 9 b);

W_A die BETRIEBSBELASTUNG nach 8.3;

U der RICHTUNGSFAKTOR nach 8.4;

T der AUFENTHALTSFAKTOR nach 8.5, gegebenenfalls unter Beachtung der Festlegungen nach 8.6;

R_i der REDUKTIONSFAKTOR für die Strahlungskomponente i nach den Gleichungen (3) bis (9);

- b) die Dicke der Strahlenschutzabschirmung ist zunächst unter der Annahme zu berechnen, dass an dem zu schützenden Ort jede Strahlungskomponente über die volle BETRIEBSBELASTUNG W_A , aber unter Berücksichtigung des RICHTUNGSFAKTORS U nach 8.4 und des AUFENTHALTSFAKTORS T nach 8.5 wirksam ist.

Das Zusammenwirken mehrerer Strahlungsquellen und Strahlungskomponenten ist in 10.10 angegeben.

Im Einzelnen gelten die Festlegungen in 10.3 bis 10.08 (siehe auch Tabelle 4).

10.3 Abschirmung gegen Bremsstrahlung in Nutzstrahlrichtung

Es gelten folgende Festlegungen:

- a) Aufenthaltsorte außerhalb des SPERRBEREICHES müssen gegen BREMSSTRAHLUNG abgeschirmt sein;
- b) für die Berechnung der Dicke s_{Xn} der Abschirmung gegen BREMSSTRAHLUNG ist in die Gleichung (1) einzusetzen:

z_X die ZEHNTELWERTDICKE für BREMSSTRAHLUNG nach den Bild 3 und Bild 4;

U der Richtungsfaktor für Nutzstrahlung nach 8.4 b);

R_{Xn} der REDUKTIONSFAKTOR für BREMSSTRAHLUNG in Nutzstrahlrichtung nach 10.3 c);

- c) der REDUKTIONSFAKTOR R_{Xn} in Gleichung (2) wird berechnet aus:

$$R_{Xn} = \frac{a_0^2}{a_n^2} \quad (3)$$