

DIN 6847-2

ICS 11.040.50; 13.280

Ersatz für
DIN 6847-2:2003-12**Medizinische Elektronenbeschleuniger-Anlagen –
Teil 2: Regeln für die Auslegung des baulichen Strahlenschutzes**

Medical electron accelerators –
Part 2: Rules for construction of structural radiation protection

Accélérateurs médicaux d'électrons –
Partie 2: Règles pour la conception structurelle de la radioprotection

Gesamtumfang 39 Seiten

Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Indizes	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Indizes	7
4 Dosis- und Dosisleistungsangaben	7
5 Grenzwerte für die Dosis hinter der Abschirmung	7
6 Anforderungen an die Räume	8
7 Angaben des HERSTELLERS und des STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN	8
7.1 Angaben des HERSTELLERS	8
7.2 Angaben des STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN	10
8 Betriebsdaten	10
8.1 STRAHLUNGSENERGIE	10
8.2 Dosisleistung	10
8.3 BETRIEBSBELASTUNG	11
8.4 RICHTUNGSFAKTOR	11
8.5 AUFENTHALTSFAKTOR	12
8.6 Zusammenwirken der Faktoren U und T	12
9 Höchste zugelassene ORTSDOSIS	13
10 Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen	13
10.1 Allgemeines	13
10.2 Allgemeines Berechnungsschema	14
10.3 Abschirmung gegen BREMSSTRAHLUNG in Nutzstrahlrichtung	14
10.4 Abschirmung gegen Elektronennutzstrahlung	15
10.5 Abschirmung gegen DURCHLASSSTRAHLUNG	16
10.6 Abschirmung gegen sekundäre BREMSSTRAHLUNG	19
10.7 Abschirmung gegen tertiäre BREMSSTRAHLUNG	21
10.8 Abschirmung gegen NEUTRONENSTRAHLUNG	22
10.9 Zusammenwirken mehrerer Strahlungsquellen, -arten und -komponenten	26
10.10 Bauliche Strahlenschutzvorkehrungen gegen RADIOAKTIVE STOFFE, die durch Kernphotoprozesse entstehen	27
11 Strahlenschutzbauzeichnung	28
11.1 Angaben des Errichters	28
11.2 Verbleib der Strahlenschutzbauzeichnung	28
12 Prüfung der Einhaltung von Strahlenschutzregeln	28
12.1 Anforderungen an die Räume nach 6 d) bis 6 i)	28
12.2 Prüfung der baulichen Abschirmungen, die vom NUTZSTRAHLENBÜNDEL getroffen werden können	28
12.3 Prüfung der baulichen Abschirmungen, die nicht vom NUTZSTRAHLENBÜNDEL getroffen werden können	29
13 Prüfung der RAUMLUFTTECHNISCHEN ANLAGE	29
Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiel	31
Literaturhinweise	37
Stichwortverzeichnis	38

Bilder

Bild 1 — Produkt der ZEHNTTELWERTDICKE z_X und Dichte ρ für BREMSSTRAHLUNG, DURCHLASSTRAHLUNG, Röntgenstrahlungsanteil im NUTZSTRAHLENBÜNDEL der ELEKTRONENSTRAHLUNG und von Elektronen außerhalb des STRAHLERS erzeugte BREMSSTRAHLUNG in Nutzstrahlrichtung für die in der Legende aufgeführten Materialien	17
Bild 2 — Produkt der ZEHNTTELWERTDICKE z_X und Dichte ρ für BREMSSTRAHLUNG, DURCHLASSTRAHLUNG, Röntgenstrahlungsanteil im NUTZSTRAHLENBÜNDEL der ELEKTRONENSTRAHLUNG und von Elektronen außerhalb des STRAHLERS erzeugte BREMSSTRAHLUNG in Nutzstrahlrichtung für die in der Legende aufgeführten Materialien	18
Bild 3 — Faktor k_{XE} zur Bemessung von Abschirmungen gegen außerhalb des STRAHLERS erzeugte BREMSSTRAHLUNG in Nutzstrahlrichtung	19
Bild AA.1 — Grundrisssskizze für das Berechnungsbeispiel zur Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen in ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGEN	32

Tabellen

Tabelle 1 — Höchste zugelassene ORTSDOSIS H_W	13
Tabelle 2 — Produkt aus ZEHNTTELWERTDICKE z_{XS} bzw. z_{Xt} und Dichte ρ für sekundäre bzw. tertiäre BREMSSTRAHLUNG	20
Tabelle 3 — ZEHNTTELWERTDICKEN z_{Nn} und z_{Ns} für NEUTRONENSTRAHLUNG	24
Tabelle 4 — Parameter für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen nach 10.2 bis 10.8	25
Tabelle 5 — Verstärkungen von Abschirmungen beim Zusammenwirken mehrerer Strahlungskomponenten	27
Tabelle A.1 — Bestrahlungsbedingungen nach Angaben des STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN für das Berechnungsbeispiel zur Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen nach Bild A.1	33
Tabelle A.2 — Betriebsdaten nach Angaben des HERSTELLERS für das Berechnungsbeispiel zur Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen nach Bild A.1	34
Tabelle A.3 — Berechnungsdaten zur Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen für die verschiedenen Strahlungskomponenten und Aufenthaltsorte in dem Berechnungsbeispiel nach Bild A.1	35

Vorwort

Diese Norm wurde vom Normenausschuss Radiologie im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft und in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin sowie der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie erarbeitet. 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 ELEKTRONEN-BESCHLEUNIGER-ANLAGEN im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens nach § 11 Absatz 2 StrlSchV fest.

In Übereinstimmung mit dem Verfahren in Publikationen der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) wurden Benennungen von definierten Begriffen in KAPITÄLCHEN gedruckt. Eine Übersicht aller in dieser Norm verwendeten definierten Begriffe, einschließlich Quellenangaben und englischer Übersetzungen ist im Stichwortverzeichnis am Ende der Norm enthalten.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN 6847, *Medizinische Elektronenbeschleuniger-Anlagen*, besteht aus:

- Teil 2: Regeln für die Auslegung des baulichen Strahlenschutzes
- Teil 5: Konstanzprüfungen von Kennmerkmalen

Änderungen

Gegenüber DIN 6847-2:2003-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung des Titels der Norm;
- b) Berücksichtigung weiterer Abschirmmaterialien;
- c) Begrenzung des Energiebereiches auf den praktisch relevanten Bereich von 3 MeV bis 50 MeV;
- d) redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN 6847: 1965-11, 1972-01

DIN 6847-2: 1977-11, 1990-03, 2003-12

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die ERRICHTUNG von ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGEN 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. Diese Norm gilt nicht für die ERRICHTUNG von ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGEN zur Anwendung in der Tomotherapie.

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

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 6814 (alle Teile), *Begriffe der radiologischen Technik*

DIN 25400, *Zeichen für ionisierende Strahlung*

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

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

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung — StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. Teil I, S. 1714, (2002, S. 1459)), zuletzt geändert durch Artikel 2 § 3 Absatz 31 des Gesetzes vom 1. September 2005 (BGBl. Teil I S. 2618)¹⁾

3 Begriffe und Indizes

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 6814 (alle Teile) und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Betriebsbelastung

W_A

Produkt aus der Anzahl der Einzelbestrahlungen in einer Woche und der mittleren KENNDOSIS je Einzelbestrahlung

[DIN 6853-2:2005-10]

ANMERKUNG 1 Einheit der BETRIEBSBELASTUNG: „Gray“ (Einheitenzeichen Gy).

ANMERKUNG 2 Die BETRIEBSBELASTUNG W_A gibt den Umfang der Ausnutzung einer ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGE an.

¹⁾ Nachgewiesen in der DITR-Datenbank der DIN Software GmbH, zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

3.1.2

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

3.1.3

Elektronenbeschleuniger-Anlage

Gesamtheit aus ELEKTRONENBESCHLEUNIGER, Installation, zugehörigen baulichen Mitteln und Energieversorgung

ANMERKUNG Zu baulichen Mitteln zählen z. B. Strahlenschutzwände.

3.1.4

Richtungsfaktor

U

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

3.1.5

Aufenthaltsfaktor

T

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

3.1.6

Reduktionsfaktor

R_i

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

ANMERKUNG 1 Der Index i kennzeichnet die Strahlungsart und den Strahlungstyp nach 3.2.

ANMERKUNG 2 Mit den Faktoren 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.

3.1.7

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 Das bedeutet, dass der SCHWÄCHUNGSFAKTOR F den Wert 10 annimmt.

3.1.8

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)

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

[DIN 6844-3:2006-12]

ANMERKUNG 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.

3.1.9

Volumenstrom

Volumen eines Stoffes, das je Zeiteinheit eine festgelegte Fläche durchströmt

[DIN EN 12792:2004-01]

3.2 Indizes

In dieser Norm werden für Strahlungsarten und Strahlungstypen 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 den Strahlungstyp:

— 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-ENERGIE-DOSIS(-LEISTUNG) im Dosismaximum. ORTSDOSIS(-LEISTUNG) wird als UMGEBUNGS-ÄQUIVALENTDOSIS(-LEISTUNG) und die KÖRPERDOSIS als EFFEKTIVE DOSIS angegeben.

5 Grenzwerte für die Dosis hinter der Abschirmung

Die folgenden Festlegungen haben Vorrang vor allen übrigen Festlegungen dieser Norm. Grenzwerte für die Dosis hinter der Abschirmung sind abgeleitet von den in der StrlSchV gesetzlich vorgeschriebenen, jeweils auf das Kalenderjahr bezogenen Werten für die KÖRPERDOSEN von Personen, zu deren Schutz die baulichen Strahlenschutzvorkehrungen dienen.

- An Arbeitsorten von beruflich strahlenexponierten Personen außerhalb des KONTROLLBEREICHS ist für die Bemessung des STRAHLENSCHUTZES eine EFFEKTIVE DOSIS von 6 mSv im Jahr zugrunde zu legen.
- 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 Aufenthalts- und Arbeitsorte, 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 ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGE 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 ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGEN ist vorauszusetzen, dass sich im BESTRAHLUNGSRaum nur der PATIENT sowie im übrigen SPERRBEREICH niemand aufhalten darf, solange die Strahlung eingeschaltet ist. Das Verlassen dieser Räume muss jederzeit möglich sein.
- d) Der Zugang zum BESTRAHLUNGSRaum muss mit einer Vorrichtung versehen sein, die durch Öffnen eines Kontakts im Sicherheitsstromkreis die Strahlung abschaltet, wenn jemand den BESTRAHLUNGSRaum während der BESTRAHLUNGSZEIT betritt. Das Gleiche gilt für den übrigen SPERRBEREICH, sofern er während der BESTRAHLUNGSZEIT betretbar ist.
- e) 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.
- 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 DIN 25400 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 NUTZSTRAHLENBÜNDELS, 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 den größten Strahlenfeldquerschnitt bei den angegebenen STRAHLUNGSENERGIEN im Referenzabstand $a_0 = 1$ m vom Divergenzpunkt des STRAHLENFELDES;

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

- d) die Maße des größten Strahlenfeldquerschnitts im Referenzabstand $a_0 = 1$ m vom Divergenzpunkt des STRAHLENFELDES für jede Strahlungskomponente (siehe Anmerkung zu 7.1 c));
- e) die räumliche Verteilung der ENERGIEDOSISLEISTUNG der außerhalb des größten Strahlenfeldquerschnitts aus dem Strahler austretenden Strahlung für denjenigen Betriebszustand und diejenigen Betriebsparameter, bei denen die höchsten Dosisleistungen außerhalb des Strahlenfeldes auftreten.

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 STRAHLENFELD der ELEKTRONENSTRAHLUNG unter den Betriebsbedingungen nach 7.1 b) und 7.1 c);
- g) die höchste WASSER-ENERGIEDOSISLEISTUNG des Neutronenstrahlungsanteils im STRAHLENFELD 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 10.10 a));
- i) Angaben über die Parameter des STRAHLENFELDES unter den Betriebsbedingungen nach 7.1 b), 7.1 c) und 7.1 d).

Mit einer für Strahlenschutz Zwecke ausreichenden Genauigkeit entspricht die Leistung von 1 W bei BREMSSTRAHLUNG einem Produkt aus Fläche und Wasser-Energiedosisleistung von $2,5 \text{ m}^2 \text{ mGy/s}$ und bei Elektronenstrahlung einem Produkt aus Fläche, Wasser-Energiedosisleistung und Strahlenenergie von $0,3 \text{ MeV m}^2 \text{ Gy/s}$.

- j) Anweisungen für die Aufstellung und den Anschluss des ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS und der übrigen zur ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGE 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 SPERRBEREICHS anzuordnen sind;
 - 3) wie die nach 6, Aufzählung d) bis g) vorzusehenden Schalt- und Anzeigevorrichtungen anzuschließen sind.

7.2 Angaben des STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN

Der STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHE der ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGE 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) Arbeitsorte und 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 ihrer Häufigkeit, gegebenenfalls Angaben, für welche Betriebsweise Betriebsbeschränkungen eingehalten werden können;
- g) die maximale Anzahl der in der Woche beabsichtigten Einzelbestrahlungen und deren mittlere Dosis, bezogen auf den Referenzabstand $a_0 = 1$ m vom Divergenzpunkt des STRAHLENFELDES.

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 maximal einstellbare GRENZENERGIE $E_{X,G}$ zu verwenden (siehe Bilder 1 und 2);
- 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 NUTZSTRAHLENBÜNDEL sind für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen die Höchstwerte $\dot{D}_{X,n}$ für BREMSSTRAHLUNG und $\dot{D}_E$ für ELEKTRONENSTRAHLUNG im Referenzabstand $a_0 = 1$ m vom Divergenzpunkt des NUTZSTRAHLENBÜNDELS 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 Nutzstrahlenbündelquerschnitts austretenden Strahlung („DURCHLASSTRAHLUNG“) ist für die Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen der Höchstwert $\dot{D}_{\text{Xd}}$ nach 7.1 e) zu verwenden, der bei den betriebsmäßig vorgesehenen Einstell- und Bewegungsmöglichkeiten des Strahlerkopfes im Referenzabstand auftritt.

8.3 BETRIEBSBELASTUNG

ANMERKUNG 1 Zum Begriff der BETRIEBSBELASTUNG W_A siehe 3.1.1.

ANMERKUNG 2 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 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 ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGE 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. Auf der Basis bisheriger Erfahrungen wird in den Gleichungen (5), (8) und (9) der IMRT-Betrieb durch einen Faktor $\alpha = 1,5$ berücksichtigt;
- d) wird mit einer Elektronenbeschleuniger-Anlage 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 mSv/h) entstehen, darf die Betriebsbelastung den Wert von $24 \frac{\text{min}}{\text{Woche}} \times \dot{D}_E$ nicht unterschreiten (siehe auch 8.2 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 NUTZSTRAHLENBÜNDELS liegen können, zuzüglich eines Randbereichs von 5° außerhalb des NUTZSTRAHLENBÜNDELS, bezogen auf dessen Divergenzpunkt. Es sind Zahlenfaktoren nach 8.4 b) und 8.4 c) zu verwenden;

b) für den Schutz gegen NUTZSTRAHLUNG:

- 1) $U = 1$, wenn die Benutzung des NUTZSTRAHLENBÜNDELS in der Regel in Richtung auf den zu schützenden Aufenthaltsort beabsichtigt ist. Es gilt ebenfalls $U = 1$ mindestens für den Fußboden und eine Seitenwand, wenn das NUTZSTRAHLENBÜNDEL in diese Richtung gerichtet werden kann;
- 2) $U = 0,1$, wenn das NUTZSTRAHLENBÜNDEL in höchstens 10 % der zugrunde gelegten BETRIEBS-BELASTUNG oder nur im Fall der BEWEGUNGSBESTRAHLUNG auf den zu schützenden Ort gerichtet wird;
- 3) wenn das NUTZSTRAHLENBÜNDEL nicht auf den zu schützenden Aufenthaltsort 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 NUTZSTRAHLENBÜNDELS.

8.5 AUFENTHALTSFAKTOR

Es gelten folgende Festlegungen:

a) Für den AUFENTHALTSFAKTOR sind Zahlenfaktoren nach 8.5 b) bis 8.5 e) zu verwenden;

b) $T = 1$ für Aufenthaltsorte von beruflich strahlenexponierten Personen in KONTROLLBEREICHEN und für Arbeits- 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 ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS aufhält (z. B. Patientenwarteräume, Flure, Treppen, Toiletten);

e) für Orte, an denen sich niemand aufhalten kann oder an denen sich während des Betriebs des ELEKTRONENBESCHLEUNIGERS außer dem PATIENTEN niemand aufhalten darf (SPERRBEREICH), sind Abschirmmaßnahmen nicht erforderlich.

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.