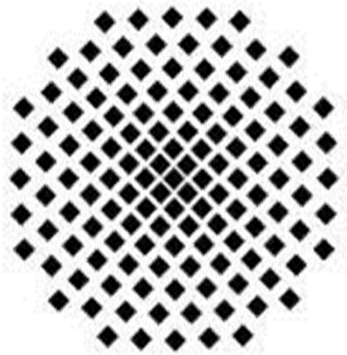




IBMT

VINZENZ
VONPAUL
KLINIKEN
gGMBH



MARIENHOSPITAL
STUTTGART

Planung und Einrichtung von Strahlentherapieeinrichtungen

PD Dr. Christian Gromoll

Christian.Gromoll@vinzenz.de

Einführung

- Beschränkung auf Linearbeschleuniger
- Baulicher Strahlenschutz
- Raumkonzept
- Personalkonzept
- Grundlagen:
 - StrlSchV
 - DIN
 - RiLi StrSchMed

DEUTSCHE NORM

Entwurf

Oktober 2012

DIN 6847-2

DIN

ICS 11.040.50; 13.280

Einsprüche bis 2013-02-28
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 6847-2:2008-09

Entwurf

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

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2012-10-08 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an nar@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN, 91020 Erlangen, Postfach 32 60 (Hausanschrift: Henkestr. 127, 91052 Erlangen).

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

Inhalt

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 Höchstwerte für die Dosis hinter der Abschirmung	8
6 Anforderungen an die Räume	8
7 Angaben des HERSTELLERS und des STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN	9
7.1 Angaben des HERSTELLERS	9
7.2 Angaben des STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN	10
8 Betriebsdaten	11
8.1 STRAHLUNGSENERGIE	11
8.2 Dosisleistung	11
8.3 BETRIEBSBELASTUNG	11
8.4 RICHTUNGSFAKTOR	12
8.5 AUFENTHALTSFAKTOR	12
8.6 Zusammenwirken der Faktoren U und T	13
9 Höchste zugelassene ORTSDOSIS	13

Inhalt

10	Bemessung von Strahlenschutzabschirmungen	13
10.1	Allgemeines	13
10.2	Allgemeines Berechnungsschema	14
10.3	Abschirmung gegen BREMSSTRAHLUNG in Nutzstrahlrichtung	15
10.4	Abschirmung gegen Elektronennutzstrahlung	16
10.5	Abschirmung gegen DURCHLASSSTRAHLUNG	17
10.6	Abschirmung gegen sekundäre BREMSSTRAHLUNG	20
10.7	Abschirmung gegen tertiäre BREMSSTRAHLUNG	22
10.8	Abschirmung gegen NEUTRONENSTRAHLUNG	24
10.9	Abschirmung des STRAHLENSCHUTZLABYRINTHS	28
10.10	Zusammenwirken mehrerer Strahlungsquellen und -komponenten	30
10.11	Bauliche Strahlenschutzvorkehrungen gegen RADIOAKTIVE STOFFE, die durch Kernphotoprozesse entstehen	31
11	Strahlenschutzbauzeichnung	32
11.1	Angaben des Errichters	32
11.2	Verbleib der Strahlenschutzbauzeichnung	32
12	Prüfung der Einhaltung von Strahlenschutzregeln	32
12.1	Anforderungen an die Räume nach 6 d) bis 6 i)	32
12.2	Prüfung der baulichen Abschirmungen, die vom STRAHLENFELD getroffen werden können	32
12.3	Prüfung der baulichen Abschirmungen, die nicht vom STRAHLENFELD getroffen werden können	33
13	Prüfung der RAUMLUFTECHNISCHEN ANLAGE	33
	Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiel	34
	Literaturhinweise	43
	Stichwortverzeichnis	44

5. Höchstwerte für d. 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 in der StrlSchV 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) An Bedieneinrichtungen von Beschleunigern ist für beruflich strahlenexponierte Personen für die Bemessung des STRAHLENSCHUTZES eine EFFEKTIVE DOSIS von 1 mSv im Jahr zugrunde zu legen.
- b) An anderen Aufenthaltsorten von beruflich strahlenexponierten Personen außerhalb des KONTROLLBEREICHES 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 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.

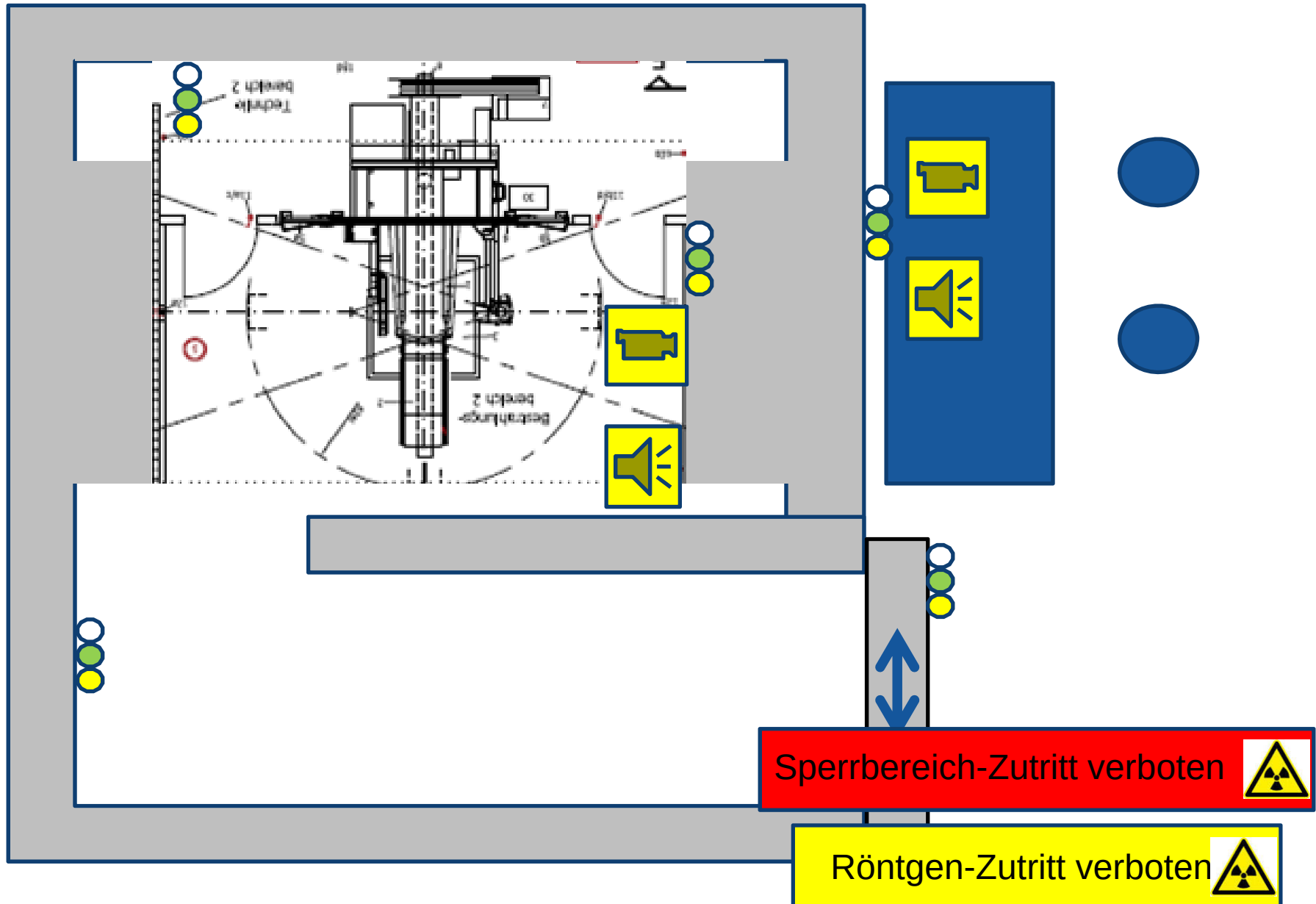
ANMERKUNG Das kann z. B. durch den Einsatz von geeigneten technischen Personenschutzsystemen sichergestellt werden.

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

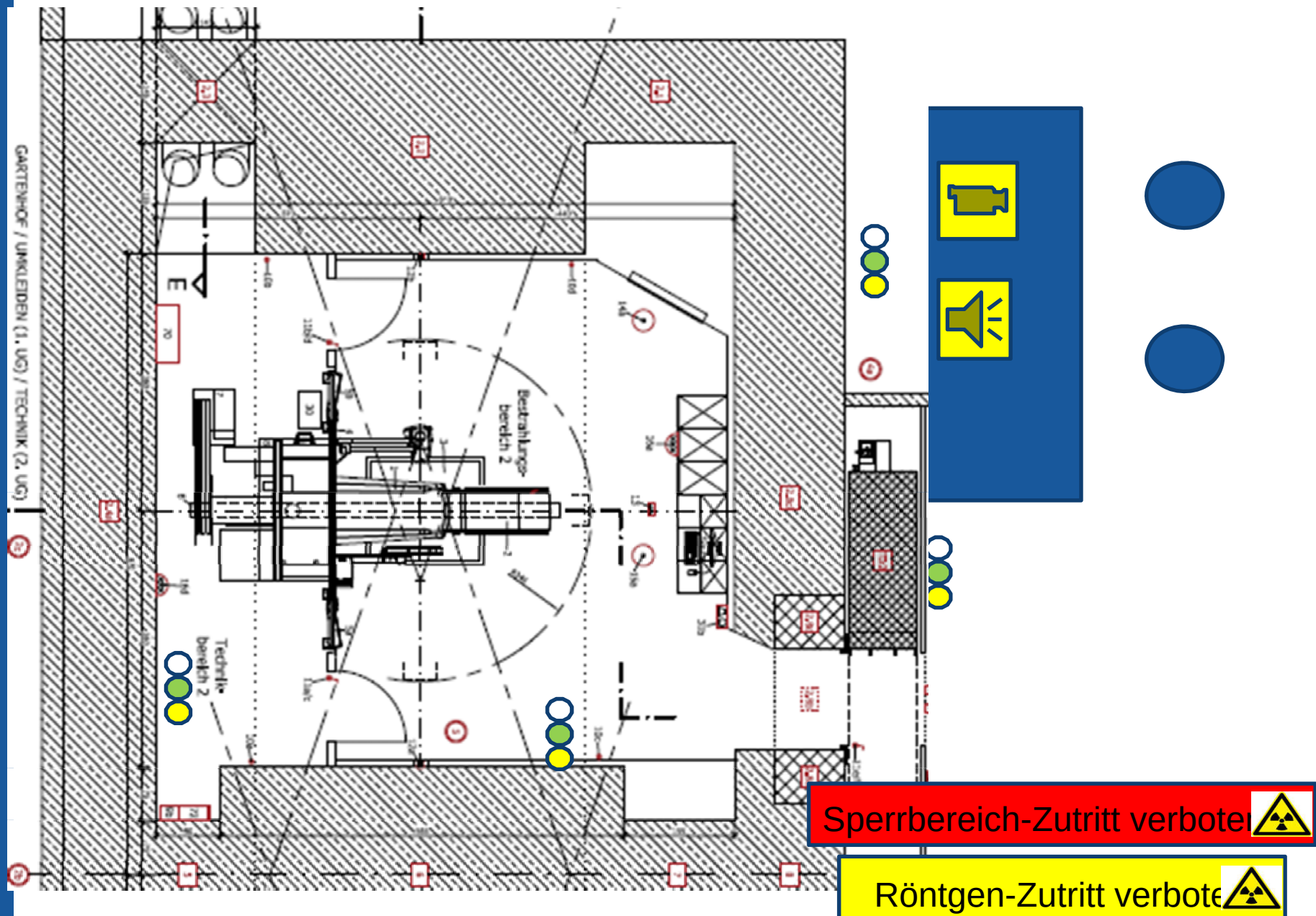
6. Anforderungen an die Räume

- 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.

6. Anforderungen an die Räume



6. Anforderungen an die Räume



STRAHLENSCHUTZ IN DER MEDIZIN

Richtlinie
zur
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen
(Strahlenschutzverordnung – StrlSchV)

7.4 Räumliche Voraussetzungen

Die Räumlichkeiten einer Abteilung für Strahlenbehandlung umfassen folgende Bereiche:

- Räume, in denen die Bestrahlungsvorrichtungen oder Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen aufgestellt sind, einschließlich deren Nebenräume (Bedienungsräume, Maschinenräume, Räume zur Herstellung und Lagerung von Bestrahlungshilfen und Räume für Messgeräte).
- Räume zur Durchführung der medizinischen und physikalischen Bestrahlungsplanung.
- Räume zur Durchführung der Lokalisation, Simulation und ggf. für die Computertomographie usw.
- Räume für die Behandlung mit Strahlenquellen und für die Untersuchung von Patienten.

7.1 Angaben des Herstellers

- 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 ENERGIEDOSISLEISTUNG der außerhalb der maximalen FELDGRÖSSE aus dem STRAHLER 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.

7.1 Angaben des Herstellers

- 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).

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 $0,3 \text{ MeV m}^2 \text{ Gy/s}$.

7.1 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) 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 Einzelbestrahlungen in einer Woche und deren mittlere EINZEL-REFERENZDOSIS im ZIELVOLUMEN.

ANMERKUNG 1 Die Anzahl der Einzelbestrahlungen entspricht der Zahl der Zielvolumina.

ANMERKUNG 2 Die Einzelbestrahlung beinhalten sowohl die Patientenbestrahlungen als auch Maßnahmen zur Qualitätssicherung, wie z. B. IMRT-Planverifikation.

8. Betriebsdaten

8.1. Strahlungsenergie

max. Grenzenergie $E_{X;G}$ (Photonen)

Höchstwert der Elektronenenergie E_E

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 („DURCHLASSTRAHLUNG“) 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. Betriebsdaten

8.3. Betriebsbelastung

Zur Angabe der BETRIEBSBELASTUNG ist die Ermittlung der KENNDOSIS erforderlich.

Die mittlere KENNDOSIS der Einzelbestrahlung ergibt sich aus der mittleren EINZEL-REFERENZDOSIS im ZIEL-VOLUMEN multipliziert mit dem Faktor 1,2.

ANMERKUNG 1 Der Faktor 1,2 berücksichtigt das Verhältnis von KENNDOSIS zur EINZEL-REFERENZDOSIS.

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 $\mathcal{W}_A = 10^3$ Gy zu setzen;
- b) wenn an einer ELEKTRONENBESCHLEUNIGER-ANLAGE in mehreren Schichten gearbeitet wird, so ist für jede Arbeitsschicht mit dem Wert $\mathcal{W}_A$ 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 $\mathcal{W}_A$ benutzt werden;
- c) ergeben sich aus den Angaben des STRAHLENSCHUTZVERANTWORTLICHEN nach 7.2 g) höhere BETRIEBSBELASTUNGEN $\mathcal{W}_A$ 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 $\mathcal{W}_A$ nicht zu erwarten ist.

8. Betriebsdaten

8.3. Betriebsbelastung

- 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 DURCHLASSTRABUNG, tertiärer BREMSSTRABUNG und NEUTRONENSTRABUNG ist nicht die BETRIEBSBELASTUNG $\mathcal{W}_A$ nach 3.1.1 relevant, sondern die tatsächlich abgestrahlten 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 EINZEL-REFERENZDOSIS bei IMRT-Techniken.

- e) 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: $> 3 \text{ mSv/h}$) entstehen, darf die BETRIEBSBELASTUNG den Wert von $24 \frac{\text{min}}{\text{Woche}} \times \dot{D}_E$ nicht unterschreiten (siehe auch 8.2 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. Betriebsdaten

8.4. Richtungsfaktor

- 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 Zahlenfaktoren nach 8.4 b) und 8.4 c) zu verwenden;
- b) für den Schutz gegen NUTZSTRAHLUNG:
 - 1) $U = 1$, wenn die Benutzung des STRAHLENFELDES in der Regel in Richtung auf den zu schützenden Ort beabsichtigt ist. Es gilt ebenfalls $U = 1$ mindestens für den Fußboden und eine Seitenwand, wenn das STRAHLENFELD in diese Richtung gerichtet werden kann;
 - 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 DURCHLASSTRAHLUNG, sekundäre und tertiäre BREMSSTRAHLUNG sowie NEUTRONENSTRAHLUNG:
 $U = 1$, unabhängig von der Richtung des STRAHLENFELDES.

8. Betriebsdaten

8.5. Aufenthaltsfaktor

- 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 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 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.

9. Zulässige Ortsdosis

Tabelle 1 — Höchste zugelassene ORTSDOSIS H_W

Zu schützender Ort	Höchste zugelassene ORTSDOSIS H_W in der Woche mSv	Siehe Abschnitt
Bedieneinrichtung	0,02 1 mSv/a	5 a)
Aufenthaltsorte beruflich strahlenexponierter Personen außerhalb des KONTROLLBEREICHS	0,12 6 mSv/a	5 b)
Aufenthaltsorte für Einzelpersonen der Bevölkerung	0,02 1 mSv/a	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.		

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.

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

z_i die ZEHNTELWERTDICKE;

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 nach 3.1.6;

Fortsetzung siehe Norm