

DIN ISO 6980-1
(VDE 0412-6980-1)
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 17.240

Einsprüche bis 2020-10-28

Entwurf
**Kernenergie –
Beta-Referenzstrahlung –
Teil 1: Verfahren zur Erzeugung
(ISO/CD 6980-1:2019);
Text Deutsch und Englisch**

Nuclear energy –
Reference beta-particle radiation –
Part 1: Methods of production
(ISO/CD 6980-1:2019);
Text in German and English

Énergie nucléaire –
Rayonnement bêta de référence –
Partie 1: Méthodes de production
(ISO/CD 6980-1:2019);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-08-28 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 dke@vde.com 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 die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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 40 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Vorwort.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Anforderungen an Beta Referenzstrahlungsfelder im Kalibrierabstand.....	8
4.1 Energie der Referenzstrahlungsfelder.....	8
4.2 Form des Betaspektrums	8
4.3 Gleichmäßigkeit der Dosisleistung	8
4.4 Photonenkontamination.....	8
4.5 Änderung der Beta-Emission mit der Zeit	8
5 Für Referenz-Betastrahlungsfelder geeignete Radionuklide	8
6 Eigenschaften der Quellen und deren Messung	9
6.1 Grundlegende Eigenschaften von Referenzquellen.....	9
6.2 Eigenschaften der zwei Serien von Beta-Referenzstrahlungsfeldern.....	13
7 Quellen-Kalibrierung.....	15
Anhang A (informativ) Gewebe-Ersatzstoffe	16
Anhang B (informativ) Eigenschaften der empfohlenen Quellen – Beispiele für die Konstruktion von Quellen	17
Anhang C (informativ) Energiereduzierte Betastrahlungsfelder	18
C.1 Allgemeines	18
C.2 Eigenschaften der energiereduzierten Betafelder	18
Literaturhinweise.....	21
Bilder	
Bild 1 – Beispiele für Beta-Fluenzspektren für die Beta-Referenzstrahlungsfelder	11
Bild 2 – Beispiele für Photonen-Fluenzspektren für die Beta-Referenzstrahlungsfelder	12
Bild C.1 – Beispiele für Betaspektren für die energiereduzierten Betafelder	19
Bild C.2 – Relative Dosisleistung im Kalibrierabstand für die energiereduzierten Betafelder, wobei die Dicke des PMMA-Filters 3 mm und der Kalibrierabstand 20 cm beträgt, gemessen mit einer Extrapolationskammer.....	19
Bild C.3 – Tiefendosis-Kurven im Kalibrierabstand 20 cm für die in Tabelle C.1 aufgeführten Betafelder	20
Tabellen	
Tabelle 1 – Betateilchen-Radionuklid-Daten	9
Tabelle 2 – Mindestwert von E_{res} im Kalibrierabstand.....	10
Tabelle 3 – Kalibrierabstände und Filter für Beta-Referenzstrahlungsfelder der Serie 1.....	14

Tabelle 4 – Ungefähre Richtungs-Äquivalentdosisleistung im Kalibrierabstand je Aktivitätseinheit für Beta-Referenzstrahlungsfelder der Serie 1	14
Tabelle 5 – Beispiele für Aktivitäten und Dosisleistungen für Beta-Referenzstrahlungsfelder der Serie 2	15
Tabelle A.1 – Gewebe-Ersatzstoffe	16
Tabelle B.1 – Beispiele für die Konstruktion von Quellen	17
Tabelle C.1 – Beispiele für den Filteraufbau und typische Werte von $\dot{D}_f(0,07)$ für energiereduzierte Betastrahlungsfelder	18
Tabelle C.2 – Beispiele für die maximale Restenergie der energiereduzierten Betafelder	18
Tabelle C.3 – Beispiele für die maximale Restenergie der energiereduzierten Betafelder	20

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/CD 6980-1:2019 „Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 1: Methods of production“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Das internationale Dokument wurde vom ISO/TC 85/SC 2 „Radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und den nationalen Mitgliedern zur Stellungnahme vorgelegt.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 852 „Strahlenschutzdosimeter“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen, sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom technischen Komitee ISO/TC 85, *Nuclear energy, nuclear technologies and radiological protection*, Unterkomitee SC 2, *Radiological protection*, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe der ISO 6980-1 ersetzt, zusammen mit der zweiten Ausgabe der ISO 6980-2 und der zweiten Ausgabe der ISO 6980-3, ISO 6980-1:2006, gegenüber der sie eine technische Überarbeitung darstellt. Die wesentlichen Änderungen sind:

- Einbeziehung der Größen $H_p(3)$ und $H'(3)$;
- Aufnahme der ^{106}Ru - und ^{106}Rh -Serie-1-Quellen;
- Einbeziehung von energiereduzierten Betastrahlungsfeldern, basierend auf $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ -Quellen;
- Entfernung der ^{14}C -Quellen.

Eine Liste aller Teile der Normenreihe ISO 6980 ist auf der ISO-Internetseite zu finden.

Kernenergie – Beta-Referenzstrahlung – Teil 1: Verfahren zur Erzeugung

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen an Beta-Referenzstrahlungsfelder fest, die von Radionuklidquellen erzeugt werden, die für die Kalibrierung von Personen- und Ortsdosimetern und Dosisleistungsmessgeräten zur Bestimmung der Größen $H_p(0,07)$, $H'(0,07)$, $H'(0,07)$, $H_p(3)$ und $H_p(3)$ sowie zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Energie und des Einfallswinkels der Betastrahlung verwendet werden. Es gibt die Eigenschaften von Radionukliden an, die zur Erzeugung von Beta-Referenzstrahlungsfeldern verwendet wurden, gibt Beispiele für geeignete Quellenkonstruktionen an und beschreibt Verfahren zur Messung der maximalen Beta-Restenergie und der Mess-Äquivalentdosisleistung in einer Tiefe von 0,07 mm in der Kugel der Internationalen Kommission für Einheiten und Messungen [en: International Commission on Radiation Units and Measurements] (ICRU-Kugel). Der Energiebereich liegt zwischen 0,22 MeV und 3,6 MeV (maximale Energie) und die Mess-Äquivalentdosisleistungen liegen im Bereich von etwa $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ bis mindestens 10 Sv h^{-1} . Darüber hinaus werden für einige Quellen Änderungen der Mess-Äquivalentdosisleistung in Abhängigkeit vom Einfallswinkel angegeben.

Dieses Dokument schlägt zwei Serien von Beta-Referenzstrahlungsfeldern vor, aus denen die Strahlung ausgewählt werden kann, die für die Bestimmung der Eigenschaften (Kalibrierung und Energie- und Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens) eines Messgeräts erforderlich ist.

Referenzstrahlungsfelder der Serie 1 werden von Radionuklidquellen erzeugt, die mit Ausgleichsfiltern verwendet werden, die darauf ausgelegt sind, gleichmäßige Mess-Äquivalentdosisleistungen über eine große Fläche in einem bestimmten Abstand zu erzielen. Die vorgeschlagenen Quellen von $^{106}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$, $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$, ^{85}Kr , ^{204}Tl und ^{147}Pm ergeben maximale Mess-Äquivalentdosisleistungen von etwa 200 mSv h^{-1} .

Referenzstrahlungsfelder der Serie 2 werden ohne den Einsatz von Ausgleichsfiltern erzeugt, wodurch großflächige planare Quellen und ein Bereich von Abständen zwischen Quelle und Kalibrierebene verwendet werden können. In der Nähe der Quellen werden nur relativ kleine Flächen mit gleichmäßiger Dosisleistung erzeugt, aber diese Serie hat den Vorteil, dass sie die Energie- und Dosisleistungsbereiche über die der Serie 1 hinaus erweitert. Es werden die Radionuklide der Serie 1 verwendet, diese erzeugen Mess-Äquivalentdosisleistungen bis 10 Sv h^{-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).

International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM),
BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML

ISO 6980-3, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiations – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of beta radiation energy and angle of incidence*

ISO 29661:2012, *Reference radiation fields for radiation protection – Definitions and fundamental concepts*
+ A1:2015

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 29661 und die folgenden Begriffe.

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

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Massen-Bremsvermögen

S/ρ

(en: total mass stopping power)

Quotient dE durch ρdl ; dabei ist dE der Energieverlust, den ein geladenes Teilchen beim Durchlaufen einer Weglänge dl in einem Material mit der Massendichte ρ erleidet

$$\frac{S}{\rho} = \frac{1}{\rho} \frac{dE}{dl} \quad (1)$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Die SI-Einheit des Massen-Bremsvermögens ist Joule je Quadratmeter ($J m^2 kg^{-1}$). E kann in Elektronenvolt (eV) und damit S/ρ in $eV m^2 kg^{-1}$ ausgedrückt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: S ist das lineare Bremsvermögen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Für Energien, bei denen Kernprozesse vernachlässigt werden können, ist das Massen-Bremsvermögen.

$$\frac{S}{\rho} = \frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dl} \right)_{col} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{dE}{dl} \right)_{rad} \quad (2)$$

Dabei ist

$(dE/dl)_{col} = S_{col}$ das lineare Stoßbremsvermögen;

$(dE/dl)_{rad} = S_{rad}$ das lineare Strahlungsbremsvermögen.

Anmerkung 4 zum Begriff: Die SI-Einheit des linearen Bremsvermögens ist Joule je Meter ($J m^{-1}$). Wenn E in Elektronenvolt (eV) ausgedrückt wird, dann können S_{col} und S_{rad} in $eV m^{-1}$ ausgedrückt werden.

3.2

Gewebeäquivalenz

(en: tissue equivalence)

Eigenschaft eines Materials, das den Strahlungsabsorptions- und Strahlungstreu-Eigenschaften von ICRU-Gewebe nahekommt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe [Anhang A](#); weitere Gewebeersatzstoffe sind im ICRU-Bericht 44 [3] aufgeführt.

3.3

maximale Beta-Energie

E_{max}

(en: maximum beta energy)

höchster Wert der Energie von Betateilchen, die von einem bestimmten Nuklid emittiert werden, das ein oder mehrere kontinuierliche Spektren von Betateilchen mit unterschiedlichen maximalen Energien emittieren kann

3.4

maximale Beta-Restenergie

E_{res}

(en: residual maximum beta energy)

höchster Wert der Energie eines Beta-Spektrums im Kalibrierabstand nach Modifikation durch Streuung und Absorption

3.5

Bereich der maximalen Beta-Restenergie

R_{res}

(en: residual maximum beta particle range)

Bereich der maximalen Beta-Restenergie E_{res} eines Spektrums in einem absorbierenden Material^{N1}

4 Anforderungen an Beta Referenzstrahlungsfelder im Kalibrierabstand

4.1 Energie der Referenzstrahlungsfelder

Die Energie des Referenzstrahlungsfelds wird per Definition gleich E_{res} gesetzt (siehe 3.4 und 6.1.2).

4.2 Form des Betaspektrums

Das Betaspektrum der Referenzstrahlung sollte idealerweise aus einem Beta-Zerfallszweig von einem Radionuklid resultieren. In der Praxis ist die Emission von mehr als einem Zweig akzeptabel, vorausgesetzt, dass alle Hauptzweige ähnliche Energien, E_{max} , innerhalb von $\pm 20\%$ aufweisen. In anderen Fällen müssen die Zweige mit niedrigerer Energie durch die Quellschirmung oder durch zusätzliche Filter abgeschwächt werden, um ihre Beta-Emissionsraten auf weniger als 10 % der Emissionsrate des Hauptzweigs zu reduzieren.

4.3 Gleichmäßigkeit der Dosisleistung

Die Dosisleistung im Kalibrierabstand sollte über die Fläche des Detektors so homogen wie möglich sein. Da die verfügbaren Quellen für Referenzstrahlungsfelder der Serie 1 (siehe 6.2.2) derzeit keine hohen Energiedosisleistungen mit zufriedenstellender Homogenität für große Strahlungsfeld-Durchmesser erzeugen können, wird eine weitere Serie (Serie 2) von Referenz-Betastrahlungsfeldern vorgeschlagen (siehe 6.2.3). Ein Betastrahlungsfeld gilt als homogen über einen bestimmten Strahlungsfeld-Durchmesser, wenn die Dosisleistung bei $E_{\text{res}} \geq 300$ keV nicht mehr als $\pm 5\%$ und bei $E_{\text{res}} < 300$ keV nicht mehr als $\pm 10\%$ schwankt (siehe 6.2.2).

4.4 Photonenkontamination

Die Photonendosisleistung, die aufgrund der Kontamination der Referenzstrahlung durch Gamma-, Röntgen- und Bremsstrahlung zu $H_p(0,07)$ beiträgt, sollte weniger als 5 % der vom zu kalibrierenden Detektor erfassten Betadosisleistung betragen. Zur Bestimmung des Photonenanteils und zur Anzeige des zu prüfenden Messgeräts siehe 6.1.4.

4.5 Änderung der Beta-Emission mit der Zeit

Die Beta-Emissionsleistung nimmt mit der Zeit ab, da die Betaquelle radioaktiv zerfällt. Die Halbwertszeit eines Radionuklids sollte so lang wie möglich sein, vorzugsweise länger als ein Jahr. Die Halbwertszeiten der empfohlenen Quellen sind in Tabelle 1 angegeben.

5 Für Referenz-Betastrahlungsfelder geeignete Radionuklide

Tabelle 1 zeigt die Eigenschaften von Betateilchen emittierenden Radionukliden mit einem geeigneten Energiebereich. Betateilchen emittierende Radionuklide sollten aus denen ausgewählt werden, die in dieser Tabelle aufgeführt sind. Diese Radionuklide emittieren ein kontinuierliches Spektrum von Betateilchen mit Energien im Bereich von null bis zu einem für das jeweilige Nuklid charakteristischen Maximalwert, E_{max} .

^{N1} Nationale Fußnote: Diese Definition ist unklar und es wird vorgeschlagen, diese durch die ISO-Arbeitsgruppe zu überarbeiten: wie kann ein Bereich durch eine einzige Zahl angegeben sein? Auch die Messanleitung in 6.1.2 trägt nur bedingt zur Klärung bei. Es könnte sich um eine Beta-Resteindringtiefe handeln.

Ein Radionuklid erfordert normalerweise eine Umhüllung, um eine praktikable Quelle zu sein, und das Umhüllungsmaterial erzeugt Bremsstrahlung und charakteristische Röntgenstrahlung.

Tabelle 1 – Betateilchen-Radionuklid-Daten

Radionuklid	Halbwertszeit ^a	Maximalenergie ^{a,b}	Photonenstrahlung ^{a,c}
	Tage	$E_{\max}$ MeV	
¹⁴⁷ Pm	958,18 (15)	0,224	γ : 0,121 MeV (0,0027 %) Sm-Röntgenstrahl: 5,0 bis 7,5 keV 39,5 bis 46,8 keV
⁸⁵ Kr	3 927 (8)	0,678	γ : 0,514 MeV (0,4 %)
²⁰⁴ Tl	1 384 (5)	0,764	Hg-Röntgenstrahl: 8,7 bis 14,8 keV 68,9 bis 83,0 keV
⁹⁰ Sr + ⁹⁰ Y	10 519 (26)	2,279	Keine
¹⁰⁶ Ru + ¹⁰⁶ Rh	373,5 (2,1)	3,546	¹⁰⁶ Rh γ : 0,512 MeV (21 %) 0,622 MeV (10 %) 1,05 MeV (1,5 %) 1,13 MeV (0,4 %) 1,56 MeV (0,16 %)
^a Die Werte in dieser Spalte stammen aus dem Decay Data Evaluation Project (DDEP); die Werte in Klammern sind die Standardunsicherheiten [11]. ^b Die in dieser Spalte angegebenen Werte dienen nur zu Informationszwecken. ^c Die Werte in Klammern sind Emissionswahrscheinlichkeiten je Zerfall.			

6 Eigenschaften der Quellen und deren Messung

6.1 Grundlegende Eigenschaften von Referenzquellen

6.1.1 Konstruktion von Referenzquellen

Die Konstruktion der Referenzquellen sollte die folgenden Merkmale aufweisen, um den Anforderungen von [Abschnitt 4](#) zu entsprechen.

- Die chemische Form des Radionuklids sollte in den Temperatur- und Feuchtigkeitsbereichen, bei denen es verwendet und gelagert wird, zeitlich stabil sein.
- Die Konstruktion und Verkapselung, aus denen sich die Quellenumhüllung zusammensetzt, sollten ausreichend robust und stabil sein, um dem normalen Gebrauch ohne Beschädigung der Quelle und Verlust von Radioaktivität standzuhalten, wobei E_{res} jedoch die in [Tabelle 2](#) empfohlenen Mindestwerte überschreiten muss.

6.1.2 Messung der Eigenschaften der Referenzstrahlungsfelder

Die Werte der maximalen Beta-Restenergie, E_{res} , müssen den in [Tabelle 2](#) angegebenen Werten entsprechen oder diese überschreiten.

Tabelle 2 – Mindestwert von E_{res} im Kalibrierabstand

Radionuklid	E_{res} MeV
^{147}Pm	0,13
^{85}Kr	0,53
^{204}Tl	0,53
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, energiereduziert mittels PMMA-Filter	1,30 bis 1,50
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	1,80
$^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$	2,80
^a Beispiele und Daten für energiereduzierte Betastrahlungsfelder, basierend auf $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, sind in ^{N2} angegeben.	

Der Zweck der Festlegung einer unteren Grenze für E_{res} besteht darin, die Verwendung von Quellen zu verhindern, die eine übermäßige Selbstabsorption und/oder Absorption im Eintrittsfenster aufweisen.

Die verbleibende maximale Beta-Energie, E_{res} , ergibt sich aus Gleichung (7) [5]:

$$E_{\text{res}} = \sqrt{[(0,0091 \cdot R_{\text{res}} + 1)^2 - 1] / 22,4} \quad (3)$$

Dabei ist

E_{res} in MeV angegeben, und

R_{res} der verbleibende Bereich der maximalen Beta-Restenergie, angegeben in mg cm^{-2} .

R_{res} muss mit einem geeigneten Detektor (Ionisationskammer mit dünnem Eintrittsfenster, Geiger-Müller-Zähler, Beta-empfindlicher Phosphor usw.) gemessen werden, der im Kalibrierabstand positioniert wird, wobei sein Eintrittsfenster zur Quelle zeigt. Für die Messungen müssen verschiedene Absorberdicken unmittelbar vor dem Detektor angeordnet werden. Das Absorbermaterial muss entweder Polymethylmethacrylat (PMMA), Polystyrol, Polyethylen, Polyethylenterephthalat oder ein gleichwertiges Material sein. Die Dicke des für diese Messungen verwendeten Detektorfensters ist bei der Messung von R_{res} zu berücksichtigen.

Wenn die Quelle ein Strahlausgleichsfilter verwendet, d. h. es ist eine Referenzstrahlung der Serie 1 (siehe 6.2.2), muss dieses Filter für die Messung von R_{res} in Position sein.

Das Signal des Detektors muss in Abhängigkeit von der Absorberdicke bestimmt werden, und es muss ein Diagramm erstellt werden, dass den Logarithmus des Signals als Funktion der Absorberdicke, ausgedrückt in mg cm^{-2} , zeigt.

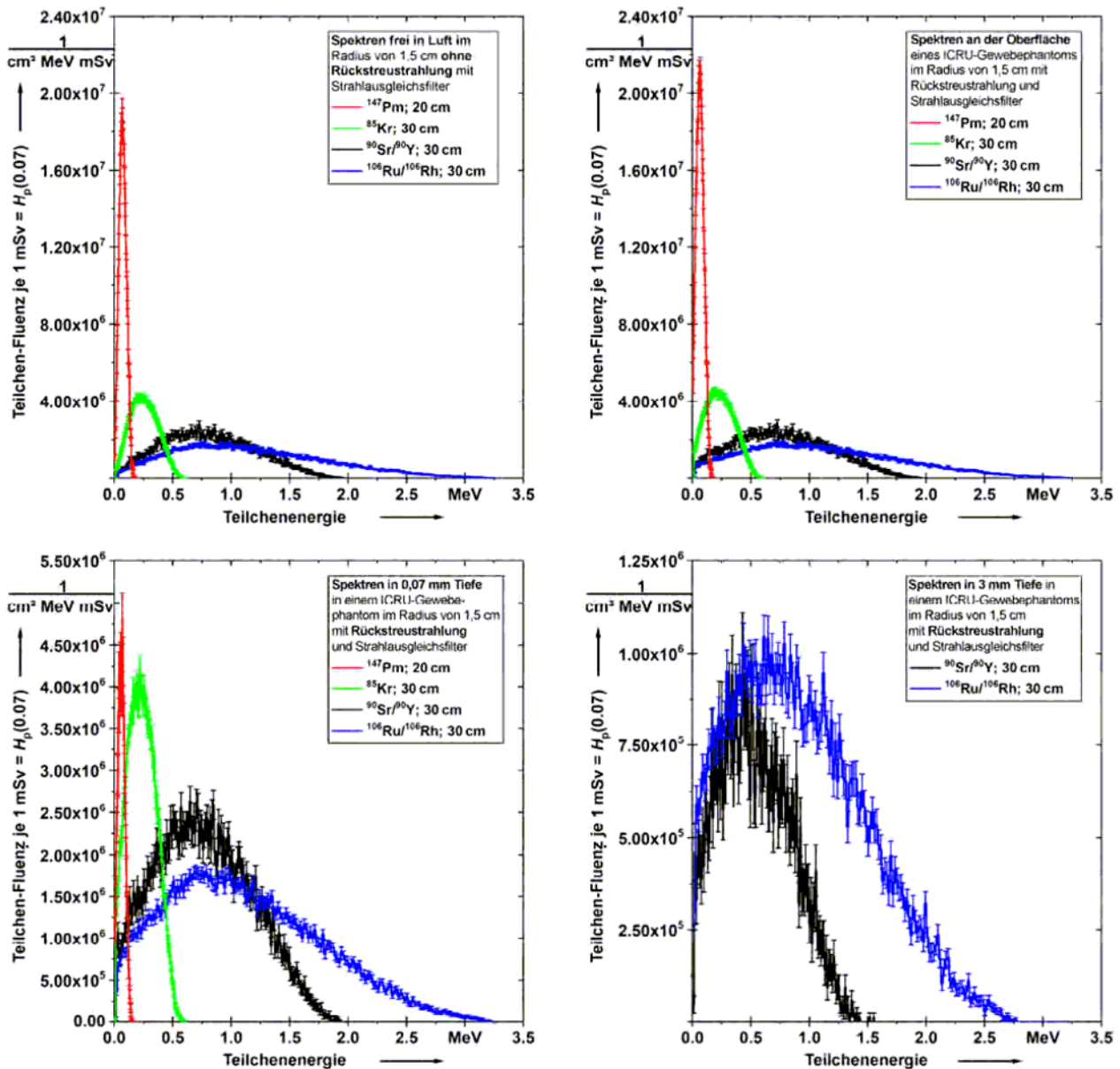
In diesem Diagramm, dass das gemessene Signal als Funktion der Dicke zeigt, ist R_{res} definiert als der Schnittpunkt des extrapolierten linearen Teils mit dem Untergrundsignal aufgrund des verbleibenden Photonenhintergrunds.

E_{res} kann auch mit einem Beta-Partikelspektrometer bestimmt werden, das z. B. Si(Li)-Halbleiterdetektoren verwendet (siehe ICRU 56 [2]).

Bild 1 zeigt Beispiele für simulierte Beta-Fluenzspektren für die Strahlungsfelder von Tabelle 2 [12]. Die $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ - und die $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ -Spektren werden aufgrund der starken Umhüllung der Quelle nur von ^{90}Y - bzw. ^{106}Rh -Betateilchen erzeugt (Tabelle B.1). Eine Übersicht über eine Reihe von berechneten Betaspektren ist in ICRU 56 [2] enthalten.

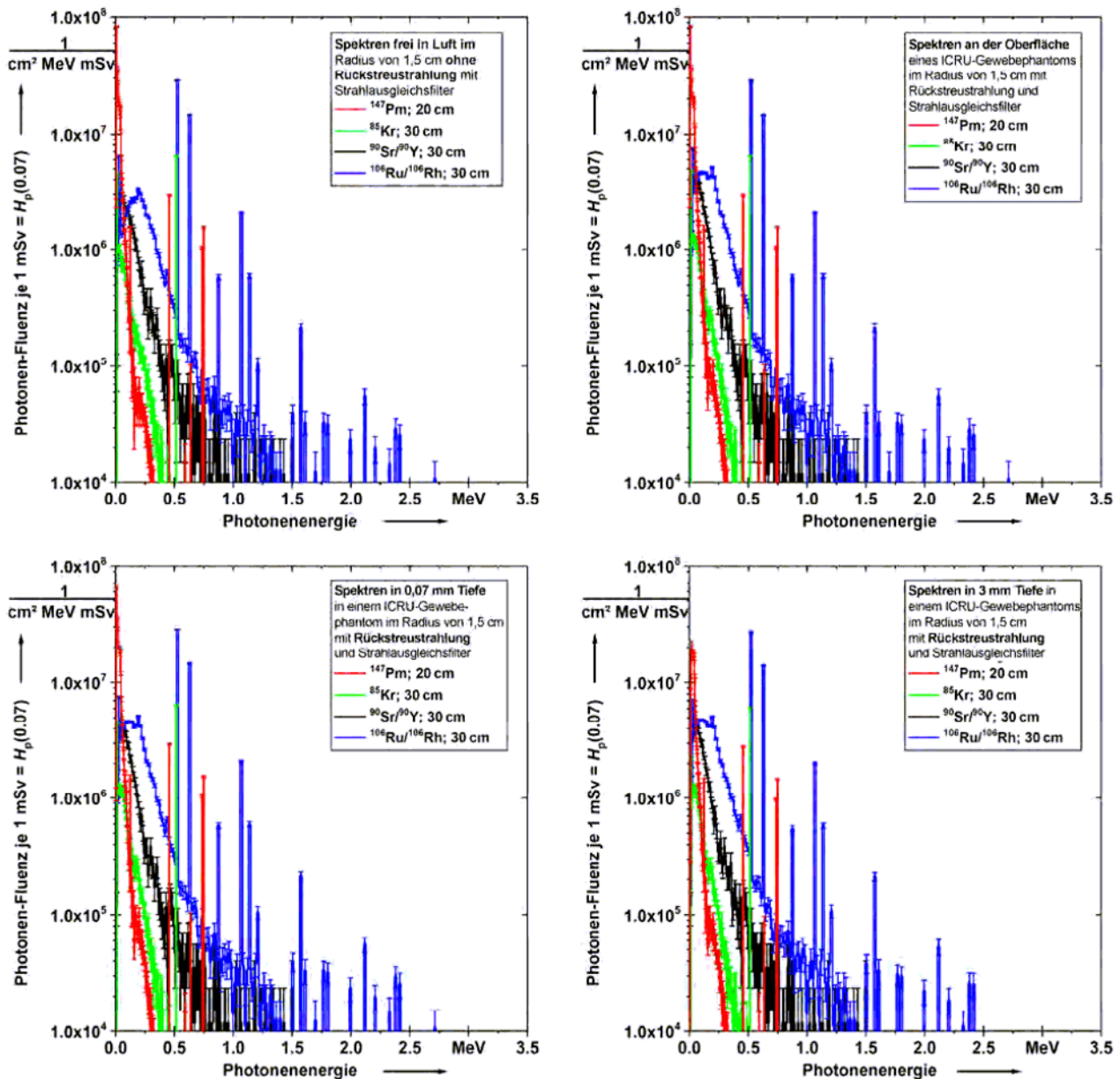
^{N2} Nationale Fußnote: Hier fehlt der Literaturhinweis. Weiterhin ist kein Tabelleneintrag mit dieser Anmerkung vorhanden.

Bild 2 zeigt Beispiele für simulierte Photonen-Fluenzspektren, einschließlich der Röntgen-, Gamma- und Bremsstrahlung für die Strahlungsfelder der Tabelle 2 [12].



Die Beta-Fluenzspektren wurden mit Teilchentransport frei in Luft und für verschiedene Tiefen in einem ICRU-Gewebephantom berechnet [12]. Die berechneten Werte der spektralen Fluenz sind auf eine Dosis von $H_p(0,07) = 1 \text{ mSv}$ normiert. Die Kalibrierabstände und die Filter sind in Tabelle 3 [12] angegeben. Die vier Teile des Bilds zeigen, von oben links nach unten rechts, das Spektrum frei in Luft ohne Rückstreustrahlung sowie die Spektren in drei Tiefen in einem ICRU-4-Element-Gewebephantom einschließlich Rückstreustrahlung. Die Unsicherheitsbalken stellen die statistischen Schwankungen der Simulationen dar.

Bild 1 – Beispiele für Beta-Fluenzspektren für die Beta-Referenzstrahlungsfelder



Die Photonen-Fluenzspektren wurden mit Teilchentransport frei in Luft und für verschiedene Tiefen in einem ICRU-Gewebephantom berechnet [12]. Die berechneten Werte der spektralen Fluenz sind auf eine Dosis von $H_p(0,07) = 1 \text{ mSv}$ normiert. Die Kalibrierabstände und die Filter sind in Tabelle 3 [12] angegeben. Die vier Teile des Bildes zeigen, von oben links nach unten rechts, das Spektrum frei in Luft ohne Rückstreustrahlung sowie die Spektren in drei Tiefen in einem ICRU-4-Element-Gewebephantom einschließlich Rückstreustrahlung. Die Unsicherheitsbalken stellen die statistischen Schwankungen der Simulationen dar.

Bild 2 – Beispiele für Photonen-Fluenzspektren für die Beta-Referenzstrahlungsfelder

6.1.3 Betakontamination

Die Radionuklidquellen sollten von ausreichender radiochemischer Reinheit sein. Es ist schwierig, das Vorhandensein von Verunreinigungen, die Betastrahlung emittieren, zu überprüfen, aber ihr Vorhandensein kann aus dem Nachweis der zugehörigen Photonenstrahlung, falls vorhanden, mit einem hochauflösenden Spektrometer, z. B. einem Ge(Li)-Detektor mit Spektrometriesystem, abgeleitet werden. Die spektrale Reinheit der Betastrahlung kann als ausreichend für die Verwendung als Referenzstrahlung angesehen werden, wenn

- das zur Messung von R_{res} verwendete Diagramm (siehe 6.1.2) einen linearen Bereich aufweist;