

	DIN EN ISO 4037-2 (VDE 0412-4037-2)	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
<p>ICS 17.240</p> <p>Ersatz für DIN ISO 4037-2 (VDE 0412-4037-2):2019-11 Siehe Anwendungsbeginn</p> <p>Strahlenschutz – Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Photonenenergie – Teil 2: Strahlenschutz-Dosimetrie in den Energiebereichen 8 keV bis 1,3 MeV und 4 MeV bis 9 MeV (ISO 4037-2:2019); Deutsche Fassung EN ISO 4037-2:2021</p> <p>Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV (ISO 4037-2:2019); German version EN ISO 4037-2:2021</p> <p>Radioprotection – Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV (ISO 4037-2:2019); Version allemande EN ISO 4037-2:2021</p> <p>Gesamtumfang 37 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)</p>		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CEN am 2021-01-18 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2021-07-01.

Für **DIN ISO 4037-2 (VDE 0412-4037-2):2019-11** besteht eine Übergangsfrist bis 2021-08-31.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN ISO 4037-2 (VDE 0412-4037-2):2020-12.

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

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

Die enthaltene ISO-Publikation wurde vom SC 2 „Radiological protection“ des TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Normenreihe DIN EN ISO 4037 (VDE 0412-4037) besteht mit dem allgemeinen Titel *Strahlenschutz – Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Photonenenergie* aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Strahlungseigenschaften und Erzeugungsmethoden*
- *Teil 2: Strahlenschutz-Dosimetrie in den Energiebereichen 8 keV bis 1,3 MeV und 4 MeV bis 9 MeV*
- *Teil 3: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern und Messung ihres Ansprechvermögens als Funktion von Energie und Einfallswinkel*
- *Teil 4: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern in niederenergetischen Röntgen-Referenzstrahlungsfeldern*

Änderungen

Gegenüber **DIN ISO 4037-2 (VDE 0412-4037-2):2019-11** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Anforderungen der bestehenden Norm sollen unverändert als Europäische Norm übernommen werden.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 4037-2 (VDE 0412-4037-2): 2019-11

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO/IEC Guide 98-3	–	–
–	ISO/IEC Guide 99	–	–
EN ISO 4037-1:2021	ISO 4037-1:2019	DIN EN ISO 4037-1 (VDE 0412-4037-1):2021-07	VDE 0412-4037-1
–	ISO 4037-3:1999 <i>ersetzt durch:</i>	–	–
EN ISO 4037-3:2021	ISO 4037-3:2019	DIN EN ISO 4037-3 (VDE 0412-4037-3):2021-07	VDE 0412-4037-3
EN ISO 4037-4:2021	ISO 4037-4:2019	DIN EN ISO 4037-4 (VDE 0412-4037-4):2021-07	VDE 0412-4037-4
–	–	DIN 6814-3:2016	–
–	ISO 29661	DIN ISO 29661 (VDE 0412-661)	VDE 0412-661
–	IEC 60050-391:1975	a	–
EN ISO 80000-10	ISO 80000-10	DIN EN ISO 80000-10	–
^a „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: https://www.dke.de/dke-iev .			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN 6814-3:2016, *Begriffe in der radiologischen Technik – Teil 3: Dosimetrie*

DIN EN ISO 4037-1 (VDE 0412-4037-1):2021-07, *Strahlenschutz – Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Photonenenergie – Teil 1: Strahlungseigenschaften und Erzeugungsmethoden (ISO 4037-1:2019); Deutsche Fassung EN ISO 4037-1:2021*

DIN EN ISO 4037-3 (VDE 0412-4037-3):2021-07, *Strahlenschutz – Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Photonenenergie – Teil 3: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern und Messung ihres Ansprechvermögens als Funktion von Energie und Einfallswinkel (ISO 4037-3:2019); Deutsche Fassung EN ISO 4037-3:2021*

DIN EN ISO 4037-4 (VDE 0412-4037-4):2021-07, *Strahlenschutz – Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Photonenenergie – Teil 4: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern in niedrigenergetischen Röntgen-Referenzstrahlungsfeldern (ISO 4037-4:2019); Deutsche Fassung EN ISO 4037-4:2021*

DIN EN ISO 29661 (VDE 0412-661), *Referenzstrahlungsfelder für den Strahlenschutz – Definitionen und grundlegende Konzepte*

DIN EN ISO 80000-10, *Größen und Einheiten – Teil 10: Atom- und Kernphysik*

Deutsche Fassung

Strahlenschutz –

Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihres Ansprechvermögens als Funktion der Photonenenergie –

Teil 2: Strahlenschutz-Dosimetrie in den Energiebereichen 8 keV bis 1,3 MeV und 4 MeV bis 9 MeV (ISO 4037-2:2019)

Radiological protection –

X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy –

Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV

(ISO 4037-2:2019)

Radioprotection –

Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons –

Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV

(ISO 4037-2:2019)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 2021-01-18 angenommen.

CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsorganisationen von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CEN

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

CEN-CENELEC Management Centre: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	5
Vorwort.....	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Normalmessgerät	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Kalibrierung des Normalmessgeräts	10
4.3 Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens des Normalmessgeräts	10
5 Umrechnung von der Messgröße Luftkerma K_a auf die geforderte phantombezogene Messgröße.....	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Bestimmung der Konversionskoeffizienten	13
5.2.1 Allgemeines	13
5.2.2 Bestimmung der Konversionskoeffizienten aus der spektralen Fluenz	13
5.3 Validierung der Referenzfelder und der gelisteten Konversionskoeffizienten mittels Dosimetrie	14
6 Direkte Kalibrierung des Referenzfelds in der geforderten phantombezogenen Messgröße	15
7 Messverfahren, anwendbar für Ionisationskammern	15
7.1 Geometrische Bedingungen	15
7.2 Kammerhalterung und Kammerstiel-Streuung	15
7.3 Ort und Orientierung der Normalkammer	15
7.4 Korrekturen der Messung	16
7.4.1 Allgemeines	16
7.4.2 Korrekturen bezüglich der Abweichungen von Lufttemperatur, -druck und -feuchte von den Bezugsbedingungen bei der Kalibrierung	16
7.4.3 Korrekturen bezüglich strahlungsinduziertem Leckstrom einschließlich Umgebungsstrahlung	17
7.4.4 Unvollständige Ionensammlung	17
7.4.5 Ungleichförmigkeit des Strahls.....	17
8 Zusätzliche Verfahren und Vorkehrungen speziell für die Dosimetrie von Gammastrahlung bei Verwendung von Radionuklidquellen	17
8.1 Verwendung der zertifizierten Quellenintensität.....	17
8.2 Verwendung von Aufbaukappen für Elektronengleichgewicht.....	17
8.3 Zerfall der radioaktiven Quellen	17
8.4 Verunreinigungen der Radionuklide	17
8.5 Interpolation zwischen Kalibrierpositionen	17
9 Zusätzliche Verfahren und Vorkehrungen speziell für die Dosimetrie von Röntgenstrahlung	18

9.1	Variationen der Intensität der Röntgenstrahlung	18
9.2	Monitor	18
9.3	Einstellung der Luftkermaleistung	18
10	Dosimetrie der Referenzstrahlung bei Photonenenergien zwischen 4 MeV und 9 MeV	19
10.1	Dosimetrische Messgrößen	19
10.2	Messung der dosimetrischen Messgrößen	19
10.2.1	Allgemeines	19
10.2.2	Luftkerma(leistung)	20
10.2.3	Phantombezogene Messgrößen $H^*(10)$, $H_p(10)$, $H^*(3)$ und $H_p(3)$	20
10.3	Messgeometrie	20
10.4	Monitor	20
10.5	Bestimmung der Luftkerma(leistung) frei in Luft	21
10.5.1	Allgemeines	21
10.5.2	Messbedingungen	21
10.5.3	Direkte Messung mit einer Ionisationskammer	21
10.5.4	Bestimmung der Luftkerma(leistung) aus der Photonenfluenz (Photonenflussdichte)	24
11	Messunsicherheit	25
11.1	Allgemeines	25
11.2	Unsicherheitsbeiträge	25
11.2.1	Allgemeines	25
11.2.2	Unsicherheiten bei der Kalibrierung eines Sekundärnormals	25
11.2.3	Unsicherheiten bei der Messung der Referenzstrahlung, verursacht durch das Normalmessgerät und seine Anwendung	25
11.3	Angabe der Unsicherheit	26
Anhang A (normativ)	Technische Details der Messgeräte und ihres Betriebs	27
A.1	Allgemeines	27
A.2	Details zum Betrieb der Normalmessgeräte	27
A.2.1	Allgemeines	27
A.2.2	Betrieb der Normalmessgeräte	27
A.2.3	Stabilitätskontrolle	27
A.2.4	Anlaufzeit und Ansprechzeit	27
A.2.5	Nullpunkteinstellung	27
A.2.6	Anzahl der Messungen	28
A.2.7	Nicht konstantes Ansprechvermögen durch Skalen und Messbereiche	28
A.2.8	Verschluss-Übergangszeit	28
A.3	Für Ionisationskammern anwendbare Methoden	28
A.3.1	Allgemeines	28
A.3.2	Kalibrierung einer Ionisationskammer-Anordnung unabhängig von der Messeinrichtung	28
A.3.3	Einfluss der Strahleneinfallrichtung auf das Ansprechvermögen einer Ionisationskammer	28

	Seite
A.3.4 Messung der Auswirkung des Leckstroms.....	29
A.3.5 Messwertkorrekturen	29
A.3.5.1 Allgemeines	29
A.3.5.2 Nullpunktverschiebung	29
A.3.5.3 Kriechstrom-Korrekturen.....	29
Anhang B (informativ) Messung von Photonenspektren	30
B.1 Experimenteller Aufbau für die Messung von Pulshöhenspektren	30
B.2 Entfalten der Pulshöhenspektren zur Bestimmung der spektralen Fluenz	31
Literaturhinweise.....	32
Bilder	
Bild 1 – Beispiel für eine typische Röntgenanlage	19
Bild B.1 – Schematische Darstellung eines Beispiels für einen experimentellen Aufbau für die Messung von Pulshöhenspektren	30
Bild B.2 – Beispiel für ein Fluenzspektrum $\Phi_E(E)$ und ein Pulshöhenspektrum der Strahlungsqualität N-30, gemessen bei 1,0 m Abstand zwischen dem Ge-Spektrometer und dem Fokus der Röntgenröhre.....	31
Tabellen	
Tabelle 1 – Anforderungen an die Energieabhängigkeit des Ansprechvermögens des Normalmessgeräts.....	11
Tabelle 2 – Typische Werte für die Bremsstrahlungs-Korrektur	12
Tabelle 3 – Typische Werte für die Absorptions- und Streukorrektur k_{att} für verschiedene Arten von Ionisationskammern	23
Tabelle 4 – Typische Werte für das mittlere massenbeschränkte Stoß-Bremsvermögen von Luft bezogen auf dasjenige des Wandmaterials	24
Tabelle 5 – Typische Energie-Absorptionskoeffizienten für nicht-luftäquivalente Wandmaterialien bezogen auf Luft.....	24

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 4037-2:2019 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 4037-2:2021 durch das Technische Komitee CEN/TC 430 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird, übernommen.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis spätestens August 2021, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen spätestens im August 2021 zurückgezogen werden.

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

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsorganisationen der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, der Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 4037-2:2019 wurde vom CEN als EN ISO 4037-2:2021 ohne irgendeine Abänderung angenommen.

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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten 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 erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, zur Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe 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/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitees ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies and radiological protection“, Unterkomitee SC 2 „Radiological protection“, erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 4037-2:1997), die technisch überarbeitet wurde.

Eine Liste aller Teile der Normenreihe ISO 4037 ist auf der ISO-Internetseite zu finden.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Diese korrigierte Fassung der ISO 4037-2:2019 beinhaltet die folgenden Korrekturen:

- In 10.5.2.2 wurden die Angaben der Literaturhinweise wieder hochgestellt;
- in Tabelle 5 wurden die Kopfzeilen der Spalten 4 und 5 wieder eingefügt.

Einleitung

Die Überarbeitung dieses Dokuments berücksichtigt die Verbesserungen von Hochspannungsgeneratoren von 1996 bis 2017 (z. B. die Verwendung von Hochfrequenz-Schaltnetzteilen, die eine nahezu konstante Spannung erzeugen) und die Spektrumsmessungen an Bestrahlungseinrichtungen, die mit solchen Generatoren ausgerüstet sind (z. B. den Spektrenkatalog von Ankerhold [1]). Sie berücksichtigt auch alle publizierten Informationen, die das Ziel haben, die Anforderungen an die technischen Parameter der Referenzstrahlungsfelder mit der angestrebten Gesamt-Messunsicherheit von etwa 6 % bis 10 % für die phantombezogenen Messgrößen der Internationalen Kommission für Einheiten und Messungen (ICRU, en: International Commission on Radiation Units and Measurements) [2] in Einklang zu bringen. Sie ändert das generelle Konzept der vorhandenen ISO 4037 nicht.

ISO 4037 konzentriert sich auf Photonen-Referenzstrahlungsfelder und ist in vier Teile unterteilt. **ISO 4037-1** beschreibt die Methoden zur Erzeugung und Charakterisierung von Referenzstrahlungsfeldern in Bezug auf die Größen spektrale Photonenfluenz und Luftkerma frei in Luft. Das vorliegende Dokument beschreibt die Dosimetrie der Referenzstrahlungsqualitäten in Bezug auf Luftkerma und in Bezug auf die phantombezogenen Messgrößen der Internationalen Kommission für Einheiten und Messungen (ICRU, en: International Commission on Radiation Units and Measurements) [2]. **ISO 4037-3** beschreibt die Methoden zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten in Bezug auf die phantombezogenen Messgrößen der Internationalen Kommission für Einheiten und Messungen (ICRU) [2]. **ISO 4037-4** beschreibt spezielle Gesichtspunkte und zusätzliche Anforderungen für die Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten in niederenergetischen Röntgen-Referenzstrahlungsfeldern, dies sind Referenzstrahlungsfelder mit einer Erzeugungsspannung von 30 kV oder weniger.

In diesem Dokument werden zwei Methoden zur Bestimmung der phantombezogenen Messgrößen angegeben. Beide Methoden erfordern ein Referenzfeld nach **ISO 4037-1**. Die erste Methode erfordert die Dosimetrie in Bezug auf die Luftkerma frei in Luft, und danach wird die ausgewählte Messgröße durch die Anwendung eines Konversionskoeffizienten bestimmt, der die Luftkerma frei in Luft in Beziehung zur gewählten Messgröße setzt. Für übereinstimmende Referenzfelder wird der Konversionskoeffizient aus **ISO 4037-3** entnommen, für charakterisierte Referenzfelder wird der Konversionskoeffizient durch Spektrometrie bestimmt. Die zweite Methode, anwendbar für charakterisierte Referenzfelder, erfordert die direkte Dosimetrie in Bezug auf die ausgewählte Messgröße. Für alle Kalibrierungen werden Sekundärnormal-Messgeräte benötigt, die bezüglich der gewählten Messgröße eine nahezu konstante Abhängigkeit des Ansprechvermögens von der Energie haben.

Die in **ISO 29661** beschriebenen allgemeinen Verfahren werden in diesem Dokument so weit wie möglich angewendet. Auch sind die verwendeten Symbole in Übereinstimmung mit **ISO 29661**.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Methoden für die Dosimetrie von Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlung zur Kalibrierung von Strahlenschutzmessgeräten im Energiebereich von etwa 8 keV bis 1,3 MeV und von 4 MeV bis 9 MeV und für Luftkermaleistungen größer als 1 $\mu\text{Gy/h}$ fest. Die berücksichtigten Messgrößen sind die Luftkerma frei in Luft, K_a , und die phantombezogenen Messgrößen der Internationalen Kommission für Einheiten und Messungen (ICRU) [2], $H^*(10)$, $H_p(10)$, $H^*(3)$, $H_p(3)$, $H^*(0,07)$ und $H_p(0,07)$, zusammen mit den zugehörigen Dosisleistungen. Die Methoden zur Erzeugung von Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlung sind in Teil 1 angegeben.

Dieses Dokument kann auch für die in [ISO 4037-1:2019](#), [Anhänge A, B und C](#), festgelegten Strahlungsqualitäten verwendet werden, aber dies bedeutet nicht, dass ein Kalibrierzertifikat für die in diesen Anhängen angegebenen Strahlungsqualitäten in Übereinstimmung mit den Anforderungen von ISO 4037 ist.

Die in diesem Dokument angegebenen Anforderungen und Methoden sind darauf ausgerichtet, im Referenzfeld eine Gesamt-Messunsicherheit ($k = 2$) der Dosis(leistung) von etwa 6 % bis 10 % für die phantombezogenen Messgrößen zu erreichen. Um dies zu erreichen, werden in [ISO 4037-1](#) zwei Erzeugungsmethoden für das Referenzfeld vorgeschlagen.

Die erste besteht darin, „*übereinstimmende Referenzstrahlungsfelder*“ zu erzeugen, die den Anforderungen so genau entsprechen, dass empfohlene Konversionskoeffizienten verwendet werden können. Das Vorliegen einer nur geringen Abweichung der spektralen Verteilung des „*übereinstimmenden Referenzstrahlungsfeldes*“ im Vergleich zum nominellen Referenzstrahlungsfeld wird mit Prozeduren validiert, die in diesem Dokument im Detail beschrieben sind. Für übereinstimmende Referenzstrahlungsfelder sind in [ISO 4037-3](#) empfohlene Konversionskoeffizienten angegeben, aber nur für festgelegte Abstände zwischen Quelle und Dosimeter, z. B. 1,0 m und 2,5 m. Für andere Abstände muss der Anwender entscheiden, ob diese Konversionskoeffizienten verwendet werden können.

Die zweite Methode besteht darin, „*charakterisierte Referenzstrahlungsfelder*“ zu erzeugen. Dies wird entweder durch Bestimmung der Konversionskoeffizienten mittels Spektrometrie erreicht, oder der benötigte Wert wird direkt unter Verwendung von Sekundärnormal-Dosimetern gemessen. Diese Methode ist für jede Strahlungsqualität, jede Messgröße und, sofern zutreffend, für jedes Phantom und jeden Strahleneinfallswinkel anwendbar. Die Konversionskoeffizienten können für jeden Abstand bestimmt werden, vorausgesetzt, die Luftkermaleistung ist nicht unterhalb von 1 $\mu\text{Gy/h}$.

Beide Methoden erfordern Sekundärteilchengleichgewicht geladener Teilchen im Referenzstrahlungsfeld. Dies ist jedoch nicht immer im Arbeitsplatzfeld, für das das Dosimeter kalibriert werden soll, vorhanden. Dies gilt insbesondere bei Photonenenergien ohne inhärentes Sekundärteilchengleichgewicht in der Bezugstiefe d , diese Eigenschaft hängt von der aktuellen Kombination von Energie und Bezugstiefe d ab. Elektronen mit Energien oberhalb von 65 keV, 0,75 MeV bzw. 2,1 MeV können jeweils gerade 0,07 mm, 3 mm bzw. 10 mm von ICRU-Gewebe durchdringen, und die Strahlungsqualitäten mit Photonenenergien oberhalb dieser Werte werden als Strahlungsqualitäten ohne inhärentes Sekundärteilchengleichgewicht für die in diesen Tiefen definierten Größen angesehen.

Dieses Dokument ist nicht für die Dosimetrie in gepulsten Referenzstrahlungsfeldern anwendbar.

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).

[ISO 4037-1](#), *Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods*