

**DIN ISO 6980-3
(VDE 0412-6980-3)**
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 2020-11-04

Entwurf

**Kernenergie –
Beta-Referenzstrahlung –
Teil 3: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern und die Messung ihres
Ansprechvermögens als Funktion von Energie und Einfallswinkel
(ISO/CD 6980-3:2019);
Text Deutsch und Englisch**

Nuclear energy –
Reference beta-particle radiation –
Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the determination of their response as a function of beta radiation energy and angle of incidence
(ISO/CD 6980-3:2019);
Text in German and English

Énergie nucléaire –
Rayonnement bêta de référence –
Partie 3: Étalonnage des dosimètres individuels et des dosimètres de zone et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta
(ISO/CD 6980-3:2019);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-09-04 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 52 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
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Verfahren, die für alle Orts- und Personendosimeter anwendbar sind	9
4.1 Allgemeine Grundsätze	9
4.2 Bestimmung von Kalibrier- und Korrektionsfaktor	11
5 Spezielle Verfahren für Ortsdosimeter	13
5.1 Allgemeine Grundsätze	13
5.2 Zu messende Größen.....	13
6 Spezielle Verfahren für Personendosimeter.....	13
6.1 Allgemeine Grundsätze	13
6.2 Zu messende Größen.....	13
6.3 Experimentelle Bedingungen	13
7 Angabe der Ergebnisse	15
7.1 Protokolle und Zertifikate.....	15
7.2 Angabe der Unsicherheiten.....	16
Anhang A (informativ) Liste der Symbole	17
Anhang B (informativ) Bezugsbedingungen	19
B.1 Angabe der Bezugsbedingungen und der geforderten Standardprüfbedingungen	19
Anhang C (informativ) Konversionskoeffizienten für einige Beta-Referenzstrahlungsfelder.....	21
Literaturhinweise.....	27
Tabellen	
Tabelle 1 – Symbole und Abkürzungen.....	17
Tabelle B.1 — Bezugsbedingungen und Standardprüfbedingungen für radiologische Parameter.....	19
Tabelle B.2 – Bezugsbedingungen und Standardprüfbedingungen für andere Parameter	20
Tabelle C.1 – Konversionskoeffizienten $h_{p,D}(0,07; \text{Quelle}; \alpha)_{\text{slab}}$ für das Quaderphantom in Abhängigkeit vom Strahleneinfallswinkel für kommerziell erhältliche Betaquellen (Werte in Sv·Gy ⁻¹)	22
Tabelle C.2 – Konversionskoeffizienten $h_{p,D}(0,07; \text{Quelle}; \alpha)_{\text{rod}}$ für das Stabphantom in Abhängigkeit vom Strahleneinfallswinkel für kommerziell erhältliche Betaquellen (Werte in Sv·Gy ⁻¹)	23
Tabelle C.3 – Konversionskoeffizienten $h'_{D}(0,07; \text{Quelle}; \alpha)$ in Abhängigkeit vom Strahleneinfallswinkel für kommerziell erhältliche Betaquellen (Werte in Sv·Gy ⁻¹)	24

Tabelle C.4 – Konversionskoeffizienten $h_{p,D}(3; \text{Quelle}; \alpha)_{\text{cyl}}$ für das Zylinderphantom in Abhängigkeit vom Strahleneinfallswinkel für kommerziell erhältliche Betaquellen (Werte in $\text{Sv}\cdot\text{Gy}^{-1}$).....	25
Tabelle C.5 – Konversionskoeffizienten $h'_{D}(3; \text{Quelle}; \alpha)$ in Abhängigkeit vom Strahleneinfallswinkel für kommerziell erhältliche Betaquellen (Werte in $\text{Sv}\cdot\text{Gy}^{-1}$)	26

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/CD 6980-2:2019 „Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 1: Calibration of area and personal dosimeters and the determination of their response as a function of beta radiation energy and angle of incidence“ (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 beigefügt. 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

Für dieses Dokument ist das Unterkomitee SC 2 „Radiological protection“ des Komitees ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ verantwortlich.

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

- Einbeziehung der Größen $H_p(3)$ und $H'(3)$;
- Aufnahme der $^{106}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$ -Serie-1-Quellen;
- Entfernung der ^{14}C -Quellen;
- Einbeziehung von Korrekturfaktoren für die Unterscheidung zwischen verschiedenen Größen in gleicher Tiefe, wie z. B. $H_p(0,07)$ und $H'(0,07)$;
- Einbeziehung von Korrekturfaktoren für die Unterscheidung zwischen verschiedenen Phantomen für die gleiche Messgröße, wie z. B. Quader- und Stabphantom für die Größe $H_p(0,07)$.

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

**Kernenergie –
Beta-Referenzstrahlung –
Teil 3: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern und Messung ihres
Ansprechvermögens als Funktion von Energie und Einfallswinkel**

Einleitung

ISO 6980 umfasst die Herstellung, Kalibrierung und Verwendung von Beta-Referenzstrahlungsfeldern für die Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten zu Strahlenschutz Zwecken. ISO 6980-1 beschreibt die Methoden zur Herstellung und Charakterisierung der Referenzstrahlung. ISO 6980-2 beschreibt Verfahren zur Bestimmung der Energiedosisleistung in Beta-Referenzstrahlungsfeldern für eine Referenztiefe in Gewebe. Der vorliegende Teil der ISO 6980 beschreibt Verfahren zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und die Bestimmung ihres Ansprechvermögens in Abhängigkeit von der Energie der Betateilchen und dem Einfallswinkel der Betastrahlung.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt Verfahren zur Kalibrierung und Bestimmung des Ansprechvermögens von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten im Hinblick auf die Mess-Äquivalentdosisgrößen der Internationalen Kommission für Strahlungseinheiten und Messungen (en: International Commission on Radiation Units and Measurements; ICRU) für den Strahlenschutz. Wie im ICRU-Bericht 56 [1] erwähnt, werden bei stark durchdringender Strahlung für die Ortsdosisüberwachung die Umgebungs-Äquivalentdosis, $H^*(10)$, und für die Personendosisüberwachung die Tiefen-Personendosis, $H_p(10)$, verwendet. Sie sind jedoch keine geeigneten Größen für jedwede Betastrahlung, auch nicht für diejenige, die 10 mm Gewebe durchdringt ($E_{\max} > 2 \text{ MeV}$).

Für Betastrahlung ist die Kalibrierung und die Bestimmung des Ansprechvermögens von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten im Wesentlichen ein dreistufiger Prozess. Zuerst wird die Basisgröße, die Energiedosis in Gewebe in einer Tiefe von 0,07 mm in einem gewebeäquivalenten Quaderphantom, mit den in ISO 6980-2 beschriebenen Verfahren gemessen. Dann wird die entsprechende Mess-Äquivalentdosisgröße durch Anwendung eines Konversionskoeffizienten bestimmt, der die gemessene Größe (Referenz-Energiedosis) mit der ausgewählten Mess-Äquivalentdosisgröße für die ausgewählte Bestrahlungsgeometrie in Beziehung setzt. Schließlich wird der Bezugspunkt der Prüflingsanordnung an dem Prüfort platziert, um das Dosimeter zu kalibrieren und sein Ansprechvermögen zu bestimmen. Je nach Typ des zu prüfenden Dosimeters wird die Bestrahlung entweder für Personendosimeter auf einem Phantom oder für Ortsdosimeter frei in Luft durchgeführt. Für die Personen- und Ortsdosimetrie beschreibt dieses Dokument die Verfahren und die Konversionskoeffizienten, die für die Bestimmung des Ansprechvermögens von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten in Bezug auf die ICRU-Messgrößen Richtungs-Äquivalentdosis, $H'(0,07; \vec{\Omega})$ und $H'(3; \vec{\Omega})$, sowie Oberflächen-Personendosis, $H_p(0,07)$, und Augen-Personendosis, $H_p(3)$, zu verwenden sind.

Dieses Dokument ist ein Leitfaden für diejenigen, die Dosimeter und Dosisleistungsmessgeräte für den Strahlenschutz mit Beta-Referenzstrahlung kalibrieren und deren Ansprechvermögen in Abhängigkeit von der Energie der Betateilchen und ihrem Einfallswinkel bestimmen. Solche Messungen können Teil einer Bauartprüfung sein, bei der die Wirkung anderer Einflussgrößen auf das Ansprechvermögen untersucht wird. Dieses Dokument behandelt nicht die In-situ-Kalibrierung von stationären, installierten Ortsdosimetern. Der Begriff „Dosimeter“ wird als Oberbegriff für jedes Dosis- oder Dosisleistungsmessgerät zur Personendosisüberwachung oder Ortsdosisüberwachung verwendet. Neben der Beschreibung der Kalibrierverfahren enthält dieses Dokument Empfehlungen für geeignete Phantome und die Art und Weise, wie geeignete Konversionskoeffizienten bestimmt werden können. Es werden Hinweise zur Angabe von Messunsicherheiten und zur Erstellung von Kalibrierprotokollen und Kalibrierzertifikaten gegeben.

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 6980-2, Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 2: Calibration fundamentals related to basic quantities characterizing the radiation field

ISO 29661:2012, *Reference radiation fields for radiation protection – Definitions and fundamental concepts + AMD.1:2015*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe in ISO 29661:2012 + AMD.1:2015 und die folgenden Begriffe.

E DIN ISO 6980-3 (VDE 0412-6980-3):2020-10

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

maximale Betaenergie

$E_{\max}$

(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

3.2

mittlere Betaenergie

$\bar{E}$

(en: mean beta energy)

fluenzgemittelte Energie des Betateilchenspektrums im Kalibrierabstand

3.3

maximale Beta-Restenergie

E_{res}

(en: residual maximum beta energy)

höchster Energiewert eines Beta-Spektrums im Kalibrierabstand, nachdem es durch Streuung und Absorption modifiziert wurde

3.4

Referenz-Energiedosis

D_R

(en: reference absorbed dose)

Oberflächen-Personen-Energiedosis, $D_p(0,07)$, in einem Quaderphantom aus ICRU-Gewebe mit einer Orientierung des Phantoms, in dem die Normale zur Phantomboberfläche mit der (mittleren) Richtung der einfallenden Strahlung übereinstimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Oberflächen-Personen-Energiedosis, $D_p(0,07)$, ist im ICRU-Bericht 51 definiert. Für die Zwecke dieses Teils der ISO 6980 wird diese Definition auf ein Quaderphantom erweitert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Das Quaderphantom wird mit ausreichender Genauigkeit durch das Material angenähert, das das Standardmessgerät (Extrapolationskammer) zur Messung des Betastrahlungsfelds umgibt.

Anmerkung 3 zum Begriff: D_R wird mit ausreichender Genauigkeit durch die Richtungs-Energiedosis in der ICRU-Kugel, $D'(0,07, 0^\circ)$, angenähert.

3.5

Bezugs-Kalibrierfaktor

N_0

(en: reference calibration factor)

Kalibrierfaktor für einen Bezugswert, $H_{t,0}$, der Messgröße. Ist $M_{t,0}$ die Anzeige, gilt

$$N_0 = \frac{H_{t,0}}{M_{r,0}} \quad (7)^{N1}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition ist für Dosimeter mit einem nichtlinearen Ansprechvermögen von besonderer Bedeutung.

^{N1} Nationale Fußnote: Die Nummerierung der Gleichungen im ISO-Original ist fehlerhaft. Sie sollte bei (1) beginnen und fortlaufend erfolgen.

3.6

Korrektionsfaktor für Betaenergie und Strahleneinfallswinkel

$k_{E,\alpha}$

(en: correction factor for beta-particle energy and angle of incidence)

Korrektionsfaktor für (mittlere) Betaenergie, E , und (mittleren) Strahleneinfallswinkel, α , der Betateilchen

Anmerkung 1 zum Begriff: α stellt den Einfallswinkel von der Quelle aus dar. Durch die Streuung der Elektronen werden die Elektronen unter den unterschiedlichsten Winkeln einfallen und α kann als mittlerer Wert des Einfallswinkels der Elektronen betrachtet werden. α ist der Winkel zwischen der Bezugsrichtung der Quelle und der Einfallsrichtung der Strahlung von der Quelle.

4 Verfahren, die für alle Orts- und Personendosimeter anwendbar sind

4.1 Allgemeine Grundsätze

4.1.1 Auswahl von Quellen und Strahlungsqualitäten

Zwei Serien von Referenzstrahlungsquellen sind in ISO 6980-1 beschrieben. Die Quellen der Serie 1 verwenden Strahlausgleichsfilter, um eine gleichmäßige Dosisleistung über eine Fläche von etwa 15 cm Durchmesser zu erzeugen, z. B. für die gleichzeitige Kalibrierung eines Ortsdosimeters oder mehrerer Personendosimeter. Die Kalibrierabstände, Filterabstände und Filtertypen sind in ISO 6980-1 festgelegt. Abweichungen von diesen Spezifikationen dürfen nicht vorgenommen werden.

Die Referenzstrahlung der Serie 2 kann ohne den Einsatz von Strahlausgleichsfiltern erzeugt werden und hat den Vorteil, dass sie den Energiebereich und die Dosisleistung über diejenigen der Serie 1 hinaus erweitert. Bei Kalibrierungen und Bestimmungen des Ansprechvermögens müssen die Serie der verwendeten Referenzstrahlung und der Abstand von der Quelle zum Detektor angegeben werden.

Obwohl für Betakalibrierungen spezielle Quellen und Geometrien festgelegt werden dürfen, müssen Sekundärlabore mindestens über die Quellen der Serie 1 verfügen. Diese Standardquellen liefern konsistente und reproduzierbare Ergebnisse und ermöglichen den Vergleich der Ergebnisse von Labor zu Labor.

Die Dosimetrie in diesen Strahlungsfeldern muss in Übereinstimmung mit ISO 6980-2 durchgeführt werden.

Das von all diesen Radionukliden mit Ausnahme von $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ erzeugte Beta-Strahlungsfeld ist praktisch frei von Photonenstrahlung, abgesehen von der Bremsstrahlung, die in den umgebenden Materialien oder in der Betaquelle selbst erzeugt wird. $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$ wird wegen der hohen maximalen Energie der emittierten Beta-Teilchen verwendet. Nur Betaquellen mit geringer Selbstabsorption und dünner Umhüllung können die Vorgaben der ISO 6980-1 erfüllen, da es notwendig ist, dass im Kalibrierabstand die maximale Energie der Beta-Teilchen, E_{res} , (maximale Beta-Restenergie) größer als ein vorgegebener E_{res} -Wert ist.

4.1.2 Konversionskoeffizienten

4.1.2.1 Allgemeines zu Mess-Äquivalentdosisgrößen

Nach ISO 29661:2012 + AMD.1:2015, 3.2.2 in ist es notwendig, die Mess-Äquivalentdosis $H(d; \text{Quelle}; \alpha)$ zu berechnen, dabei steht H für H' und H_p und d ist für Betastrahlung die Tiefe 0,07 mm oder 3 mm. Diese Berechnung erfolgt aus der Referenz-Energiedosis, D_R , unter Verwendung des Konversionskoeffizienten $h_D(d; \text{Quelle}; \alpha)$ von der Energiedosis zur Mess-Äquivalentdosis. Es ist notwendig, die Referenz-Energiedosis D_R in einem Quaderphantom in einer Tiefe von 0,07 mm und in einem Winkel α von 0° zwischen der Quelle und der Bezugsrichtung des Quaderphantoms im Abstand des Prüforts zu messen. Aufgrund der Streuung der Betateilchen in der Luft und in den optionalen Strahlausgleichsfiltern sind alle realen Betastrahlungsfelder bei weitem nicht monodirektional. Daher ist der oben genannte Winkel, α , nur der mittlere Winkel einer unbekannten Verteilung.

Es ist notwendig, $h_D(d; \text{Quelle}; \alpha)$ separat für jedes Strahlungsfeld (gegeben durch die Art der Strahlungsquellen, den Halter und die umgebenden Strukturen) und für jede Entfernung zu bestimmen. Der Wert von $h_D(d; \text{Quelle}; \alpha)$ hängt auch vom verwendeten Phantom ab.

Daher ist es nicht möglich, eine allgemein gültige Tabelle mit Konversionskoeffizienten anzugeben. Messungen sind für jede Art von Strahlungsfeld erforderlich.

4.1.2.2 Bestimmung von Konversionskoeffizienten

Die Bestimmung der Konversionskoeffizienten $h_{pD}(d; \text{Quelle}; \alpha)$ für das Quaderphantom kann mit dem gleichen Messgerät erfolgen, das auch für die Messung der Referenz-Energiedosis, D_R , verwendet wird. Für andere Phantome und andere Messgrößen ist die aktuellste Methode die Monte-Carlo-Teilchentransportsimulation. Zum Beispiel wurden die Beta-Referenzstrahlungsfelder des Beta-Sekundärnormals 2, BSS 2 [2], [3], so bestimmt und sind frei verfügbar [4]. Außerdem wurden Werte der Konversionskoeffizienten $h_D(d; \text{Quelle}; \alpha)$ für die Betastrahlungsfelder des BSS 2 für die Größen $H_p(0,07)$ – für das Quaderphantom und das Stabphantom –, für die Größe $H_p(3)$ – für das Quaderphantom und das Zylinderphantom – sowie für die Größen $H'(0,07)$ und $H'(3)$ bestimmt, jeweils für unterschiedliche Einfallswinkel [5]. Sie sind in [Anhang C](#) aufgeführt.

4.1.2.3 Phantomabhängigkeit

[ISO 4037-3](#) [6] beschreibt vier Arten von Phantomen: das ISO-Wasser-Quaderphantom, das ISO-Wasser-Zylinderphantom, das ISO-Wasser-Säulenphantom und das ISO-Polymethylmethacrylat(PMMA)-Stabphantom. Im Gegensatz zur Photonen- und Neutronenstrahlung hat die Größe und Form des Phantoms nur einen sehr geringen Einfluss auf das Strahlungsfeld vor dem Phantom. Die richtigen Größenwerte und damit die Konversionskoeffizienten hängen jedoch geringfügig vom Phantom ab. Dies gilt insbesondere für einen schrägen Strahlungseinfall, bei dem die Unterschiede weitgehend auf die direkte Eindringtiefe bis zum Messpunkt zurückzuführen sind [5].

4.1.3 Standardprüfbedingungen

Kalibrierungen und die Bestimmung des Ansprechvermögens müssen unter Standardprüfbedingungen durchgeführt werden. Der Wertebereich der Einflussgrößen innerhalb der Standardprüfbedingungen ist in den [Tabellen B.1](#) und [B.2](#) für strahlungsbezogene bzw. andere Parameter angegeben.

4.1.4 Variation von Einflussgrößen

Für Messungen, die dazu bestimmt sind, die Auswirkungen der Variation einer Einflussgröße auf das Ansprechvermögen zu bestimmen, sollten die anderen Einflussgrößen innerhalb der Standardprüfbedingungen auf festen Werten gehalten werden, sofern nichts anderes angegeben ist.

ANMERKUNG Es kann Fälle geben, in denen es wichtig ist, dass eine Einflussgröße so variiert wird, dass der angezeigte Wert, M , des Prüflings konstant ist. Wenn z. B. die Energieabhängigkeit eines Dosimeters in einem Dosisleistungsbereich untersucht werden soll, in dem die Totzeit erheblich ist, kann es erstrebenswert sein, dass die Messungen mit den verschiedenen Strahlungsqualitäten bei konstanter Anzeige und nicht bei konstanter Dosisleistung durchgeführt werden. Gleiches gilt für Thermolumineszenz-Dosimeter, die eine sogenannte Supralinearität aufweisen. Es sollte jedoch hinzugefügt werden, dass es üblicherweise ratsam ist, die Untersuchung eines Messgeräts unter Bedingungen durchzuführen, bei denen das Ansprechvermögen bezüglich der Dosis oder der Dosisleistung im Wesentlichen linear ist. Siehe auch 3.30^{N2}.

4.1.5 Prüfort und Bezugspunkt

Messungen müssen durchgeführt werden, indem der Bezugspunkt des Dosimeters am Prüfort platziert wird. Sind keine Informationen über den Bezugspunkt oder die Bezugsrichtung des zu prüfenden Dosimeters vorhanden, müssen diese Parameter durch das Prüflabor festgesetzt werden. Sie müssen in der Prüfbescheinigung angegeben werden.

^{N2} Nationale Fußnote: Eine Definition 3.30 gibt es nicht, der Verweis im ISO-Originaltext ist unklar.

ANMERKUNG 1 Die Platzierung des Bezugspunkts des Dosimeters am Prüfort hat zwei praktische Vorteile. Der erste ist, dass die Dosis direkt von der Quelle kommenden Primärstrahlung immer korrekt gemessen wird, unabhängig von der Auswirkung der Strahldivergenz auf die rückgestreute Strahlung. Bei Betastrahlung stellt dieser direkte Teil der Dosis immer den Hauptanteil an der Gesamtdosis dar, letztere schließt auch die gestreute Strahlung aus dem Phantom ein. Diese festgelegte Konvention bewirkt, dass der Kalibrierfaktor des Dosimeters nicht unnötig von der Entfernung zwischen der Quelle und dem Prüfort abhängt. Der zweite Vorteil ergibt sich bei der experimentellen Bestimmung der Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens. Wenn Prüfort und Bezugspunkt übereinstimmen, ist es nicht erforderlich, dass die Anzeige des zu prüfenden Dosimeters in Abhängigkeit vom Drehwinkel wegen einer Änderung des Abstands zwischen Quelle und Bezugspunkt korrigiert wird.

ANMERKUNG 2 Werden tragbare Ortsdosimeter unter Bedingungen eingesetzt, bei denen der Abstand von der Quelle zum Detektorvolumen klein ist im Vergleich zu den Abmessungen des Detektorvolumens, sind die Strahlungsfelder im Detektor inhomogen. Unter solchen Bedingungen sind die Anzeigen des tragbaren Ortsdosimeters ein Mittelwert der Energiedepositionsleistung im Detektor. Die Anzeigen sind deutlich geringer als die tatsächlichen Mess-Äquivalentdosisleistungen an der Oberfläche des Eintrittsfensters [7].

4.1.6 Drehachsen

Für die Prüfung des Einflusses der Strahleneinfallrichtung ist eine Drehung des Ortsdosimeters oder der Kombination von Personendosimeter und Phantom erforderlich. Die Änderung des Ansprechvermögens mit der Strahleneinfallrichtung muss durch eine Drehung um mindestens zwei Achsen des Dosimeters geprüft werden. Die Drehachsen müssen zueinander senkrecht sein. Die Drehachsen müssen durch den Bezugspunkt des Dosimeters gehen.

4.1.7 Zustand des zu kalibrierenden Dosimeters

Vor der Durchführung einer Kalibrierung muss das Dosimeter untersucht werden, um sicherzustellen, dass es in einem guten gebrauchsfähigen Zustand und frei von radioaktiver Kontamination ist. Die Aufbau-Prozedur und die Betriebsart des Dosimeters müssen in Übereinstimmung mit der Gebrauchsanweisung sein.

4.2 Bestimmung von Kalibrier- und Korrektionsfaktor

4.2.1 Bestimmung der Referenz-Dosisleistung mit einem Normalmessgerät

Die Dosimetrie von Beta-Referenzstrahlungsfeldern ist in ISO 6980-2 beschrieben. Im Allgemeinen wird die Referenz-Dosisleistung, $\dot{D}_R$, mit einer Extrapolationskammer bestimmt. Korrekturen für den Quellenzerfall und für die Bedingungen der umgebenden Luft müssen durchgeführt werden.

4.2.2 Bestimmung von Bezugs-Kalibrierfaktor und Korrektionsfaktor für nichtlineares Ansprechvermögen

4.2.2.1 Allgemeine Aspekte

Der Bezugs-Kalibrierfaktor N_0 ergibt sich für den Bezugswert $H_{t,0}$ der zu messenden Größe, und der Korrektionsfaktor für nichtlineares Ansprechvermögen ergibt sich zu $k_n = N/N_0$.

4.2.2.2 Kalibrierfaktor für Personendosimeter

Der Kalibrierfaktor N für ein Personendosimeter für die Tiefe von 0,07 mm oder 3 mm, das auf einem spezifizierten Phantom (Quader, Stab, Säule) unter einem Einfallswinkel von 0° montiert ist, ergibt sich aus Gleichung (13) zu

$$N = \frac{H_{p,t}(0,07)}{M_r} \quad \text{oder} \quad N = \frac{H_{p,t}(3)}{M_r} \quad (13)$$

Dabei ist

M_r die Anzeige des Dosimeters am spezifizierten Phantom unter Bezugsbedingungen;

$$H_{p,t}(0,07) = h_{p,D}(0,07; \text{Quelle}; 0^\circ) D_R \text{ oder } H_{p,t}(3) = h_{p,D}(3; \text{Quelle}; 0^\circ) D_R . \quad (14)$$

Dabei ist

D_R die Bezugs-Energiedosis;

$h_{p,D}(0,07; \text{Quelle}; 0^\circ)$ oder $h_{p,D}(3; \text{Quelle}; 0^\circ)$ der Konversionskoeffizient (siehe 4.1.2) für die Quelle und die verwendeten Bedingungen.

Für die in diesem Teil der ISO 6980 verwendeten Quellen und das Quaderphantom kann $h_{p,D}(0,07; \text{Quelle}; 0^\circ)$ als 1 Sv Gy^{-1} angenommen werden.

4.1.2.3 Kalibrierfaktor für Ortsdosimeter

Der Kalibrierfaktor N für ein Ortsdosimeter für die Tiefe von 0,07 mm oder 3 mm unter einem Einfallswinkel von 0° ergibt sich aus Gleichung (15) zu

$$N = \frac{H'_t(0,07; 0^\circ)}{M_r} \quad \text{oder} \quad N = \frac{H'_t(3; 0^\circ)}{M_r} . \quad (15)$$

Dabei ist

M_r die Anzeige des Dosimeters unter Bezugsbedingungen;

$$H'_t(0,07; 0^\circ) = h'_D(0,07; \text{Quelle}; 0^\circ) D_R \text{ oder } H'_t(3; 0^\circ) = h'_D(3; \text{Quelle}; 0^\circ) D_R . \quad (16)$$

Dabei ist

$h'_D(0,07; \text{Quelle}; 0^\circ)$ oder $h'_D(3; \text{Quelle}; 0^\circ)$ der Konversionskoeffizient für die Quelle und die verwendeten Bedingungen;

D_R die Bezugs-Energiedosis.

4.2.3 Bestimmung des Korrektionsfaktors für Betaenergie und Strahleneinfallswinkel, $k_{E,\alpha}$

Der Korrektionsfaktor für die Tiefe von 0,07 mm oder 3 mm, $k_{E,\alpha}$, für (mittlere) Betateilchenenergie, E , und (mittleren) Strahleneinfallswinkel, α , der Betateilchen wird mittels D_R für die verschiedenen in ISO 6980-1 angegebenen Referenzfelder bestimmt.

Für Personendosimeter gilt:

$$k_{E,\alpha} = \frac{h_{p,D}(0,07; \text{Quelle}; \alpha) D_R}{N \times M(0,07; E; \alpha)} \quad \text{oder} \quad k_{E,\alpha} = \frac{h_{p,D}(3; \text{Quelle}; \alpha) D_R}{N \times M(3; E; \alpha)} . \quad (17)$$

Für Ortsdosimeter gilt:

$$k'_{E,\alpha} = \frac{h'_D(0,07; \text{Quelle}; \alpha) D_R}{N \times M(0,07; E; \alpha)} \quad \text{oder} \quad k'_{E,\alpha} = \frac{h'_D(3; \text{Quelle}; \alpha) D_R}{N \times M(3; E; \alpha)} . \quad (18)$$

Abweichungen von den Referenzbedingungen müssen durch geeignete Korrekturfaktoren k_q berücksichtigt werden, siehe Gleichung (10)^{N3}.

ANMERKUNG Das relative Ansprechvermögen des Dosimeters in Bezug auf sein Ansprechvermögen unter Bezugsbedingungen ist der Kehrwert des Korrekturfaktors $k_{E,\alpha}$. Das relative Ansprechvermögen kann eine nützliche Größe sein, um die Variation des Ansprechvermögens als Funktion der Betaenergie, E , oder des Einfallswinkels, α , zu beschreiben, da sie diese Variation leicht visualisiert.

5 Spezielle Verfahren für Ortsdosimeter

5.1 Allgemeine Grundsätze

Diese Grundsätze gelten für die Kalibrierung von tragbaren und installierten Ortsdosimetern in Referenzstrahlungsfeldern, dabei umfasst der Begriff „Ortsdosimeter“ sowohl aktive als auch passive Geräte. Sie gelten nicht für *In-Situ*-Kalibrierungen von installierten Ortsdosimetern. Dosimeter für die Ortsdosimetrie müssen frei in Luft (ohne jedes Phantom) bestrahlt werden.

5.2 Zu messende Größen

Für Ortsdosimeter ist die zu messende Größe die Richtungs-Äquivalentdosis in 0,07 mm Tiefe, $H'(0,07, \vec{\Omega})$, oder die Richtungs-Äquivalentdosis in 3 mm Tiefe, $H'(3, \vec{\Omega})$.

6 Spezielle Verfahren für Personendosimeter

6.1 Allgemeine Grundsätze

Diese Grundsätze gelten für die Kalibrierung von allen Personendosimetern, d. h. von Ganzkörper- und Teilkörperdosimetern. Die Bestrahlungen müssen auf Phantomen erfolgen.

6.2 Zu messende Größen

Für Personendosimeter ist die zu messende Größe die Oberflächen-Personendosis (in 0,07 mm Tiefe), $H_p(0,07)$, und die Augen-Personendosis (in 3 mm Tiefe), $H_p(3)$.

6.3 Experimentelle Bedingungen

6.3.1 Verwendung von Phantomen

Kalibrierungen von Personendosimetern, Messungen des Korrekturfaktors $k_{E,\alpha}$ und des Ansprechvermögens in Abhängigkeit von Strahlungsenergie und Strahlungseinfallswinkel sollten auf einem geeigneten Phantom durchgeführt werden.

Die Kalibrierungen sollten für Ganzkörper-Dosimeter am ISO-Wasser-Quaderphantom, für Augenlinsen-Dosimeter am ISO-Wasser-Zylinderphantom und für Teilkörperdosimeter am ISO-Stabphantom oder ISO-Säulenphantom durchgeführt werden [6]. Liegt ausschließlich Betastrahlung vor, kann eine PMMA-Platte von mindestens 20 cm × 20 cm × mindestens 2 cm verwendet werden, um das ISO-Wasser-Quader- oder ISO-Wasser-Zylinderphantom zu ersetzen. Dosimeter für die Umgebungsüberwachung werden frei in Luft bestrahlt.

Wenn diese Phantome verwendet werden wie vorstehend beschrieben, dürfen keine Korrekturfaktoren auf die Anzeige des zu prüfenden Dosimeters auf Grund von möglichen Unterschieden in den Rückstreuungseigenschaften zwischen diesen Phantomen und solchen aus ICRU-Gewebe angewendet werden.

^{N3} Nationale Fußnote: Eine Gleichung (10) gibt es in diesem Dokument nicht. Auch gibt es, außer in [Tabelle A.1](#), keine andere Textstelle, die den Korrekturfaktor k_q erläutert oder verwendet.

In einem vereinfachten Verfahren ist es nicht immer notwendig, Routinekalibrierungen auf einem Phantom durchzuführen, sie können manchmal einfacher frei in Luft, oder mit einer anderen Art von Strahlung durchgeführt werden als die, die das Dosimeter messen soll. Derartige Vereinfachungen, wenn sie angewendet werden sollen, sind vor ihrer Annahme durch den Nachweis zu begründen, dass sie zu Ergebnissen führen, die mit denen der in diesem Teil der ISO 6980 beschriebenen Verfahren identisch sind, oder dass zuverlässige Korrekturen für etwaige Unterschiede vorgenommen werden können. Dies kann auf der Grundlage der Ergebnisse einer Bauartprüfung und einer Produktionskontrolle bezüglich der Übereinstimmung wichtiger Komponenten des Dosimeters erfolgen, z. B. der Folie, die einen Thermolumineszenz-Detektor bedeckt, und der Abmessungen dieses Detektors.

6.3.2 Geometrische Betrachtungen in divergenten Strahlenbündeln

Der Prüfort muss in einem solchen Abstand von der Quelle gewählt werden, dass die Feldgröße in der Messebene ausreichend groß ist, um die Bestrahlung der gesamten Phantom-Vorderseite zu ermöglichen. Die gewählte Messgröße muss ermittelt werden, indem der Bezugspunkt des Normalmessgeräts am Prüfort positioniert wird, oder, indem ein für die Quelle zur Verfügung gestellter vorkalibrierter Prüfort verwendet wird. Dann muss der Bezugspunkt des zu prüfenden Dosimeters am Prüfort platziert werden, dabei muss die Bezugsrichtung unter dem erforderlichen Winkel, α , zur Richtung des Strahlungsfelds orientiert sein. Teilkörperdosimeter müssen in der gleichen Weise am Phantom angebracht werden, wie sie während des normalen Gebrauchs am Körper angebracht sind. Das Quaderphantom muss so positioniert werden, dass seine Vorderfläche in Kontakt mit der Rückseite des Dosimeters ist, und unter dem erforderlichen Winkel, α , zur Richtung des Strahlungsfelds orientiert ist. Die Bestrahlung des Prüflings muss unter identischen Bedingungen wie bei der Bestrahlung des Normalmessgeräts erfolgen, jetzt aber bei Anwesenheit des Phantoms, siehe ISO 29661:2012 + AMD.1:2015. Der Kalibrierfaktor oder der Wert des Ansprechvermögens als Funktion von Energie oder Winkel ist mittels der Gleichungen in 4.2.2 und 4.2.3 zu ermitteln.

ANMERKUNG 1 In diesem Teil der ISO 6980 wird die Einheit aus Personendosimeter und Phantom als das zu prüfende Dosimeter angesehen. Der Bezugspunkt der Einheit ist dabei der Bezugspunkt des Dosimeters. Der Wert der Messgröße bezieht sich auf den Wert der Mess-Äquivalentdosis in der Tiefe von 0,07 mm oder 3 mm innerhalb des Bezugsphantoms in Abwesenheit des Dosimeters.

ANMERKUNG 2 Dieses Konzept steht im Einklang mit der Definition von H_p , die zumindest im Prinzip die Bestimmung der Mess-Äquivalentdosis an einem nicht zugänglichen Punkt im Körper erfordert. Die Platzierung des Bezugspunkts des Dosimeters am Prüfort hat zwei praktische Vorteile. Der erste ist, dass die Dosis der direkt von der Quelle kommenden Primärstrahlung immer korrekt gemessen wird, unabhängig von der Auswirkung der Strahldivergenz auf die rückgestreute Strahlung. Bei Betastrahlung stellt dieser direkte Teil der Dosis immer den Hauptanteil an der Gesamtdosis dar, letztere schließt auch die gestreute Strahlung aus dem Phantom ein. Diese festgelegte Konvention bewirkt, dass der Kalibrierfaktor des Dosimeters nicht unnötig von der Entfernung zwischen der Quelle und dem Prüfort abhängt. Der zweite Vorteil ergibt sich bei der experimentellen Bestimmung der Winkelabhängigkeit des Ansprechvermögens. Wenn Bezugspunkt und Prüfort übereinstimmen, ist es nicht erforderlich, dass die Anzeige des zu prüfenden Dosimeters in Abhängigkeit vom Drehwinkel wegen einer Änderung des Abstands zwischen Quelle und Bezugspunkt korrigiert wird.

ANMERKUNG 3 Für eine Bestrahlung auf dem Quaderphantom kann es sinnvoll sein, das Phantom nur um eine Achse zu drehen und das Dosimeter in zwei zueinander senkrechten Ausrichtungen auf der Oberfläche des Phantoms zu platzieren.

6.3.3 Gleichzeitige Bestrahlung mehrerer Dosimeter

Wenn mehr als ein Dosimeter gleichzeitig bestrahlt wird, erfordern mehrere Effekte zusätzliche Aufmerksamkeit.

- Durch die Positionierung mehrerer Dosimeter auf der Phantomboberfläche kann die Rückstreuung durch die Abschwächung der durch die Dosimeter hindurchgehenden Primärstrahlung reduziert werden.
- Es ist notwendig, eventuell unterschiedliche Abstände der Bezugspunkte von der Strahlungsquelle zu berücksichtigen.
- Die Dosimeter können ihre Anzeigen durch Streustrahlung gegenseitig beeinflussen.
- Das Strahlungsfeld muss im Bereich der Fläche aller Dosimeter homogen sein.

Vor der Einführung einer solchen Praxis ist sicherzustellen, dass sie zu Ergebnissen führt, die um nicht mehr als ein Fünftel derjenigen Unsicherheit differieren, die für die Ergebnisse angegeben wird, die erzielt werden, wenn nur ein Dosimeter in der zentrierten Position des Phantoms bestrahlt wird. Andernfalls sind angemessene Korrekturen und/oder entsprechend vergrößerte Unsicherheiten anzuwenden.

Für eine gleichzeitige Bestimmung des Ansprechvermögens mehrerer Dosimeter als Funktion der Einfallrichtung der Strahlung müssen die Bezugspunkte der Dosimeter auf der Drehachse positioniert werden.

7 Angabe der Ergebnisse

7.1 Protokolle und Zertifikate

Nationale Vorschriften legen oft Details und das Format sowohl der Kalibrierprotokolle als auch der Zertifikate fest, ebenso wie die Häufigkeit der Kalibrierung und die Dauer, für die die Kalibrierprotokolle aufbewahrt werden sollten.

Die Aufzeichnungen oder Zertifikate müssen mindestens folgendes enthalten, siehe ISO 17025 [8]:

- a) einen Titel (z. B. „Prüfbericht“, „Kalibrierzertifikat“ oder „Bericht über die Probenahme“);
- b) Name und Anschrift des Labors;
- c) Ort der Durchführung der Labortätigkeiten, auch wenn sie bei einem Kunden oder an Orten außerhalb der ständigen Einrichtungen des Labors oder in zugehörigen temporären oder mobilen Einrichtungen durchgeführt werden;
- d) eindeutige Identifizierung, so dass alle seine Komponenten als Teil eines vollständigen Berichts erkannt werden, und eine eindeutige Identifizierung des Endes;
- e) den Namen und die Kontaktdaten des Kunden;
- f) Identifizierung der angewandten Methode;
- g) eine Beschreibung, eine eindeutige Identifizierung und, falls erforderlich, den Zustand des Gegenstands;
- h) das Datum des Eingangs des oder der Prüf- oder Kalibrierungsgegenstände und das Datum der Probenahme, wenn dies für die Gültigkeit und Anwendung der Ergebnisse entscheidend ist;
- i) das Datum / die Daten der Durchführung der Labortätigkeit;
- j) das Datum der Erstellung des Berichts;
- k) Bezugnahme auf den Stichprobenplan und die Stichprobenmethode des Labors oder anderer Stellen, wenn diese für die Gültigkeit oder Anwendung der Ergebnisse relevant ist;
- l) eine Erklärung, dass sich die Ergebnisse nur auf die geprüften, kalibrierten oder bemusterten Gegenstände beziehen;
- m) die Ergebnisse, gegebenenfalls mit den Messgrößen;
- n) Ergänzungen, Abweichungen oder Ausschlüsse von der Methode;
- o) Identifizierung der Person(en), die den Bericht genehmigt haben;
- p) eindeutige Identifizierung, wenn die Ergebnisse von externen Anbietern stammen;
- q) die Messunsicherheit des Messergebnisses, dargestellt in der gleichen Einheit wie die der Messgröße, oder in einer Größe relativ zur Messgröße (z. B. in Prozent);
- r) die Kalibrierbedingungen (z. B. Umgebungsbedingungen), die einen Einfluss auf die Messergebnisse haben, d. h. Bezugsbedingungen sowie Kalibrierbedingungen und/oder Standardprüfbedingungen;
- s) eine Aussage, aus der hervorgeht, wie die Messungen metrologisch rückführbar sind;
- t) die Ergebnisse vor und nach jeder Justierung oder Reparatur, falls zutreffend;
- u) gegebenenfalls eine Erklärung über die Übereinstimmung mit Anforderungen oder Spezifikationen;
- v) gegebenenfalls Meinungen und Interpretationen;
- w) Beschreibung des Dosimeters, seines Typs und seine Seriennummer;

- x) Angaben zu den verwendeten Strahlungsquellen und der verwendeten Normalmessgeräte;
- y) Gleichung für den Messwert, siehe Gleichung (10)^{N4}, mit allen Zahlenwerten der Korrektionsfaktoren;
- z) jedwede besondere Beobachtungen.

ANMERKUNG Mit einer Erklärung, wonach der Bericht nur in vollem Umfang ohne Zustimmung des Labors reproduziert werden darf. So kann sichergestellt werden, dass Teile eines Berichts nicht aus dem Zusammenhang gerissen werden.

7.2 Angabe der Unsicherheiten

Die Angabe der Unsicherheit muss mit den vom GUM empfohlenen Ansätzen übereinstimmen, z. B. mit einem Unsicherheitsbudget (siehe Tabelle 4.1 der Referenz [9], [10]).

Die folgenden Unsicherheitsbeiträge müssen berücksichtigt werden:

- a) Unsicherheit des richtigen Werts aus dem Kalibrierschein;
- b) Unsicherheit bei der genauen Positionierung von Normal- und Prüfgerät;
- c) Unsicherheit aufgrund von Feldinhomogenitäten über der Querschnittsfläche des Strahls in der Messebene aufgrund von Strahldivergenz und der Wirkung von Strahlausgleichsfiltern, falls vorhanden;
- d) Unsicherheiten durch gleichzeitige Bestrahlung mehrerer Dosimeter;
- e) Unsicherheiten aufgrund vereinfachter Verfahren (siehe z. B. 6.3.3), soweit anwendbar;
- f) Unsicherheit aufgrund von Korrekturen für den Zerfall der Quelle;
- g) Unsicherheit aufgrund von langfristigen Schwankungen des Ansprechvermögens des Normalmessgeräts;
- h) Unsicherheit aufgrund von Temperatur-/Druck-/Feuchtekorrekturen oder deren Fehlen;
- i) Unsicherheit, die durch kontaminierende Strahlungen verursacht wird;
- j) Unsicherheiten, die von den kalibrierten Messgeräten aufgrund von Nichtlinearität, Geotropie des Messgeräts, Präzision des Messgeräts usw. hervorgerufen werden;
- k) Unsicherheiten bei Dosisbestimmungen, die durch Zeitfehler verursacht werden.

^{N4} Nationale Fußnote: Eine Gleichung (10) gibt es in diesem Dokument nicht. Die Verweisung ist unklar.