

	DIN ISO 7503-1 (VDE 0493-2-5031)	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 Ersatzvermerk siehe unten Bestimmung der Radioaktivität – Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination – Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 7503-1:2016) Measurement of radioactivity – Measurement and evaluation of surface contamination – Part 1: General principles (ISO 7503-1:2016) Mesurage de la radioactivité – Mesurage et évaluation de la contamination de surface – Partie 1: Principes généraux (ISO 7503-1:2016) Ersatzvermerk Mit DIN ISO 7503-2 (VDE 0493-2-5032):2017-12 und DIN ISO 7503-3 (VDE 0493-2-5033):2017-12 Ersatz für DIN ISO 7503-1:1990-07 und DIN ISO 7503-2:1990-07 Siehe Anwendungsbeginn Gesamtumfang 43 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für diese Norm ist 2017-12-01.

Für DIN ISO 7503-1:1990-07 und DIN ISO 7503-2:1990-07 besteht eine Übergangsfrist bis 2018-11-30.

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten	5
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	6
Nationaler Anhang NC (informativ) Informationen zur Bestimmung der Messunsicherheit.....	7
NC.1 Erläuterungen zur Bestimmung der Messunsicherheit nach 10.3	7
NC.2 Direkte Messung der Oberflächenaktivität	8
NC.3 Indirekte Messung der Oberflächenaktivität.....	8
Nationaler Anhang ND (informativ) Beispiele für die Bestimmung der Oberflächenkontamination	10
ND.1 Empfehlung der Strahlenschutzkommission	10
ND.2 Beispiel einer Kontamination mit C-14 und einem Nuklidgemisch.....	11
Einleitung	17
1 Anwendungsbereich	18
2 Normative Verweisungen	18
3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen	18
3.1 Begriffe	18
3.2 Formelzeichen und Abkürzungen.....	20
4 Ziele der Bestimmung der Oberflächenkontamination	21
4.1 Allgemeines	21
4.2 Nationale und internationale Bestimmungen	21
4.3 Festlegung des Messprogramms	21
5 Direkte und indirekte Verfahren zur Bestimmung der Oberflächenkontamination	22
5.1 Allgemeines	22
5.2 Direkte Methode	23
5.3 Indirekte Methode (Wischtests).....	23
5.4 Messunsicherheiten bei den Wischtests	23
6 Radionuklididentifikation und Spektralanalyse	24
7 Überwachungsgeräte	25
7.1 Auswahl des Monitors	25
7.2 Einführung in die Kalibrierung von Oberflächenkontaminationsmessgeräten für die direkte Messung	25
7.3 Überprüfung vor der Inbetriebnahme	26
7.4 Regelmäßige Kalibrierung.....	27
7.5 Funktionsprüfung.....	27
8 Ermittlung des Ansprechvermögens und der Kalibrierfaktoren eines Oberflächenkontaminationsmonitors.....	27

8.1	Allgemeines	27
8.2	Zusammenhang zwischen Oberflächenemissionsrate und Aktivität	28
9	Auswertung der Messdaten	30
10	Unsicherheiten	30
10.1	Allgemeines	30
10.2	Bestimmung der Unsicherheit des Kalibrierfaktors	31
10.3	Bestimmung der Messunsicherheit	31
10.4	Messunsicherheit beim Wischtest	32
11	Prüfbericht für ein Oberflächenkontaminationsmessgerät	33
	Anhang A (informativ) Kalibrierung von Oberflächenkontaminationsmessgeräten	34
	Anhang B (informativ) Beispiel für die Bestimmung einer Oberflächenkontamination	39
	Anhang C (informativ) Kalibrierung von Dosisleistungsmessgeräten	41
	Literaturhinweise	43

Tabellen

Tabelle A.1 – Anforderungen an Alpha-Kontaminationsmonitore	35
Tabelle A.2 – Anforderungen an Beta-Kontaminationsmonitore	36
Tabelle A.3 – Anforderungen an Photonen-Kontaminationsmonitore	38
Tabelle C.1 – Erforderliche Prüfungen für Geräte zur Messung der Photonendosisleistung	42

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN ISO 7503-1 (VDE 0493-2-5031):2013-05.

Die Internationale Norm ISO 7503-1:2016, *Measurement of radioactivity – Measurement and evaluation of surface contamination – Part 1: General principles*, ist unverändert in diese Norm übernommen worden.

Das internationale Dokument 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 und Abstimmung vorgelegt.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium GK 851 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem Normenausschuss Radiologie (NAR) im DIN, zuständig.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO [und/oder] IEC sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN ISO 7503 (VDE 0493-2) *Bestimmung der Radioaktivität – Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination* besteht aus den folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Grundlagen
- Teil 2: Wischtest
- Teil 3: Gerätekalibrierung

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 7503-1:1990-07 und DIN ISO 7503-2:1990-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Normenreihe wurde neu gegliedert;
- b) die Inhalte wurden vollständig überarbeitet;
- c) die deutsche Übersetzung wurde im Abschnitt 3 an die aktuellen Standardsätze angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 7503-1: 1990-07
DIN ISO 7503-2: 1990-07

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
EN 60325:2004	IEC 60325:2002, modifiziert	DIN EN 60325 (VDE 0493-2-1):2005-02	VDE 0493-2-1
EN 60846-1:2014	IEC 60846-1:2009, modifiziert	DIN EN 60846-1 (VDE 0492-2-1):2015-01	VDE 0492-2-1
–	ISO 31-0 <i>ersetzt durch:</i>	–	–
EN ISO 80000-1:2013	ISO 80000-1:2009 + Cor. 1:2011	DIN EN ISO 80000-1:2013-08	–
–	ISO 31-9 <i>ersetzt durch:</i>	–	–
EN ISO 80000-10:2013	ISO 80000-10:2009	DIN EN ISO 80000-10:2013-08	–
–	ISO 7503-2:2016	DIN ISO 7503-2 (VDE 0493-2-5032):2017-12	VDE 0493-2-5032
–	ISO 7503-3:2016	DIN ISO 7503-3 (VDE 0493-2-5033):2017-12	VDE 0493-2-5033
–	ISO 8769:2016	DIN ISO 8769 (VDE 0412-8769):2016-08	VDE 0412-8769
–	ISO 11929:2010	DIN ISO 11929:2011-01	–
–	–	DIN ISO 11929 Bbl 1:2014-08	–
–	ISO 11932:1996	–	–
EN ISO/IEC 17025:2005	ISO/IEC 17025:2005	DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08	–
–	ISO 18589-2:2015	DIN ISO 18589-2 (VDE 0493-4-5892):2015-10	VDE 0493-4-5892
–	ISO/IEC-Guide 98-3	–	–
–	IEC/TR 62461:2015	Für Strahlungsmessungen siehe DIN IEC/TR 62461 (VDE 0492-1000):2015-07	VDE 0492-1000
–	ISO/IEC-Guide 99	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60325 (VDE 0493-2-1):2005-02, Strahlenschutz-Messgeräte – Alpha-, Beta- und Alpha/Beta-(Betaenergie > 60 keV)Kontaminationsmessgeräte und -monitore (IEC 60325:2002, modifiziert); Deutsche Fassung **EN 60325:2004**

DIN EN 60846-1 (VDE 0492-2-1):2015-01, Strahlenschutz-Messgeräte – Umgebungs- und/oder Richtungs-Äquivalentdosis(leistungs)-Messgeräte und/oder Monitore für Beta-, Röntgen- und Gammastrahlung – Teil 1: Tragbare Messgeräte und Monitore für den Arbeitsplatz und die Umgebung (IEC 60846-1:2009, modifiziert); Deutsche Fassung **EN 60846-1:2014**

DIN EN ISO 80000-1:2013-08, Größen und Einheiten – Teil 1: Allgemeines (ISO 80000-1:2009 + Cor. 1:2011); Deutsche Fassung **EN ISO 80000-1:2013**

DIN EN ISO 80000-10:2013-08, Größen und Einheiten – Teil 10: Atom- und Kernphysik (ISO 80000-10:2009); Deutsche Fassung **EN ISO 80000-10:2013**

DIN EN ISO/IEC 17025:2005-08, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2005); Deutsche und Englische Fassung **EN ISO/IEC 17025:2005**

DIN IEC/TR 62461 (VDE 0493-1000):2015-07, Strahlenschutz-Messgeräte – Bestimmung der Unsicherheit beim Messen (IEC/TR 62461:2015)

DIN ISO 7503-2 (VDE 0493-2-5032):2017-12, Bestimmung der Radioaktivität – Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination – Teil 2: Wischtest (ISO 7503-2:2016)

DIN ISO 7503-3 (VDE 0493-2-5033):2017-12, Bestimmung der Radioaktivität – Messung und Bewertung der Oberflächenkontamination – Teil 3: Gerätekalibrierung (ISO 7503-3:2016)

DIN ISO 8769 (VDE 0412-8769):2016-08, Referenzstrahler – Kalibrierung von Oberflächenkontaminationsmonitoren – Alpha-, Beta- und Photonenquellen (ISO 8769:2016)

DIN ISO 11929:2011-01, Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen (ISO 11929:2010)

DIN ISO 11929 Beiblatt 1:2014-08, Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen; Beiblatt 1: Beispiele

DIN ISO 18589-2 (VDE 0493-4-5892):2015-10, Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 2: Leitlinie für die Auswahl der Probenstrategie, Probenahme und Vorbehandlung der Proben (ISO 18589-2:2015)

Nationaler Anhang NC (informativ)

Informationen zur Bestimmung der Messunsicherheit

NC.1 Erläuterungen zur Bestimmung der Messunsicherheit nach 10.3

Nach Gleichung (8) ist das Modell der Auswertung gegeben durch

$$A_s = C(A) \cdot (\rho_g - \rho_0) = \frac{P}{\varepsilon \cdot S_p} \cdot (\rho_g - \rho_0) \quad (\text{NC.1})$$

Damit ist die Standardunsicherheit nach GUM gegeben durch

$$u_{\text{rel}}^2(A_s) = u_{\text{rel}}^2(C(A)) + u_{\text{rel}}^2(\rho_g - \rho_0) = u_{\text{rel}}^2(P) + u_{\text{rel}}^2(\varepsilon) + u_{\text{rel}}^2(S_p) + u_{\text{rel}}^2(\rho_g - \rho_0) \quad (\text{NC.2})$$

mit

$$u_{\text{rel}}^2(\rho_g - \rho_0) = \frac{u^2(\rho_g) + u^2(\rho_0)}{(\rho_g - \rho_0)^2} \quad (\text{NC.3})$$

und die Standardunsicherheit durch

$$u(A_s) = u_{\text{rel}}(A_s) \cdot A_s \quad (\text{NC.4})$$

Der aktivitätsbezogene Kalibrierfaktor ist gegeben durch

$$C(A) = \frac{P}{\varepsilon \cdot S_p} \quad (\text{NC.5})$$

mit der relativen Unsicherheit

$$u_{\text{rel}}^2(C(A)) = u_{\text{rel}}^2(P) + u_{\text{rel}}^2(\varepsilon) + u_{\text{rel}}^2(S_p) \quad (\text{NC.6})$$

ε wird in den Gleichungen (4) und (5) spezifiziert. Die Unsicherheiten dazu können auch leicht angegeben werden. Die Unsicherheit von S_p ist Erfahrungswert. Mögliche Einflüsse, die man für die Abschätzung der Unsicherheit von P berücksichtigen sollte, sind in 10.2 genannt. Falls keine Informationen über P vorliegen, kann für P ein fester (nicht mit Unsicherheit behafteter) Wert von 2 (bei Beta-Strahlern > 400 keV) bzw. 4 (bei Beta-Strahlern < 400 keV) angenommen werden (plausible konservative Annahme wie bereits in DIN ISO 7503-1:1990-07).

Die in 8.1. und 8.2 ansonsten behandelten Größen (deren Unsicherheiten man ebenfalls leicht in analoger Weise angeben kann) kommen in dem o. g. Modell der Auswertung nicht vor.

In 10.2 bis 10.4 werden verschiedene Beiträge zur Unsicherheit genannt. Diese Norm lässt die Bewertung und die tatsächliche Berücksichtigung der einzelnen Unsicherheitsbeiträge für die Auswertung offen. Hier sollte jeder Anwender die für seine Messaufgabe anzuwendenden Beiträge eigenverantwortlich bewerten und dokumentieren. Gegebenenfalls sollten Beiträge, die bei der individuellen Betrachtung vernachlässigt werden, als solche dokumentiert werden.

NC.2 Direkte Messung der Oberflächenaktivität

In diesem Abschnitt werden die für die direkte Messung der Oberflächenaktivität relevanten, über die Unsicherheiten aus der Zählstatistik (Typ A-Unsicherheiten) hinausgehenden Unsicherheiten beschrieben.

Für die Messung einer flächenbezogenen Aktivität wird üblicherweise das Modell nach Gleichung (NC.7) verwendet, welche Gleichung (8) dieser Norm entspricht.

$$A_s = \frac{(\rho_g - \rho_0) \cdot P}{I(A) \cdot S_p} = w \cdot (\rho_g - \rho_0) \quad (\text{NC.7})$$

Dabei ist

- ρ_g die Zählrate der Bruttomessung in s^{-1} ;
- ρ_0 die Zählrate der Nulleffektmessung in s^{-1} ;
- $I(A)$ das Oberflächenansprechvermögen des Detektors für den Nuklidvektor NV in $\text{cm}^2/(\text{s Bq})$;
- $1/P$ der Emissionswirkungsgrad des Messguts;
- S_p die effektive Fensterfläche des Detektors in cm^2 .

Nach Gleichung (8) ergibt sich für $u_{\text{rel}}(w)$, wobei die Unsicherheit der effektiven Fensterfläche vernachlässigbar ist:

$$u_{\text{rel}}^2(w) = u_{\text{rel}}^2(P) + u_{\text{rel}}^2(I(A)) \quad (\text{NC.8})$$

Zu den einzelnen Größen des Messmodells können folgende Typ B-Messunsicherheiten beitragen:

- Unterschiede zwischen dem tatsächlich vorliegenden und dem für die Kalibrierung verwendeten Nuklidgemischs, Beiträge zu $u(P)$ und $u(I(A))$;
- Oberflächenbeschaffenheit des Messgutes, insbesondere die Selbstabsorption, Beiträge zu $u(P)$;
- Abweichungen zwischen Kalibrier- und Messgeometrie, Beiträge zu $u(I(A))$;

Die gesamte Unsicherheit $u(A_s)$ ergibt sich nach den Gleichungen (NC.2) bis (NC.4).

Für Oberflächenaktivitätsmessungen ist bei vollständiger Berücksichtigung der Typ A- und Typ B-Messunsicherheiten die obere Grenze des Vertrauensbereichs für jede Einzelmessung zu berechnen und mit dem Richtwert zu vergleichen.

NC.3 Indirekte Messung der Oberflächenaktivität

In diesem Abschnitt werden die für die indirekte Messung der Oberflächenaktivität relevanten, über die Unsicherheiten aus der Zählstatistik (Typ A-Unsicherheiten) hinausgehenden Unsicherheiten beschrieben.

Für die Messung einer flächenbezogenen Aktivität A_s wird üblicherweise das Modell nach Gleichung (NC.9) verwendet.

$$A_s = \frac{(\rho_g - \rho_0) \cdot P}{I(A) \cdot S_w \cdot \varepsilon_w} = w \cdot (\rho_g - \rho_0) \quad (\text{NC.9})$$

Dabei ist

- ρ_g die Zählrate der Bruttomessung in s^{-1} ;
- ρ_0 die Zählrate der Nulleffektmessung in s^{-1} ;
- $I(A)$ das Oberflächenansprechvermögen des Detektors für den Nuklidvektor NV in $\text{cm}^2/(\text{s Bq})$;
- $1/P$ der Emissionswirkungsgrad des Messguts;
- ε_w der Entnahmefaktor;
- S_w die Wischfläche in cm^2 .

Nach Gleichung (8) ergibt sich für $u_{\text{rel}}(w)$, wobei die Unsicherheit der Abweichungen zwischen Kalibrier- und Messgeometrie vernachlässigt wird:

$$u_{\text{rel}}^2(w) = u_{\text{rel}}^2(P) + u_{\text{rel}}^2(I(A)) + u_{\text{rel}}^2(S_w) + u_{\text{rel}}^2(\varepsilon_w) \quad (\text{NC.10})$$

Bei der indirekten Messung der Oberflächenaktivität sind folgende Typ B-Messunsicherheiten bei der Bewertung der Messergebnisse zu berücksichtigen (siehe DIN ISO 7503-2 (VDE 0493-2-5032)):

- Unterschiede zwischen dem tatsächlich vorliegenden und dem für die Kalibrierung verwendeten Nuklidgemisch, Beiträge zu $u(P)$ und $u(I(A))$;
- Entnahmefaktor und dessen Abhängigkeit von chemischen und physikalischen Randbedingungen bei der Entnahme, Beiträge zu $u(P)$ und $u(\varepsilon_w)$;
- Selbstabsorption in der Wischprobe, Emissionswirkungsgrad, Beiträge zu $u(P)$;
- tatsächlich beprobte Fläche, Beiträge zu $u(S_w)$.

Die gesamte Unsicherheit $u(A_s)$ ergibt sich nach den Gleichungen (NC.2) bis (NC.4).

Für Oberflächenaktivitätsmessungen ist bei vollständiger Berücksichtigung der Typ A- und Typ B-Messunsicherheiten die obere Grenze des Vertrauensbereichs für jede Einzelmessung zu berechnen und mit dem Richtwert zu vergleichen.

Nationaler Anhang ND (informativ)

Beispiele für die Bestimmung der Oberflächenkontamination

ND.1 Empfehlung der Strahlenschutzkommission

Eine praktische Anleitung und Anwendungsbeispiele können der SSK-Empfehlung „Anforderungen an die Kontaminationskontrolle beim Verlassen eines Kontrollbereichs (§ 44 der Strahlenschutzverordnung)“ vom 28. Februar 2002 – veröffentlicht am 5. Juni 2002 – entnommen werden. Die SSK-Empfehlung kann von http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_05062002_RSII2170272.htm heruntergeladen werden:

Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Heft 34: *Anforderungen an die Kontaminationskontrolle beim Verlassen eines Kontrollbereichs (§ 44 StrlSchV)*, 2003, ISBN 3-437-22169-8

Die SSK hat als Beispiel eine Kontamination mit Tc-99m und ein Nuklidgemisch gewählt. Sie gliedert sich insgesamt wie folgt:

- 1 Einführung
- 2 Voraussetzungen für die Kontaminationskontrolle
 - 2.1 Allgemeine Voraussetzungen
 - 2.1.1 Geeignete Kontaminationsmessgeräte
 - 2.1.2 Ermittlung der „kleinsten nachweisbaren Kontamination“
 - 2.1.3 Einstellung der Alarmschwelle des Kontaminationsmessgeräts
 - 2.2 Besondere Voraussetzungen für die Kontaminationskontrolle an Personen
 - 2.2.1 Überwachungs- und Präventivmaßnahmen
 - 2.2.2 Repräsentative Messfläche
 - 2.3 Besondere Voraussetzungen für die Kontaminationskontrolle an beweglichen Gegenständen
- 3 Vorgehensweise zur Kontaminationskontrolle an Personen
 - 3.1 Vorbemerkung
 - 3.2 Vorgehensweise bei schwer nachweisbaren Radionukliden sowie Alphastrahlern
 - 3.2.1 Tritium
 - 3.2.2 Alphastrahler
 - 3.2.3 Sonstige schwer nachweisbare Nuklide
 - 3.2.4 Ermittlung der „kleinsten nachweisbaren Kontamination“ bei schwer nachweisbaren Nukliden
 - 3.3 Beurteilung der radiologischen Relevanz einer Kontamination der Haut
 - 3.4 Maßnahmen und weitere Messungen bei Überschreiten der Alarmschwelle bei Personenkontamination
- 4 Vorgehensweise zur Kontaminationskontrolle an beweglichen Gegenständen
 - 4.1 Kontrolle der Oberflächenkontamination durch direkte Messung
 - 4.1.1 Wahl des geeigneten Messgeräts
 - 4.1.2 Entscheidungsmessung
 - 4.2 Kontrolle der Oberflächenkontamination durch indirekte Messung
 - 4.2.1 Entnahme der Wischproben
 - 4.2.2 Entscheidungsmessung

4.3 Kontrolle der spezifischen Aktivität

4.4 Dokumentation

Anlage 1 Mindestens erforderliches Oberflächenansprechvermögen von Kontaminationsmessgeräten

Anlage 2 Flussdiagramme zur Anwendung der Empfehlung

Anlage 3 Anwendungsbeispiele

Anlage 4 Beispielrechnungen zur Beurteilung der radiologischen Relevanz einer verbleibenden Hautkontamination

ND.2 Beispiel einer Kontamination mit C-14 und einem Nuklidgemisch

ND.2.1 Einleitung

ND.2.1.1 Eigenschaften eines Oberflächenkontaminationsmonitors

Mit dem Kontaminationsmonitor wird der Grad radioaktiver Kontamination auf Oberflächen von Personen oder Gegenständen in Impulsen je Sekunde gemessen. Ein flacher Detektor muss zur Kontaminationsmessung möglichst nahe an die zu messende Fläche gebracht werden, ohne dabei kontaminiert zu werden. Die ermittelte Zählrate ist stark abhängig vom Abstand zwischen Quelle und Detektor.

Kontaminationsmonitore sind optimiert für den Nachweis von Oberflächenkontamination von Radionukliden. Ihre Messcharakteristik hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie:

- Strahlungsart bzw. Energie der Strahlung;
- intrinsische Detektoreffizienz für ein bestimmtes Radionuklid, die durch die eigentlichen Detektoreigenschaften sowie etwaige Absorber (z. B. Schutzfolien, Gitter) beeinflusst wird;
- Messgeometrie, die sich aus Detektorgeometrie, Oberflächeneigenschaften der zu messenden Fläche sowie dem Abstand zwischen Quelle und Detektor ergibt;
- elektronische Eigenschaften;
- Alterungsprozesse.

ND.2.1.2 Messarten

ND.2.1.2.1 Impulsrate (s^{-1})

Bei unbekannten Nukliden ist diese Wahl vorteilhaft, da keine nuklidspezifische Kalibrierung den Zahlenwert verändert. Es werden alle Alpha-, Beta- und Gammaimpulse je Sekunde gezählt und angezeigt.

ND.2.1.2.2 Flächenaktivität (Bq/cm^2)

Wenn die Kontamination in Bq/cm^2 (also die Aktivitäten je Flächeneinheit) gemessen werden soll, muss die Impulsrate auf Flächenaktivitäten umgerechnet werden. Der Umrechnungsfaktor ist nuklidspezifisch. Die jeweiligen Faktoren sind im Gerät gespeichert. Vor einer Messung muss daher am Gerät das zu messende Nuklid bzw. Nuklidgemisch eingestellt werden. Dabei kann für den Alpha-Kanal ein Alpha-Nuklid und für den Beta-Gamma-Kanal ein Nuklid mit Beta- bzw. Gammastrahlung eingestellt werden.

Die Strahlungsarten werden bei der Messung unterschieden. Die Messung erfolgt gleichzeitig. Das bedeutet nicht, dass der Kontaminationsmonitor dieses Nuklid selektiv messen kann; vielmehr bewertet der Monitor lediglich die Kontamination (also die gemessene Impulsrate) so, als ob sie von dem jeweiligen Radionuklid unter einer definierten Messgeometrie verursacht würde. Die Umrechnung basiert auf Kalibrierfaktoren, die für jedes Nuklid und für jeden Monitor ermittelt wurden. Sie sind abhängig von z. B.

- Strahlungsart und -energie;
- Zerfallsschema des jeweiligen Nuklids;
- Detektorempfindlichkeit;

- Messgeometrie;
- Selbstabsorption im Kalibrierstrahler.

Der Kalibrierfaktor gibt den Wert an, durch den die Anzahl der Impulse je Sekunde dividiert wird, um die Anzeige in Bq/cm² zu erhalten. Es muss sichergestellt sein, dass das richtige Nuklid eingestellt wurde. Zur Messung von Flächenaktivitäten sollte die Software des Messgeräts eine (editierbare) Nuklidbibliothek mit freien Positionen enthalten.

ND.2.1.3 Fallbetrachtungen

ND.2.1.3.1 Nuklid ist nicht bekannt

Ein unbekanntes Nuklid kann zunächst im Impulsratenmodus detektiert werden. Dadurch kann eine Kontamination qualitativ nachgewiesen werden.

ND.2.1.3.2 Nuklidgemisch mit unbekannter Zusammensetzung

Bei unbekannter Zusammensetzung kann ein Kalibrierfaktor gewählt werden, der aus einem Durchschnittswert (Nuklidvektor) am häufigsten vorkommenden Betastrahler gebildet wird. Wenn die Nuklide nicht bekannt sind, verwendet man die unspezifische Einstellung „Beta-Gesamt“ auf der Basis eines festen Radionuklids (z. B. ⁹⁹Tc) zur Kalibrierung. Die ermittelten Aktivitäten sind dann als „⁹⁹Tc-Äquivalente“ zu interpretieren.

ND.2.1.3.3 Nuklidgemisch mit bekannter Zusammensetzung

Sollen Aktivitäten von mehreren bekannten Nukliden gleichzeitig gemessen werden, kann man die Mittelung (ggf. mit Wichtung) selbst durchführen und den Kalibrierfaktor eingeben. Dafür muss die Software Freipositionen zur Verfügung stellen. Alternativ kann ein sogenanntes Leitnuklid ausgewählt werden. Dieses Nuklid sollte im Nuklidvektor einen signifikanten Anteil haben und die Energie zwischen Maximal- und Minimalenergie der anderen Nuklide liegen.

Beispiel für ein bekanntes Nuklidgemisch: 30 % ⁶⁰Co, 40 % ¹³⁷Cs, 30 % ²⁴¹Am.

Die Kalibrierfaktoren der Nuklide werden mit ihren korrespondierenden Anteilen multipliziert, getrennt nach Strahlungsart:

$$C(A)_\alpha = \sum_i (f_i \cdot C(A)_{\alpha,i}) \quad (\text{ND.1})$$

$$C(A)_{\beta/\gamma} = \sum_i (f_i \cdot C(A)_{\beta/\gamma,i}) \quad (\text{ND.2})$$

Dabei ist

- f_i der Anteil des Nuklids i am Gemisch;
- $C(A)_{\alpha,i}$ der Kalibrierfaktor des Nuklids i für Alphastrahlung;
- $C(A)_{\beta/\gamma,i}$ der Kalibrierfaktor des Nuklids i für Beta- bzw. Gammastrahlung.

ND.2.1.4 Messmodi

Bei Oberflächenkontaminationsmonitoren sollten folgende Messmodi aktiviert werden können:

- Suchmodus
In diesem Messmodus reagiert das Gerät sehr empfindlich auf unterschiedliche Strahlungsaktivitäten und zeigt Änderungen sehr schnell an. Er bietet sich an, wenn sehr schnell eine qualitative Aussage über Kontamination vorliegen soll.

- Ratemeter

Im Ratemetermodus ist zur Erhöhung der Messgenauigkeit die Integrationszeit länger, die Messzeit verlängert sich ebenfalls.

- Zählerbetrieb (en: counter timer)

Dieser Messmodus ist auf höchstmögliche Messgenauigkeit ausgelegt. Hier kann als Maß für die Dauer einer Messung die Messzeit oder die gewünschte statistische Genauigkeit gewählt werden.

- Freigabemessung

Bei der Freigabemessung wird ein Grenzwert definiert, bei dessen Überschreiten ein Signal ausgegeben wird. Es sollten ggf. nuklidspezifische Alarmschwellen gesetzt werden, deren Überschreiten optisch und akustisch angezeigt wird.

- Anwendung von Ratemeter- oder Zähler- bzw. Suchmodus

Das Gerät sollte in der Lage sein, sowohl verschiedene Messmodi wie Ratemeter, Zähler bzw. Suchen anzubieten. Die Messung in den Betriebsarten „Suchen“ und „Ratemeter“ sind zum Auffinden von Kontaminationen anzuwenden.

Beim **Suchmodus** wird eine geringere Messgenauigkeit in Kauf genommen, um schnelle Änderungen der Zählrate registrieren zu können und ein besonders schnelles Ansprechvermögen zu erlangen.

Der **Ratemetermodus** erfordert auf Kosten kurzer Messzeit eine Mittelwertbildung der Zählraten über eine längere Zeitspanne und reduziert die Messungenauigkeit.

Um jedoch stationäre Messungen mit einer vorgegebenen Genauigkeit für den Mittelwert durchzuführen, empfiehlt es sich, die Betriebsart **Zähler (counter timer)** zu wählen. Bei diesem Messmodus kann entweder die Mittelungszeit oder – über die Impulsvorwahl – die statistische Genauigkeit des Messwerts vorgegeben werden.

ND.2.2 Eigenschaften der betrachteten Nuklide

ND.2.2.1 Das Nuklid C-14