

Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen

Teil 13: Zählende Messungen an bewegten Objekten

DIN
25482-13

Einsprüche bis 2000-09-30

ICS 17.240

Detection limit and decision threshold for ionizing radiation measurements –
Part 13: Counting measurements on moving objects

Limite de détection et seuil de décision d'une mesure de rayonnements –
Partie 13: Mesures par comptage sur des objets en mouvement

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten an den Normenausschuss Materialprüfung (NMP) - FB 7 Kerntechnik im DIN, Deutsches Institut für Normung e.V., 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin).

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7 Berechnungen und Beurteilungen ...	7
Einleitung	2	7.1 Vorgaben	7
1 Anwendungsbereich	2	7.2 Allgemeine Festlegung der charakteristischen Grenzen	7
2 Normative Verweisungen	3	7.3 Beurteilung eines Messverfahrens	8
3 Begriffe	3	7.4 Beurteilung eines Messergebnisses	8
4 Größen und Formelzeichen	4	8 Dokumentation	9
5 Grundlagen	5	Anhang A (informativ)	
5.1 Allgemeines	5	Anwendungsbeispiele	10
5.2 Modell	5	A.1 Allgemeine Daten	10
6 Charakteristische Grenzen	7	A.2 Charakteristische Grenzen	10
6.1 Allgemeines	7	A.3 Dokumentation der Ergebnisse des Anwendungsbeispiels	12
6.2 Erkennungsgrenze	7	Anhang B (informativ)	
6.3 Nachweisgrenze	7	Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung	13
6.4 Vertrauensgrenzen	7	Literaturhinweise	15

Fortsetzung Seite 2 bis 15

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) — FB Kerntechnik — im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Vorwort

Dieser Norm-Entwurf wurde vom Normenausschuss Materialprüfung (NMP), Fachbereich Kerntechnik, Arbeitsausschuss 722 "Radioaktivitätsmessung in der Umwelt und Nachweisgrenzen" erarbeitet.

DIN 25482 "Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen" besteht aus:

- Teil 1: *Zählende Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses*
- Beiblatt 1 zu Teil 1: *Zählende Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses; Erläuterungen und Beispiele*
- Teil 2: *Zählende spektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses*
- Beiblatt 1 zu Teil 2: *Zählende spektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses; Erläuterungen und Beispiele*
- Teil 3: *Messungen mit linearen, analog arbeitenden Zählratenmessgeräten (Ratemeter)*
- Teil 4: *Zählende alphaspektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung von Probenbehandlungs- und Geräteeinflüssen*
- Teil 5: *Zählende hochauflösende gammaspektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses*
- Beiblatt 1 zu Teil 5: *Zählende hochauflösende gammaspektrometrische Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses; Beispiele und Erläuterungen*
- Teil 6: *Zählende Messungen mit Berücksichtigung des Probenbehandlungs- und Geräteeinflusses*
- Beiblatt 1 zu Teil 6: *Zählende Messungen mit Berücksichtigung des Probenbehandlungs- und Geräteeinflusses; Erläuterungen und Beispiele*
- Teil 7: *Zählende Messungen an Filtern während der Anreicherung radioaktiver Stoffe*
- Teil 10: *Allgemeine Anwendungen*
- Teil 11: *Messungen mit Thermolumineszenz-Dosimetern*
- Teil 12: *Entfaltung spektrometrischer Messungen*
- Teil 13: *Zählende Messungen an bewegten Objekten*

Einleitung

Es werden Gleichungen für die Berechnung der charakteristischen Grenzen bei der Impulsraten-Messung angegeben, wobei sowohl die Unsicherheiten der Zählmessung als auch die der Kalibrierung des Messsystems ausdrücklich berücksichtigt werden. Letztere werden aber aus Voruntersuchungen als bekannt angenommen.

Diese Norm basiert auf Verfahren der Bayes-Statistik [1], [2], [3], damit bei ihrer Anwendung auch unsichere Größen und Einflüsse berücksichtigt werden können, die sich bei mehrmals wiederholten oder bei zählenden Messungen nicht zufällig verhalten.

Die im folgenden angesprochenen Messungen werden an Grenzübergängen, bei Annahmestellen von Gütern und Gegenständen, oder auch im Vorbeifahren am rollenden Verkehr gemacht, um unerkannte oder verborgene Radioaktivität anhand der erhöhten Strahlung aufzuspüren und die betreffenden Objekte oder Gegenstände dann gegebenenfalls einer detaillierten Kontrolle zuzuleiten.

1 Anwendungsbereich

In dieser Norm werden statistische Kennwerte festgelegt, die eine Beurteilung der Nachweismöglichkeiten von Kernstrahlung an Objekten ermöglichen, die sich während der Messung relativ zum Detektor bewegen. Das können Fahrzeuge (z. B. LKW, Eisenbahnwaggons oder Schiffe), Container, Massengüter oder Gegenstände (z. B. Gepäckstücke) auf einem Laufband oder - während der Verladung - am Kranhaken sein, aber auch Gegenstände, die mit einem Messgerät abgetastet werden. Ziel derartiger Messungen ist es, eine signifikante Zunahme der gemessenen Impulsrate zu erkennen. Es ist nicht beabsichtigt, Aktivitäten zu ermitteln.

Auf der Grundlage von DIN 25482-10 wird die Berechnung der statistischen Kennwerte Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Vertrauensgrenzen (im folgenden charakteristische Grenzen genannt) für Messungen an bewegten Objekten über die Standardmessunsicherheit der Messgrößen (im folgenden Standardunsicherheit genannt) durchgeführt, die im Rahmen der Auswertung der Messung nach DIN 1319-3 oder DIN 1319-4 ermittelt werden.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 1319-1, *Grundlagen der Messtechnik – Teil 1: Grundbegriffe.*

DIN 1319-3, *Grundlagen der Messtechnik – Teil 3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit.*

DIN 1319-4, *Grundlagen der Messtechnik – Teil 4: Auswertung von Messungen, Messunsicherheit.*

DIN 13303-1, *Stochastik – Wahrscheinlichkeitstheorie, Gemeinsame Grundbegriffe der mathematischen und der beschreibenden Statistik, Begriffe und Zeichen.*

DIN 13303-2 *Stochastik – Mathematische Statistik, Begriffe und Zeichen.*

DIN 25482-1 : 1989-04, *Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen – Teil 1: Zählende Messungen ohne Berücksichtigung des Probenbehandlungseinflusses.*

DIN 25482-10: 2000-05, *Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen – Allgemeine Anwendungen.*

DIN 55350-21, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik – Begriffe der Statistik, Zufallsgrößen und Wahrscheinlichkeitsverteilungen.*

DIN 55350-22, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik – Begriffe der Statistik, Spezielle Wahrscheinlichkeitsverteilungen.*

DIN 55350-23, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik – Begriffe der Statistik, Beschreibende Statistik.*

DIN 55350-24, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik – Begriffe der Statistik, Schließende Statistik.*

DIN 55350-34, *Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik – Erkennungsgrenze, Erfassungsgrenze und Erfassungsvermögen.*

- [1] *Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen.* Beuth Verlag, Berlin, Köln 1995; *Guide to Expression of Uncertainty in Measurement.* ISO International Organization for Standardization, Genf 1993, korrigierter Neudruck 1995
- [2] *Internationales Wörterbuch der Metrologie – International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology.* DIN Deutsches Institut für Normung (Herausgeber), Beuth Verlag, Berlin, Köln 1994; *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology.* ISO International Organization for Standardization, Genf 1993
- [3] Weise, K., Wöger, W.: *Messunsicherheit und Messdatenauswertung.* Wiley-VCH (Berlin) 1999 (im Druck)
- [4] Jahnke, E., Emde, F., Lösch, F.: *Tafeln höherer Funktionen*, 7. Auflage, Stuttgart Täubner 1966
- [5] Abramowitz, M., Stegun, I.: *Handbook of Mathematical Functions*, 5. Auflage, Kap. 26 Dover Publication (New York 1968)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe

- der Messtechnik nach DIN 25482-1, DIN 25482-10, DIN 1319-1, DIN 1319-3, DIN 1319-4, [1], [2] und [3]
- der Stochastik nach DIN 13303-1, DIN 13303-2,
- der Qualitätssicherung und Statistik nach der Reihe DIN 55350 und folgende:

3.1

Messverfahren (bei Messungen an bewegten Objekten)

Anwendung eines Strahlendetektors und eines Zählgerätes zur Ermittlung der Impulsrate an bewegten Objekten sowie die Auswertung der Messung

3.2

Messgröße (bei Messungen an bewegten Objekten)

Nettozählrate, die als Differenz einer Bruttozählrate und einer Nulleffektzählrate ermittelt wird

ANMERKUNG Die Nettozählrate ist nichtnegativ und quantifiziert einen betrachteten Kernstrahlungs-Effekt. Hat sie den Wert Null, so liegt dieser Effekt nicht vor.

3.3

Messobjekt (bei Messungen an bewegten Objekten)

Bewegtes Objekt, das auf Radioaktivität untersucht werden soll

ANMERKUNG Beispiele für solche Objekte sind beladene Lastkraftwagen, Waggonen, Schiffe, Container, Behälter, Koffer usw. sowie Einzelteile und Gegenstände.

3.4

Nulleffekt

Messeffekt, der durch den Untergrund (z. B. natürliche Strahlungsquellen) ohne Messobjekt, bewirkt wird (DIN 25482-1:1989-04)

ANMERKUNG Der Nulleffekt bei Messungen an bewegten Objekten wird ohne Messobjekt gemessen. Im Allgemeinen wird aber der Nulleffekt durch die Abschirmwirkung des Messobjekts um den Faktor f vermindert.

3.5

Bruttoeffekt (bei Messungen an bewegten Objekten)

Messeffekt, der durch den gegebenenfalls durch das Messobjekt verminderten Nulleffekt und die eventuelle Strahlung des Messobjekts bewirkt wird

4 Größen und Formelzeichen

X	Messgröße; für die die charakteristischen Kenngrößen bestimmt werden sollen
x	Ermittelter Wert der Messgröße X ; primäres Messergebnis und Schätzwert für die Messgröße X
$u(x)$	Standardmessunsicherheit der Messgröße zum primären Messergebnis x
x^*	Erkennungsgrenze für die Messgröße X
ξ	Wahrer Wert der Messgröße X
ξ^*	Nachweisgrenze für die Messgröße X
ξ_u, ξ_o	Untere bzw. obere Vertrauensgrenze für die Messgröße X
X_i	Eingangsgrößen zur Berechnung der Messgröße nach dem Modell der Auswertung. Zu den Eingangsgrößen können gehören: Die Bruttozählraten $p_{o,i}$ ($i = 1, \dots, n$) von n Messungen des Bruttoeffektes, die Nulleffektzählraten $p_{o,j}$ ($j = 1, \dots, m$) von m Messungen des Nulleffektes sowie andere Eingangsgrößen T_k ($k = 1 \dots r$), die in die Auswertung eingehen
Y	Ergebnisgröße
y_i	Ermittelter Wert der Ergebnisgröße Y_i
$u(y_i)$	Standardmessunsicherheit der Ergebnisgröße Y_i zum ermittelten Wert y_i
G	Modellfunktion; Funktion, die die Messgröße X (Ergebnisgröße) mathematisch mit den Eingangsgrößen verknüpft ANMERKUNG Die Funktion G braucht nicht unbedingt explizit als mathematischer Ausdruck vorzuliegen, sie darf auch als Algorithmus, z. B. in Form eines Rechenprogrammes für die Auswertung gegeben sein (siehe Anhang A.5 von DIN 25482-10: 2000-05).
N_0	Anzahl der Impulse, die bei der Messung des Nulleffekts gezählt werden
N_b	Anzahl der Impulse, die bei der Messung des Bruttoeffekts gezählt werden
t_0	Messdauer der Nulleffektmessung

t_b	Messdauer der Bruttoeffektmessung, festgelegt durch elektronische oder elektro-optische Abtastung des Messobjekts
T_k	sonstige Eingangsgrößen für die Auswertung (z. B. v, l, f (s.u.))
v	Relativgeschwindigkeit zwischen Objekt und Detektor
d	Länge der Messstrecke
f	Faktor, der die Reduzierung der Nulleffektzählrate durch die Abschirmungswirkung des Messobjektes beschreibt
ϱ_0	Wahrer Wert der Nulleffektzählrate
R_0	Ermittelter Wert der Nulleffektzählrate, Quotient aus den während der vorgewählten Messdauer t_0 gezählten Impulsen N_0 und der Messdauer t_0 : $R_0 = N_0/t_0$; Schätzwert von ρ_0
ϱ_b	Wahrer Wert der Bruttoeffektzählrate
R_b	Ermittelter Wert der Bruttoeffektzählrate, Quotient aus den während der Messdauer t_b gezählten Impulsen N_b und der Messdauer t_b : $R_b = N_b/t_b$; Schätzwert von ρ_b
ϱ_n	Wahrer Wert der Nettoeffektzählrate
R_n	Ermittelter Wert der Nettoeffektzählrate, Differenz aus den Messwerten der Brutto- und der Nulleffektzählrate, $R_n = R_b - R_0$; Schätzwert von ρ_n
ϱ_n^*	Nachweisgrenze für die Nettozählrate
R_n^*	Erkennungsgrenze für die Nettozählrate
α	Wahrscheinlichkeit für den Fehler 1. Art des statistischen Tests zur Entscheidung zwischen der Hypothese H_0 : "Der wahre Werte der Ergebnisgröße ist gleich 0" ($\xi = 0$) und der Alternativhypothese H_1 : "Der wahre Werte der Ergebnisgröße ist größer Null" ($\xi > 0$)
β	Wahrscheinlichkeit für den Fehler 2. Art des vorgenannten statistischen Tests wenn der wahre Wert der Ergebnisgröße größer Null ist
$1 - \gamma$	Wahrscheinlichkeit zum Vertrauensbereich für einen erkannten Wert x der Messgröße X ; $x > x^*$
$k_{1-\alpha}, k_{1-\alpha/2}, k_{1-\alpha/2}$	Quantile der Standard-Normalverteilung (siehe Tabelle 1)
$\frac{\partial G}{\partial X_i}$	Operator zur partiellen Ableitung der Modellfunktion G nach den primären Messgrößen X_i
κ	Hilfsgröße

5 Grundlagen

5.1 Allgemeines

Bei dem betrachteten Messverfahren bewegen sich Messobjekt(e) und Detektor relativ zueinander. Dabei kann sich das Messobjekt an einem oder mehreren Detektoren vorbeibewegen, z. B. ein Fahrzeug, das durch eine Messstation fährt, oder Gegenstände, die auf einem Transportband am Detektor vorbeilaufen oder Gegenstände, die am Greifer oder am Kranhaken am Detektor vorbeigeführt werden. Es kann aber auch ein mobiler Detektor am Messobjekt vorbeibewegt werden. Dabei kann sich der Detektor in einem Messfahrzeug befinden, das an anderen Fahrzeugen oder lagernden Gegenständen vorbeifährt; er kann aber auch mechanisch oder von Hand an Objekten wie z. B. Schiffen, Containern oder aufgeschichtetem Material vorbeibewegt werden. Die Bruttoeffektmessung wird über Sensoren gestartet, wenn sich ein Messobjekt dem Detektorbereich nähert und beendet, wenn das Messobjekt den Detektorbereich verläßt. Damit hängt die Dauer der Bruttomessung t_b von den Abmessungen des/der Detektor(en), der Länge des Objekts und seiner Geschwindigkeit relativ zum Detektor ab. Die Zahl der Bruttoimpulse beträgt N_b . Der Nulleffekt wird gemessen, solange sich kein Messobjekt im Bereich des Detektors/der Detektoren befindet. Die Messdauer beträgt t_0 , die Zahl der Nulleffekt-Impulse N_0 . Durch die Abschirmwirkung des Messobjekts wird im Allgemeinen die Untergrundstrahlung und damit die Nulleffektzählrate während der Bruttomessung um den Faktor f vermindert.

5.2 Modell

Bei zählenden Messungen an bewegten Objekten wird im allgemeinen Fall eine hier nicht näher spezifizierte Messgröße Y mit einem allgemeinen Modell der Auswertung nach Gleichung (1) bestimmt.

$$Y = G((R_{b,i}; i=1, \dots, n); (R_{0,j}; j=1, \dots, m), (t_k; k=1, \dots, r)) \quad (1)$$