

ICS 13.20; 17.240

Deskriptoren: Kerntechnik, Kernstrahlungsmessung, Gammaspektrometrie, Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze

Detection limit and decision threshold for nuclear radiation measurements — Part 5: Counting measurements by high resolution gamma spectrometry, neglecting the influence of sample treatment; examples and comments

Limite de détection et seuil de décision d'une mesure de rayonnement nucléaire — Partie 5, méthode de mesure par spectrométrie gamma de haute résolution négligeant l'influence de la préparation d'un échantillon; exemples et commentaires

Dieses Beiblatt enthält Informationen zu DIN 25482-5 : 1993-06,
jedoch keine zusätzlichen genormten Festlegungen.

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	1	4.5 Dokumentation der Ergebnisse	9
1 Einführung	2	4.6 Erläuterungen zu den Ergebnissen	9
2 Beispiel 1 für die Anwendung auf eine unbeeinflusste Linie	2	5 Sinngemäße Anwendungen im Falle einer gestörten Linie	9
2.1 Aufgabenstellung	2	5.1 Aufgabenstellung und Vorgaben	9
2.2 Vorgaben	3	5.2 Vorgehensweise	9
2.3 Bereiche	3	5.3 Bestimmung des Untergrundes bei Verkleinerung des Bereichs B auf 1,7 Halbwertsbreiten	9
2.4 Berechnung	3	5.4 Bestimmung des Untergrundes bei Verkleinerung des Bereichs B auf 1,2 Halbwertsbreiten	10
2.5 Dokumentation der Ergebnisse	4	5.5 Verkleinerung der Stützpunktbereiche für das Trapez	11
3 Beispiel 2 für die Anwendung auf eine unbeeinflusste Linie	4	5.6 Verlegung der Stützpunktbereiche für das Trapez nach außen (Ausblendung von Störlinien) bei linearem Untergrund	12
3.1 Aufgabenstellung	4	5.7 Verlegung der Stützpunktbereiche für das Trapez nach außen (Ausblendung von Störlinien) bei stufenförmigem Untergrund ..	13
3.2 Vorgaben	5	5.8 Verlegung der Stützpunktbereiche für das Trapez nach außen (Ausblendung von Störlinien); Untergrundermittlung mit Stufenfunktion und Multiplett-Entfaltung	15
3.3 Bereiche	5	5.9 Ergebnisvergleich	15
3.4 Berechnung	5	Anhang A (informativ) Literaturhinweise	16
3.5 Dokumentation der Ergebnisse	6		
3.6 Erläuterungen zu den Ergebnissen	6		
4 Beispiel 3 für die Anwendung auf eine gestörte Linie	6		
4.1 Aufgabenstellung	6		
4.2 Vorgaben	7		
4.3 Bereiche	7		
4.4 Berechnung	7		

Vorwort

Dieses Beiblatt wurde vom Fachbereich Kerntechnik, NMP 722 "Nachweisgrenzen radioaktiver Stoffe", erarbeitet.

Fortsetzung Seite 2 bis 16

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

1 Einführung

Die folgenden Beispiele und Erläuterungen beziehen sich auf DIN 25482-5:1993-06. Sie dienen dazu, das Verständnis der Norm zu fördern und ihre Anwendung zu erleichtern.

Die Beispiele zeigen verschiedene praxisnahe Fälle:

- Erkennungsgrenze und Nachweisgrenze bei nicht vorhandener Linie,
- Erkennungsgrenze und Nachweisgrenze bei vorhandener Linie,
- Erkennungsgrenze und Nachweisgrenze bei Störungen durch vorhandene Nachbarlinien (Grenzen des Verfahrens),
- Sinngemäße Vorgehensweisen zur Bestimmung von Erkennungsgrenze und Nachweisgrenze bei gestörten Linien.

2 Beispiel 1 für die Anwendung auf eine unbeeinflusste Linie

2.1 Aufgabenstellung

In einem mit einem Germaniumdetektor gemessenen Gammaskpektrum (Probe eines kontaminierten Tees, ohne Bleiabschirmung aufgenommen) sind Erkennungsgrenze und Nachweisgrenze für das Radionuklid ^{51}Cr zu bestimmen. Dieses Radionuklid hat folgende Daten:

Halbwertszeit:	27,7 Tage
Gamma-Energie	$E_\gamma = 320,1 \text{ keV}$
Gamma-Emissionswahrscheinlichkeit p_γ	9,85%

Bild 1 zeigt das gesamte gemessene Spektrum: die Abszisse zeigt 4 096 Kanäle entsprechend einem Energiebereich von etwa 0 bis 1 500 keV; als Ordinate sind die gemessenen Impulsanzahlen im logarithmischen Maßstab aufgetragen.

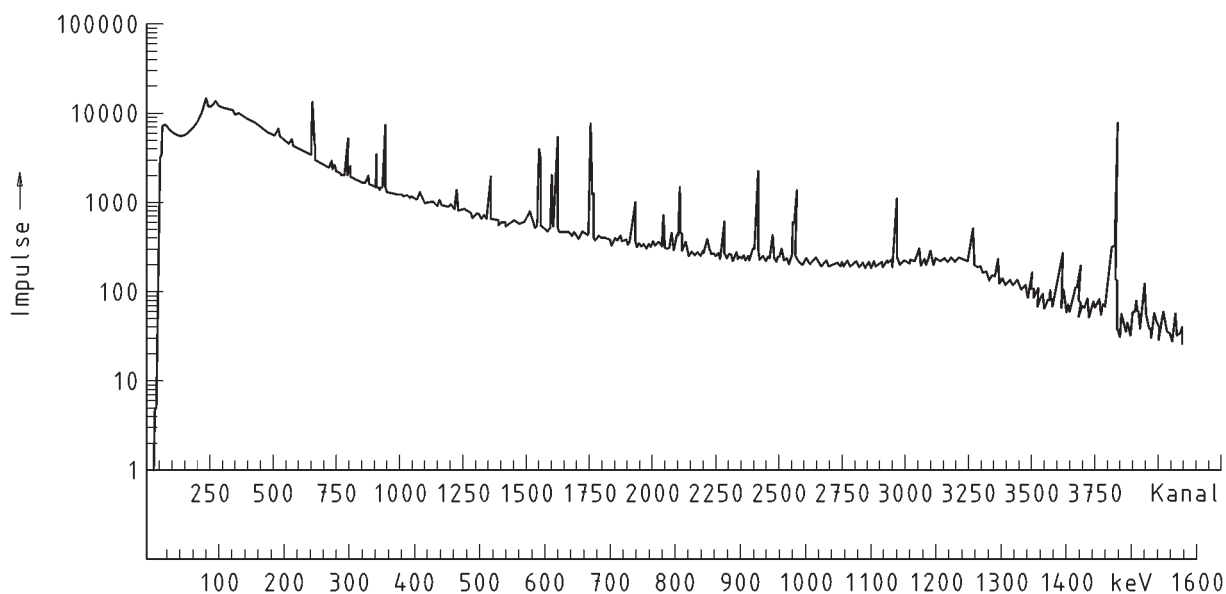


Bild 1: Gammaskpektrum einer Tee-Probe, ohne Bleiabschirmung gemessen (Ordinate im logarithmischen Maßstab)

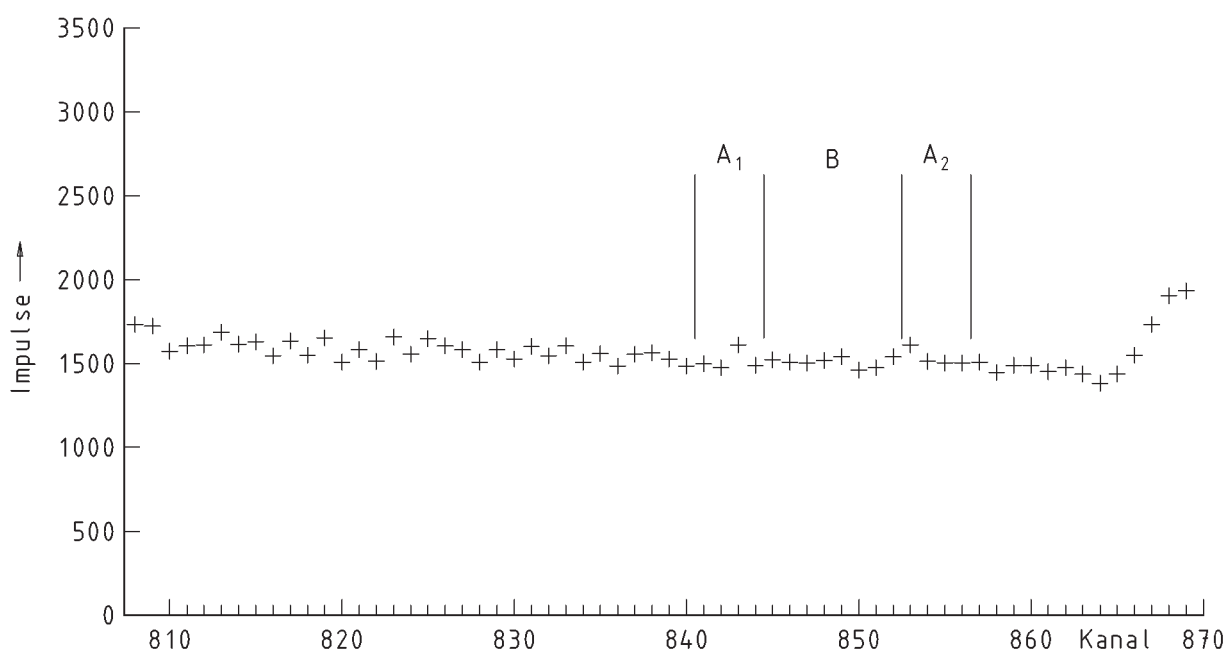


Bild 2: Ausschnitt aus dem Spektrum in Bild 1 mit den interessierenden Bereichen

Bild 2 zeigt einen Ausschnitt des Spektrums mit der interessierenden Gamma-Energie von 320 keV (Kanal 848), bei der die Erkennungsgrenze und die Nachweisgrenze zu bestimmen sind: die Abszisse zeigt die Kanäle von 807 bis 870.

2.2 Vorgaben

Die Wahrscheinlichkeiten für den Fehler erster und zweiter Art werden nach der Empfehlung in 5.1 von DIN 25482-5 : 1993-06 mit $\alpha = \beta = 0,025$ und das Vertrauensniveau mit $1 - \gamma = 0,95$ vorgegeben. Der Nettoeffekt erkannter Linien wird mit Hilfe der für die betreffenden Energien und den ihnen zugeordneten Radionukliden geltenden Kalibrierfaktoren in die zugehörige Aktivität umgerechnet.

2.3 Bereiche

Um den der interessierenden Gamma-Energie entsprechenden Kanal 848 ist ein Bereich B festzulegen (siehe dazu 3.6 in DIN 25482-5 : 1993-06), dessen Länge b dem 2,5fachen der Halbwertsbreite einer Linie an dieser Stelle entspricht.

Die Halbwertsbreite der im Beispiel nicht sichtbaren Linie kann aus ihr nicht ermittelt werden; eine Betrachtung der benachbarten Linien ergibt jedoch, daß die Halbwertsbreite in diesem Energiebereich bei 1,2 keV liegt.

ANMERKUNG 1: Die meisten Auswertprogramme bestimmen automatisch eine Halbwertsbreite anhand der im Spektrum oder Kalibrierspektrum vorhandenen Einzellinien; die Halbwertsbreiten werden ebenfalls für Linien-Entfaltung von Multipletts benötigt.

Aus der vorab festgestellten Energiekalibrierung von 0,39 keV/Kanal ergibt sich für den auszublendenden Bereich B eine Länge von $b = 2,5 \cdot 1,2/0,39 \approx 7,7$ Kanälen (siehe Anmerkungen 2 bis 4). Im Beispiel werden somit die acht Kanäle 845 bis 852 dem Bereich B zugerechnet.

ANMERKUNG 2: Die Empfehlung des Faktors 2,5 beruht darauf, daß eine eventuell vorhandene Linie zur Bestimmung des Untergrundes durch den Bereich B ausgeblendet werden muß: Bei Linien, die einer Gaußverteilung folgen, liegen 99,7% der Nettofläche innerhalb von 2,5 Halbwertsbreiten. Für automatische Verfahren zur Berechnung von Erkennungsgrenze und Nachweisgrenze, die ohne Rücksicht auf das eventuelle Vorhandensein von Linien ablaufen, gilt deshalb die Empfehlung von 2,5 Halbwertsbreiten.

ANMERKUNG 3: Bei kleinen Bereichslängen sollte darauf geachtet werden, daß die Kanäle des Bereichs B symmetrisch über die Linie verteilt sind.

ANMERKUNG 4: Aus statistischen Gründen ist die größte Empfindlichkeit des Verfahrens zur Bestimmung von Erkennungsgrenze und Nachweisgrenze bei der Länge des Bereiches B von 1,2 Halbwertsbreiten gegeben. Es darf dann aber keine deutlich sichtbare Linie vorliegen, da sonst die Untergrundbestimmung wegen der Mitverwendung von Linien-Randbereichen zu hohe Werte ergibt.

Links und rechts vom Bereich B werden zwei Bereiche A_1 und A_2 gleicher Länge l betrachtet; ihre Länge liegt nach DIN 25482-5 : 1993-06 zwischen $b/2$ und $5 \cdot b$. Im Beispiel ergibt sich für die Länge l (bei $l = b/2$) der Wert 4 Kanäle; somit umfaßt Bereich A_1 die Kanäle 841 bis 844, Bereich A_2 853 bis 856 (siehe Anmerkungen 5 bis 7).

ANMERKUNG 5: Aus statistischen Gründen läßt sich der Untergrund um so genauer bestimmen, je mehr Kanäle die Länge l einschließt.

ANMERKUNG 6: Andererseits hat die Länge l möglichst gering zu sein, da andernfalls die Wahrscheinlichkeit steigt, daß die Bestimmung eines linearen Untergrundes von benachbarten Strukturen beeinflußt wird.

ANMERKUNG 7: Wird $l = b/2$ gewählt, so wird für die Ermittlung des Untergrundes die gleiche Anzahl von Kanälen wie im Linienbereich B benutzt. Dieser Wert wird häufig in der Praxis benutzt [1] und besitzt die weiteste Anwendbarkeit (siehe Anmerkung zu Tabelle 1, DIN 25482-5 : 1993-06).

2.4 Berechnung

Aus den in Tabelle 1 aufgeführten Werten lassen sich bei einer Meßdauer von $t = 26\,608$ s die folgenden Größen errechnen:

$N_1 = 6\,108$ Gesamtanzahl der gezählten Impulse im Bereich A_1

$N_2 = 6\,204$ Gesamtanzahl der gezählten Impulse im Bereich A_2

$N_o = 12\,312$ Impulsanzahl des Untergrundes im Bereich B; sie ergibt sich aus

$$N_o = (N_1 + N_2) \frac{b}{2 \cdot l}$$

$R_o = 0,463 \text{ s}^{-1}$ Zählrate des Untergrundes im Bereich B; sie ergibt sich aus

$$R_o = \frac{N_o}{t}$$

$N_b = 12\,202$ Bruttoeffekt (Gesamtanzahl der Impulse im Bereich B)

$R_b = 0,459 \text{ s}^{-1}$ Bruttoeffektzählrate

$N_n = 0$ Nettoeffekt (Bruttoeffekt abzüglich Impulsanzahl des Untergrundes; rechnerisch ergibt sich im Beispiel ein negativer Wert, der hier gleich 0 gesetzt wird)

$R_n = 0 \text{ s}^{-1}$ Nettoeffektzählrate

Tabelle 1: Daten und Bereiche bei 320 keV

Kanal	Energie keV	Anzahl der Impulse	Bereiche
...	
840	316,96	1490	
841	317,35	1 509	A_1
842	317,74	1 484	
843	318,12	1 620	
844	318,51	1 495	
845	318,90	1 529	B
846	319,28	1 521	
847	319,67	1 527	
848	320,06	1 532	
849	320,44	1 556	
850	320,83	1 487	
851	321,22	1 495	
852	321,60	1 555	
853	321,99	1 628	A_2
854	322,38	1 530	
855	322,76	1 524	
856	323,15	1 522	
857	323,54	1 530	
...	