

Umsetzung der DIN ISO 11 929 bei μ Controller gestützten Wischtestmessplätzen (WIMP)

Wischnuklid: Co-60 A:300.0cm² WS-BV:1.00Bq/cm²
NWG: 0,51Bq/cm² ●=Serie □

$y^D = 0,28 \text{ Bq/cm}^2$

Messung beendet
Bitte das Messgut entnehmen

α -NE: 0,00cps
 $\beta\gamma$ -NE: 3,62cps t_{NE} :13s

☞=Kommentar ▲▼=Bericht

Wischnuklid: Co-60 A:300.0cm² WS-BV:1.00Bq/cm²

Messwert:
 $y = 0,00 \text{ Bq/cm}^2$ $u(y) = 0,11 \text{ Bq/cm}^2$

Erkennungs- und Nachweisgrenze:
 $y^* = 0,22 \text{ Bq/cm}^2$ $y^* = 0,51 \text{ Bq/cm}^2$

Vertrauensbereich: $\gamma = 5\%$
 $y^L = 0,00 \text{ Bq/cm}^2$ $y^U = 0,15 \text{ Bq/cm}^2$

Bester Schätzwert:
 $\hat{y} = 0,05 \text{ Bq/cm}^2$ $u(\hat{y}) = 0,04 \text{ Bq/cm}^2$

12 16 36 ▲▼=Messwert

S|E|A

Strahlenschutz- | Entwicklungs- | und Ausrüstungs-
Gesellschaft mbH

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
1.1	Funktion und Wirkungsweise	5
2	Menü-Übersicht	6
3	Konfiguration der Messoptionen in Hinblick auf die DIN 11 929	7
3.1	Konfiguration der Nulleffektmessung	7
3.2	Eingabe der auf die Messung und das Nuklid bezogenen Größen	7
3.3	Sonstige Eingaben	8
4	Anzeige der Messergebnisse	9
5	Berechnungen	10
5.1	Netto-Impulsrate	11
5.2	WKP-Kalibrierung	11
5.3	Kalibrierung	11
5.4	Messwert-Berechnung	11
5.5	WKP-Werte	11
5.6	Weitere Größen	12
5.6.1	Standardunsicherheit	12
5.6.2	Bester Schätzwert	12
5.6.3	Erkennungsgrenze	13
5.6.4	Nachweisgrenze	13
5.6.5	Vertrauensgrenzen	13
5.6.6	Messzeit aus der Nachweisgrenze	13
5.6.7	Statistischer Fehler	14
5.6.8	Berechnung der Aktivität bei einem Mischnuklid	14

1 Einleitung

Ein **WIMP** Gerät ist ein **Wischtest-Messplatz** zur Messung von Wischtest-Proben. Zur Messung von Wischproben bzw. Aerosolfilter gibt es unterschiedliche WIMP Geräte mit verschiedenen Detektorgrößen.

Bei der neu entwickelten WIMP-Software wurde im Speziellen auf die Umsetzung der DIN ISO 11929 geachtet. Die zuvor gültige DIN 25482 'Nachweisgrenze und Erkennungsgrenze bei Kernstrahlungsmessungen' wurde mittlerweile zurückgezogen. Die DIN ISO 11929 'Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenzen, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung' fordert die Beachtung verschiedenster Einflussgrößen und deren Unsicherheiten. Diese geforderten Eingangsgrößen mit den dazugehörigen Unsicherheiten können komfortabel eingegeben werden können.

Nach der Messung wird das primäre Messergebnis mit den wesentlichen Randdaten (Nuklid, Fläche, NWG u.a.) dargestellt. Durch einfaches Umschalten werden alle weiteren nach der DIN ISO 11929 geforderten Größen angezeigt. Der komplette Datensatz kann gespeichert und ausgedruckt werden.

Je nach Wischtestmessplatz sind Proben-Durchmesser von 60 mm, 120 mm und 220mm möglich. Mit dem Messplatz ist es möglich, die Proben getrennt nach Alpha- und Beta/Gamma-Strahlung auszuwerten.

Ein Wischtestmessplatz WIMP MC arbeitet auf Basis eines μ -Prozessors. Zusätzlich gibt es Wischtestmessplätze, die über eine PC-Software (auch DIN ISO 11929 konform) gesteuert werden. Aber auch die MC-Geräte können an den PC angeschlossen werden und über die WIMP-PC-Software bedient werden.

Im Wischtestmessplatz sind zwei getrennte Verstärkerstufen integriert: eine für Alpha- und eine für Beta/Gamma-Strahlung. Des Weiteren: zwei Linearverstärker, Hochspannungsteil und eine Szintillationssonde, die sich in einer speziellen Stahl-/Bleibschirmung befindet.

Beispiel für Gerät: WIMP 60 MC



1.1 Funktion und Wirkungsweise

Die Bedienung erfolgt über einen Touchscreen; alternativ über Funktionstasten.

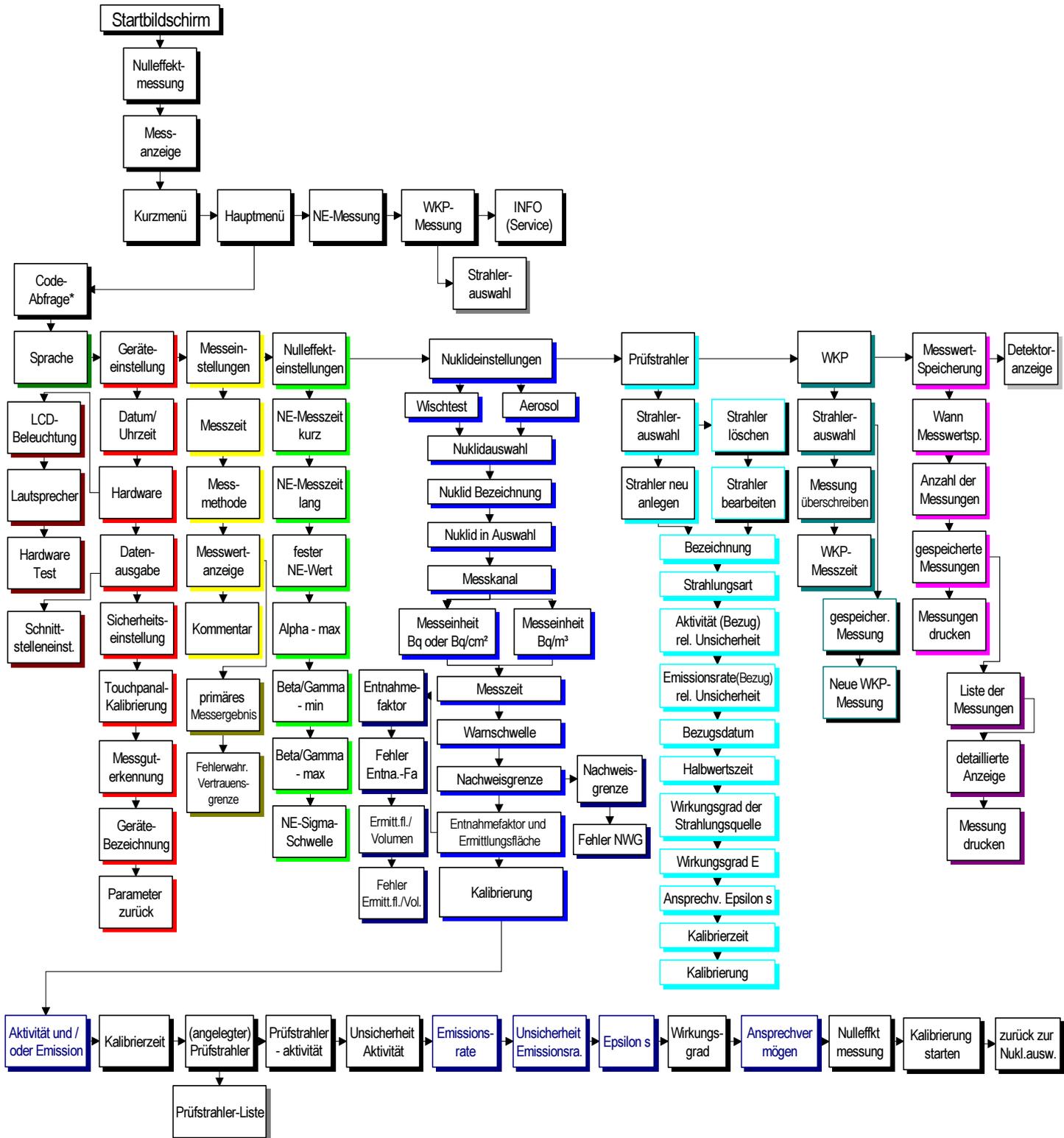
Die Szintillationssonde wird in einer aktivitätsarmen Bleiabschirmung betrieben. Die Amplitudenhöhe der von der Szintillationssonde zugeführten Impulse gibt Auskunft über die Strahlenart. Somit ist über eine Diskriminierung eine Alpha- Beta/Gamma Unterscheidung möglich. Die Impulsdichte ist äquivalent der Aktivität. Diese Impulse werden im Linearverstärker verstärkt den Diskriminatorstufen zugeführt und entsprechend ihrer Höhe in den zugehörigen Kanälen gespeichert. Ein automatischer Nulleffektabzug ist integriert, so dass der Messwert immer als Nettowert angezeigt wird.

Die verwendete Menütechnik und Bedienerführung gewährleistet eine einfache, schnelle und fehlerfreie Bedienung. Die Wirkungsgrade bzw. das Ansprechvermögen lassen sich für sechs Wischtestnuklide und sechs Aerosolnuklide automatisch ermitteln und speichern. Die Messung des Nulleffektes wird in den Messpausen durchgeführt und der Nulleffekt wird ständig am Bildschirm angezeigt.

Die "MESSWERTANZEIGE" erfolgt wahlweise als cps, Bq, Bq/cm² oder als Bq/m³. Je nachdem welches primäre Messergebnis zur Anzeige ausgewählt wurde, wird entweder der Messwert y , die obere Vertrauensgrenze y_{\triangleright} oder der beste Schätzer \hat{y} angezeigt

2 Menü-Übersicht

Die Programmstruktur des WIMP MC als Diagramm:



*falls im Menü aktiviert

** nur bei WIMP 60

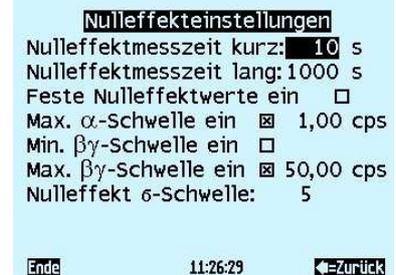
3 Konfiguration der Messoptionen in Hinblick auf die DIN 11 929

3.1 Konfiguration der Nulleffektmessung

Menü: Hauptmenü → Nulleffekteinstellungen

Für die DIN Norm 11 929 relevante Größe:

t_{NE} Messzeit Nulleffekt



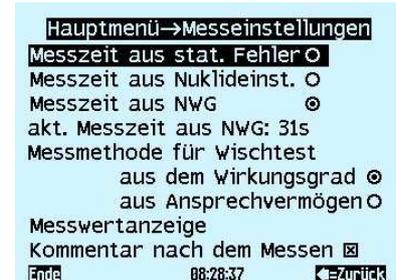
Sobald in dem Ringspeicher genug Werte sind ('Messdauer kurz'), ist die Messkammer messbereit. Es werden jedoch weiter Messwerte im Ringspeicher gespeichert, bis zur 'Messdauer lang'. Die nachfolgenden Einstellmöglichkeiten minimieren die Unsicherheit des Nulleffektes.

3.2 Eingabe der auf die Messung und das Nuklid bezogenen Größen

Menü: Hauptmenü → Messeinstellungen

Für die DIN Norm 11 929 relevante Größen:

t_B Messzeit Messung (in Abhängigkeit von verschiedenen Rahmengrößen)

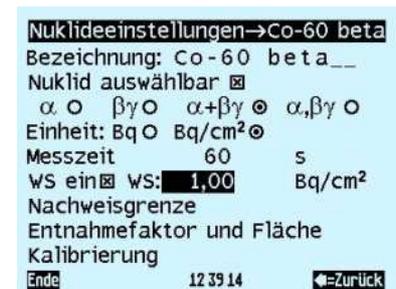


Menü: Hauptmenü → Nuklideinstellungen

Diese Konfiguration, die für ein Nuklid vorgenommen wird, wird für alle Messungen, die über dieses Nuklid gemessen werden, verwendet.

$y^\#$ Nachweisgrenze (für Berechnung der Messzeit aus $y^\#$)

k_{NWG} Fehlerwahrscheinlichkeit Nachweisgrenze NWG [%]



4 Anzeige der Messergebnisse

Nach Beendigung der Messung wird das ermittelte Messergebnis bis zum Schließen der Messlade angezeigt. Je nachdem, welcher Wert zur Anzeige im Menü ausgewählt wurde, wird direkt nach der Messung entweder der Messwert y , die obere Vertrauensgrenze $y^>$ oder der beste Schätzwert \hat{y} angezeigt. Darunter wird die Unsicherheit des angezeigten Wertes geschrieben (bei oberen Vertrauensgrenze nicht). Außerdem wird über die beiden Nulleffektwerte und die Nulleffektmesszeit informiert. Der Bericht, der aufgerufen werden kann, gibt Auskunft über den Messwert (mit Unsicherheit), die Erkennungs- und die Nachweisgrenze, den Vertrauensbereich (mit Fehlerwahrscheinlichkeit) und den besten Schätzwert (mit Unsicherheit). Es gibt die Möglichkeit, für die Messung einen Kommentar ein zu geben, die Messung zu drucken und zu speichern.

Anzeige nach Messung:

Wischnuklid: Co-60 A:300,0cm² WS-BY:1,00Bq/cm²
 NWG: 0,51Bq/cm² =Serie

$y^> = 0,28 \text{ Bq/cm}^2$

Messung beendet
 Bitte das Messgut entnehmen

α -NE: 0,00cps
 $\beta\gamma$ -NE: 3,62cps t_{NE} :13s

Bericht nach Messung:

Wischnuklid: Co-60 A:300,0cm² WS-BY:1,00Bq/cm²

Messwert:
 $y = 0,00 \text{ Bq/cm}^2$ $u(y) = 0,11 \text{ Bq/cm}^2$

Erkennungs- und Nachweisgrenze:
 $y^* = 0,22 \text{ Bq/cm}^2$ $y^{\#} = 0,51 \text{ Bq/cm}^2$

Vertrauensbereich: $\gamma = 5\%$
 $y^{\prime} = 0,00 \text{ Bq/cm}^2$ $y^{\prime\prime} = 0,15 \text{ Bq/cm}^2$

Bester Schätzwert:
 $\hat{y} = 0,05 \text{ Bq/cm}^2$ $u(\hat{y}) = 0,04 \text{ Bq/cm}^2$

12 16 36

Wird der Messwert gespeichert, können die Messwerte im Menü 'Messwertspeicherung | gespeicherte Messungen' angesehen werden. In der Detailansicht wird das Datum, die Uhrzeit, die Nulleffekte, das Nuklid, die Warnschwelle, die Messzeit, der Messwert (mit Unsicherheit), der Vertrauensbereich, der beste Schätzwert (mit Unsicherheit), die Erkennungs- und die Nachweisgrenze und, falls vor der Speicherung eingegeben, ein Kommentar aufgelistet. Die gespeicherten Messungen können alle auf einmal oder einzeln ausgedruckt werden.

Ansicht gespeicherter Messung:

gespeicherte Messung 26

Datum: 28.05.2014 13:16
 Nulleffekt: α : 0,05cps $\beta\gamma$: 4,93cps
 $\beta\gamma$ -Wischnuklid: Co-60
 Warnschwelle: 1,00Bq/cm²
 Messzeit: 10s
 Messwert: $y = 0,00 \text{ Bq/cm}^2$ $u(y) = 0,05 \text{ Bq/cm}^2$
 Vertrauensbereich: $y^{\prime} = 0,00 \text{ Bq/cm}^2$ $y^{\prime\prime} = 0,09 \text{ Bq/cm}^2$
 Bester Schätzer: $\hat{y} = 0,02 \text{ Bq/cm}^2$ $u(\hat{y}) = 0,02 \text{ Bq/cm}^2$
 EG und NWG: $y^* = 0,10 \text{ Bq/cm}^2$ $y^{\#} = 0,23 \text{ Bq/cm}^2$
 Kommentar: TEST

 Messung drucken
 13:18:11

5 Berechnungen

Verwendete Größen

FZ*	Einheit	Bemerkung	Bereich
I_B	Cps	Brutto-Impulsrate	0-10000
t_B	s	Messzeit	0-20000
I_{NE}	Cps	Nulleffekt-Impulsrate	0-10000
t_{NE}	s	Nulleffektmesszeit	0-20000
I	Cps	Netto-Impulsrate	0-10000
A_{PS}	Bq	Prüfstrahler-Aktivität	1-10000
$u_{rel}(A)$	%	Relative Unsicherheit des Prüfstrahler-Aktivität	1-100
$q_{2\pi PS}$	1/s	Prüfstrahler-Emissionsrate	1-10000
$u_{rel}(q_{2\pi})$	%	Relative Unsicherheit der Prüfstrahler-Emissionsrate	1-100
EF	%	Entnahmefaktor / Wischfaktor	1-100
$u_{rel}(EF)$	%	Relative Unsicherheit des Wisch-/ Entnahmefaktors	1-100
E	%	Wirkungsgrad des Nuklids	1-100
$u_{rel}(E)$	%	Relative Unsicherheit des Wirkungsgrads	1-100
ϵ_i		Ansprechvermögen	0 -1
$u_{rel}(\epsilon_i)$	%	Relative Unsicherheit des Ansprechvermögens	1-100
BG_A	cm ²	Bezugsgröße - Wischfläche	1-1000
$u_{rel}(BG_A)$	%	Relative Unsicherheit der Wischfläche	1-100
BG_V	m ³	Bezugsgröße - Durchsatzvolumen	0,1-99,9
$u_{rel}(BG_V)$	%	Relative Unsicherheit des Durchsatzvolumens	1-100
ϵ_s		Wirkungsgrad der Kontaminationsquelle	0,25; 0,5
γ	%	Fehlerwahrscheinlichkeit Vertrauensbereichgrenze	1;2,5;5;10;15
k		Statistischer Faktor (wird aus der Fehlerwahrsch. α berechnet)	siehe unten 'Hilfsgrößen'
A	Bq	Aktivität	
ER	1/s	Emissionsrate	
KF		Kalibrierfaktor	
y	Cps, Bq, Bq/cm ² , Bq/m ³	Messergebnis (Einheit je nach ausgewählten Nuklid und Einstellung)	
u(y)		Unsicherheit des Messwerts	
y^*		Erkennungsgrenze	
$y^\#$		Nachweisgrenze	
\hat{y}		Bester Schätzer	
u(\hat{y})		Unsicherheit des besten Schätzers	
y^\triangleleft		Untere Grenze des Vertrauensbereichs	
y^\triangleright		Obere Grenze des Vertrauensbereichs	

*FZ = Formelzeichen

Zusammenhang zwischen relativer und absoluter Unsicherheit: $u_{rel}(X) = \frac{100\% \cdot u(X)}{X}$

Umsetzung der DIN 11 929 bei WIMP MC Geräten

5.1 Netto-Impulsrate

$$I = I_B - I_{NE}$$

Der kleinste zulässige Wert für I ist 0.

5.2 WKP-Kalibrierung

$$E_{\text{Aktiv.}} = 100\% \frac{I}{A_{PS}}$$

$$KF_{\text{Emi.}} = \frac{q_{2\pi PS}}{I}$$

5.3 Kalibrierung

$$E = 100\% \frac{I}{A_{PS}}$$

$$\varepsilon_i = \frac{I}{q_{2\pi PS}}$$

5.4 Messwert-Berechnung

$$y = (I_B - I_{NE}) \cdot KF = I \cdot KF$$

bei Aktivitäts-Kalibrierung:

$$KF = \frac{\frac{100\%}{E} \cdot \frac{100\%}{EF}}{BG}$$

bei Emissions-Kalibrierung:

$$KF = \frac{\frac{1}{\varepsilon_i \cdot \varepsilon_S} \cdot \frac{100\%}{EF}}{BG}$$

5.5 WKP-Werte

$$A_{\text{soll}} = 100\% \frac{I}{E_{\text{Aktiv}}}$$

$$ER_{\text{soll}} = I \cdot KF_{\text{Emi.}}$$

5.6 Weitere Größen

Hilfsgrößen:

Relative Gesamtunsicherheit

$$\begin{aligned} u_{\text{rel}}(1) &= u_{\text{rel}}(E) \text{ oder } u_{\text{rel}}(\varepsilon_i) \\ u_{\text{rel}}(2) &= u_{\text{rel}}(\text{BG}) \text{ oder } 0 \\ u_{\text{rel}}(3) &= u_{\text{rel}}(\text{EF}) \text{ oder } 0 \\ (u_{\text{rel}}(x_i)) &= \text{weitere Unsicherheiten [\%]} \end{aligned}$$

$$u_{\text{rel}}(\text{ges}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{u_{\text{rel}}(x_i)}{100 \%} \right)^2}$$

Das zu der Wahrscheinlichkeit $1-\alpha$ (α : Fehlerwahrscheinlichkeit) gehörende Quantil der Normalverteilung um Mittelwert 0 mit der Standardabweichung 1:

α [%]	$k_{1-\alpha}$
1	2,32634787
2,5	1,95996398
5	1,64485363
10	1,28155157
15	1,03643339

ω = Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung ($y/u(y)$)

T = $1/t_B + 1/t_{NE}$

5.6.1 Standardunsicherheit

$$u(y) = \sqrt{KF^2 \cdot \left(\frac{I_B}{t_B} + \frac{I_{NE}}{t_{NE}} \right) + y^2 \cdot u_{\text{rel}}(\text{ges})^2}$$

5.6.2 Bester Schätzwert

$$\hat{y} = y + \frac{u(y) \cdot \exp\left\{\frac{-y^2}{2u^2}\right\}}{\omega \cdot \sqrt{2\pi}}$$

$$u(\hat{y}) = \sqrt{u(y)^2 - (\hat{y} - y)\hat{y}}$$

Umsetzung der DIN 11 929 bei WIMP MC Geräten

5.6.3 Erkennungsgrenze

$$y^* = k_{1-\alpha} \cdot KF \sqrt{I_{NE} \cdot T}$$

5.6.4 Nachweisgrenze

$$y^\# = \frac{2 \cdot y^* + k_{1-\alpha}^2 \cdot \frac{KF}{t_B}}{1 - k_{1-\alpha}^2 \cdot u^2}$$

Während der Messung wird überprüft, ob $y^\# < \text{Warnschwelle}$ ist. Wenn dies nicht der Fall ist, wird die Nachweisgrenze periodisch invers angezeigt.

5.6.5 Vertrauensgrenzen

$$p = \omega \left(1 - \frac{\gamma}{2} \right)$$

$$q = 1 - \left(\omega \cdot \frac{\gamma}{2} \right)$$

k_p : inverse Standardnormalverteilung (p) } die zur Wahrscheinlichkeit p bzw q
 k_q : inverse Standardnormalverteilung (q) } gehörenden Quantile der Normalverteilung

$$y^\triangleleft = y - k_p \cdot u(y)$$

$$y^\triangleright = y + k_q \cdot u(y)$$

5.6.6 Messzeit aus der Nachweisgrenze

$$\frac{1}{t_B} = \frac{y^\#}{ak} + 2 \frac{I_{NE}}{k^2} - \frac{2}{k} \sqrt{I_{NE} \left(\frac{1}{t_{NE}} + \frac{y^\#}{ak} + \frac{I_{NE}}{k^2} \right)}$$

mit dem Zwischenwert

$$a = \frac{\frac{k \cdot 100\%}{E \cdot BG}}{1 - k^2 u_{rel}^2(E)}$$

Für den cps-Modus und bei Doppelnukliden gibt es jeweils zwei Nachweisgrenzen; für den α -Anteil und den β -Anteil. Es wird für beide Anteile die Messzeit berechnet und dann die größere Messzeit für die Messung genommen.

5.6.7 Statistischer Fehler

ΣI : Impulssumme über die Messzeit

$$\text{statistischer Fehler: } e[\%] = \begin{cases} 99,8\%, & \Sigma I = 0 \\ \frac{200\%}{\sqrt{\Sigma I}}, & 0 < \Sigma I < 10^6 \\ 0,2\%, & \Sigma I > 10^6 \end{cases}$$

5.6.8 Berechnung der Aktivität bei einem Mischnuklid

Das Messgerät ist mit 2 Nukliden unabhängig voneinander kalibriert. Die Wirkungsgrade der beiden Nuklide seien E_1 und E_2 . Bei der Messung wird angenommen, dass eine Kontamination mit einer Mischung aus den beiden Nukliden vorliegt, wobei das Mischverhältnis x beträgt ($0 \leq x \leq 1$). Die rel. Unsicherheit des Mischverhältnisses ist $u_{rel}(x)$.

u_{rel} rel. Unsicherheit des Mischverhältnisses

Teilergebnis für Nuklid 1: $y_1 = (I_B - I_{NE}) \frac{1}{EF \cdot E_1}$

Teilergebnis für Nuklid 2: $y_2 = (I_B - I_{NE}) \frac{1}{EF \cdot E_2}$

Gesamtmessergebnis:

$$y = x \cdot y_1 + (1 - x) \cdot y_2 = (I_B - I_{NE}) \frac{1}{EF} \left(\frac{x}{E_1} + \frac{1 - x}{E_2} \right) = (I_B - I_{NE}) \frac{KF}{EF}$$

Dabei wird als Hilfsgröße der Kalibrierfaktor des Mischnuklids eingeführt, der wie folgt berechnet wird:

$$KF = \frac{x}{E_1} + \frac{1 - x}{E_2}$$

Unsicherheit des Gesamtmessergebnisses:

$$u^2(y) = w^2 \left(\frac{I_B}{t_B} + \frac{I_0}{t_{NE}} \right) + y^2 u_{rel}^2(EF) + y^2 u_{rel}^2(KF)$$

$$u^2(KF) = \left(\frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_2} \right)^2 x^2 u_{rel}^2(x) + \frac{x^2}{E_1^2} u_{rel}^2(E_1) + \frac{(1 - x)^2}{E_2^2} u_{rel}^2(E_2)$$

$$u_{rel}^2(KF) = \frac{u^2(KF)}{KF^2}$$