



FACHVERBAND FÜR STRAHLENSCHUTZ e.V.
Mitgliedsgesellschaft der International Radiation Protection Association (IRPA)

**Loseblattsammlung
Arbeitskreis
Inkorporationsüberwachung (AKI)**

**Inkorporationsüberwachung
durch Direktmessung
der Körperaktivität**

**FS-80-24-AKI
November 1980**

Als Manuskript gedruckt

FS-Berichte aus der Schriftenreihe des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V.

Zu beziehen durch das Sekretariat:

H. Brunner, Abt. SU, EIR, CH-5303 Würenlingen



	Blatt / Seite
1. Allgemeines.....	1 / 1
2. Ganzkörperzähler	
2.1 Begriffsbestimmungen.....	2 / 1
2.2 Aufbau von Ganzkörperzählern.....	2 / 2
2.2.1 Detektoren	
2.2.2 Abschirmungen	
2.3 Kenngrößen von Ganzkörperzählern.....	2 / 3
2.3.1 Meßgeometrie	
2.3.2 Nulleffekt	
2.4 Aktivitätsbestimmung.....	2 / 4
2.5 Nachweisgrenzen.....	2 / 5
2.6 Angabe der Ergebnisse.....	2 / 6
2.7 Formalitäten.....	2 / 7
3. Teilkörperzähler.....	3 / 1
4. Spezialzähler.....	4 / 1
5. Katalog.....	5 / 1 - 14
6. Literatur.....	6 / 1



Die Direktmessung der Körperaktivität nach Inkorporation eines Radionuklids ist nur möglich, wenn die emittierte Strahlung in ausreichendem Maße außerhalb des Körpers zu bestimmen ist. Als ausreichend wird angesehen, wenn Aktivitäten in Höhe von mindestens 1/20 der in der Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr nach Ablauf eines vorgegebenen Überwachungsintervalls bestimmt werden können.

In der Richtlinie des Bundesministeriums des Innern (BMI)/1/ werden Angaben über die geforderte Häufigkeit der Messungen gemacht:

effektive Halbwertszeit	Häufigkeit der Messung
> 30 Tage	halbjährlich
15 - 30 Tage	vierteljährlich
< 15 Tage	z.B. monatlich

Im Einzelfall muß die Häufigkeit so festgelegt werden, daß noch 1/20 der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr erkannt werden können.

Bei Radionukliden mit kurzer effektiver Halbwertszeit kann diese Forderung zu unrealistisch kurzen Überwachungsintervallen führen. In diesen Fällen sind besondere Maßnahmen zu treffen (z.B. Raumluftüberwachung bei Jod).

Es werden verschiedene Meßanordnungen verwendet, die entweder die gesamte Körperaktivität (Ganzkörperzähler, Blatt 2) oder nur eine Teilkörperaktivität (Teilkörperzähler, Blatt 3) erfassen. Spezielle Teilkörperzähler werden für den Nachweis bestimmter Radionuklide eingesetzt (z.B. niederenergetische Quantenstrahler, Blatt 4).

folgt Seite 1/2



Die durch Direktmessung festgestellte Körperaktivität muß zur Bestimmung der resultierenden Körperdosis auf den Zeitpunkt der Inkorporation extrapoliert werden. Zu diesem Zweck können die Retentionsfunktionen der jeweiligen Radionuklide herangezogen werden, die in den Veröffentlichungen der ICRP (ICRP Publ. 2,6,10,10a)/2/ enthalten sind. Bei Inhalation von Radionukliden können für Lungenmessungen Tabellen herangezogen werden, die in der Loseblattsammlung des AKI Biokinetik /3/ veröffentlicht sind.

Mit Hilfe der extrapolierten Körperaktivität ist der Zufuhrwert abzuschätzen. Aus diesen Werten wird die Körperdosis unter Verwendung der Berechnungsgrundlagen des BMI mit den angegebenen Dosisfaktoren ermittelt.



2.1. Begriffsbestimmungen

Ganzkörperzähler sind Meßeinrichtungen, die es gestatten, Radionuklide im menschlichen Körper durch eine direkte, externe Messung nachzuweisen und ihre Aktivität zu bestimmen.

Mit Ganzkörperzählern sind Aktivitätsmessungen von Radionukliden möglich, die Gammastrahlen und Röntgenstrahlen mit Quantenenergien größer als 20 keV emittieren. Darüberhinaus können Radionuklide mit hochenergetischer Betastrahlung ($E_{\beta \text{ max}}$ größer als 1 MeV) über ihre Bremsstrahlung nachgewiesen werden.

Im Normalfall wird mit Ganzkörperzählern nur die gesamte inkorporierte Aktivität gemessen. Mit Zusatzeinrichtungen wie Kollimatoren, Teilabschirmungen oder Scanverfahren können sie auch zur Bestimmung der Aktivitätsverteilung im Organismus eingesetzt werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß mit steigender Lokalisationsfähigkeit die Nachweisempfindlichkeit abnimmt.

Einige für den Strahlenschutz wichtige Radionuklide (z.B. ^{239}Pu , ^{238}U , ^{125}J) lassen sich aufgrund ihrer physikalischen und biologischen Eigenschaften mit Ganzkörperzählern nur unzureichend nachweisen. Zum Nachweis dieser Nuklide werden Zähler mit speziellen Detektoren und Meßgeometrien eingesetzt, die Aktivitätsbestimmungen der betreffenden Nuklide in Teilbereichen wie Lunge, Leber oder Schilddrüse gestatten. (Siehe Blatt 3 und 4)



2.2. Aufbau

Ganzkörperzähler bestehen aus einem oder mehreren Detektoren, entsprechenden elektronischen Geräten zur Gammastrahlenspektrometrie und einer Meßkammer, die zur Abschirmung der Detektoren gegen Umgebungs- und Höhenstrahlung dient.

2.2.1 Detektoren

Als Detektoren werden hauptsächlich NaJ(Tl)-Kristalle verwendet. Gebräuchlich sind Kristalle mit 5 - 25 cm Durchmesser und Dicken von 5 - 15 cm. Die Kristallumhüllung - Stahl Aluminium oder Beryllium - ist mitbestimmend für die Nachweisempfindlichkeit bei niedrigen Quantenenergien.

Eine spezielle Art von Ganzkörperzählern benutzt organische Detektoren, die meistens in Zylinderform in 2π - oder 4π -Geometrie um den zu messenden Menschen angeordnet sind. Diese Zähler haben wegen der guten Meßgeometrie eine hohe Nachweisempfindlichkeit bei kurzer Meßzeit, ihr energetisches Auflösungsvermögen und damit die Identifizierbarkeit unbekannter Radionuklide ist jedoch gering, so daß diese Geräte nur in wenigen Fällen (Verlaufsmessungen bei bekannten Radionukliden) im Strahlenschutz eingesetzt werden können.

In den Fällen, in denen ein besonders hohes Energieauflösungsvermögen erforderlich ist, werden auch Halbleiterdetektoren eingesetzt.

2.2.2 Abschirmungen

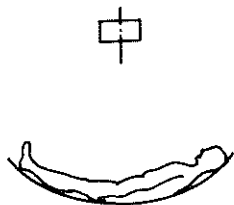
Abschirmungen für Ganzkörperzähler bestehen aus Materialien hoher Dichte (Blei, Stahl) oder aus Materialien, die in grosser Schichtdicke angewandt werden können (Wasser, Quarzsand). Die Meßräume sind meistens allseitig von Abschirmmaterial umschlossen. Als Eingänge sind Dreh- und Schiebetüren sowie Labyrintheingänge in Gebrauch. Je nach Art und Dicke der Abschirmung läßt sich der Nulleffekt um den Faktor 50 bis 150 reduzieren. Der verbleibende Nulleffekt begrenzt die Nachweisempfindlichkeit des Zählers.

2.3. Kenngrößen

2.3.1 Meßgeometrie

Abhängig von Meßproblem, Art, Zahl und Dimension der Detektoren werden die Messungen in verschiedenen geometrischen Anordnungen von Detektoren und zu messender Person durchgeführt.

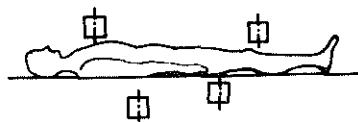
Die gebräuchlichsten Meßgeometrien zeigt die folgende Abbildung:



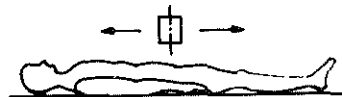
Eindetektor-Bogen



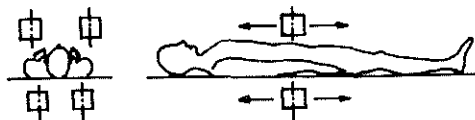
Eindetektor - Stuhl



Mehrdetektor - Stretcher



Eindetektor - Scanning



Mehrdetektor - Scanning

Abb. Blatt 2 Seite 3/1
Meßgeometrien bei Ganzkörperzählern.

folgt Seite 3/2



2.3. Kenngrößen

Es hat sich gezeigt, daß einige der abgebildeten Meßgeometrien für die Lösung bestimmter Probleme Vorteile bringen. Für Strahlenschutzmessungen ist es jedoch praktisch gleichgültig, welche dieser Meßanordnungen benutzt wird; denn für die meisten Radionuklide können Aktivitäten nachgewiesen werden, die weit unter 1/20 der Grenzwerte der Jahresaktivitätszufuhr liegen.

2.3.2 Nulleffekt

Unter dem Nulleffekt wird die Zählrate verstanden, die sich ohne Meßperson ergibt. Der Nulleffekt hängt ab von der Zahl und der Größe der Detektoren, von der Güte der Abschirmung und von einigen Faktoren wie Eigenradioaktivität der verwendeten Materialien, Luftaktivität u.ä.

Impulsrate/Kanal (min^{-1})

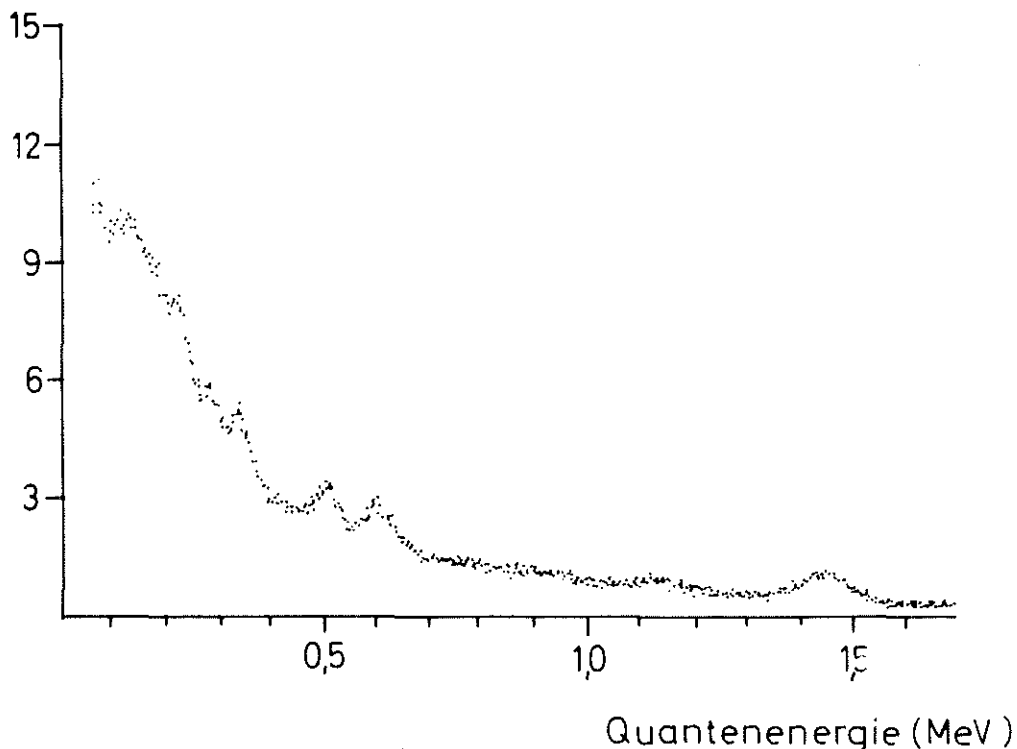


Abb. Blatt 2 Seite 3/2
Nulleffektsspektrum eines Ganzkörperzählers mit zwei
8"x7" - NaJ-Detektoren.



2.4. Aktivitätsbestimmung

Das Bruttospektrum einer gemessenen Person wird in einzelne Energiebereiche ΔE_j aufgeteilt, deren Lage und Breite von den einzelnen Betreibern der Ganzkörperzähler festgelegt sind.

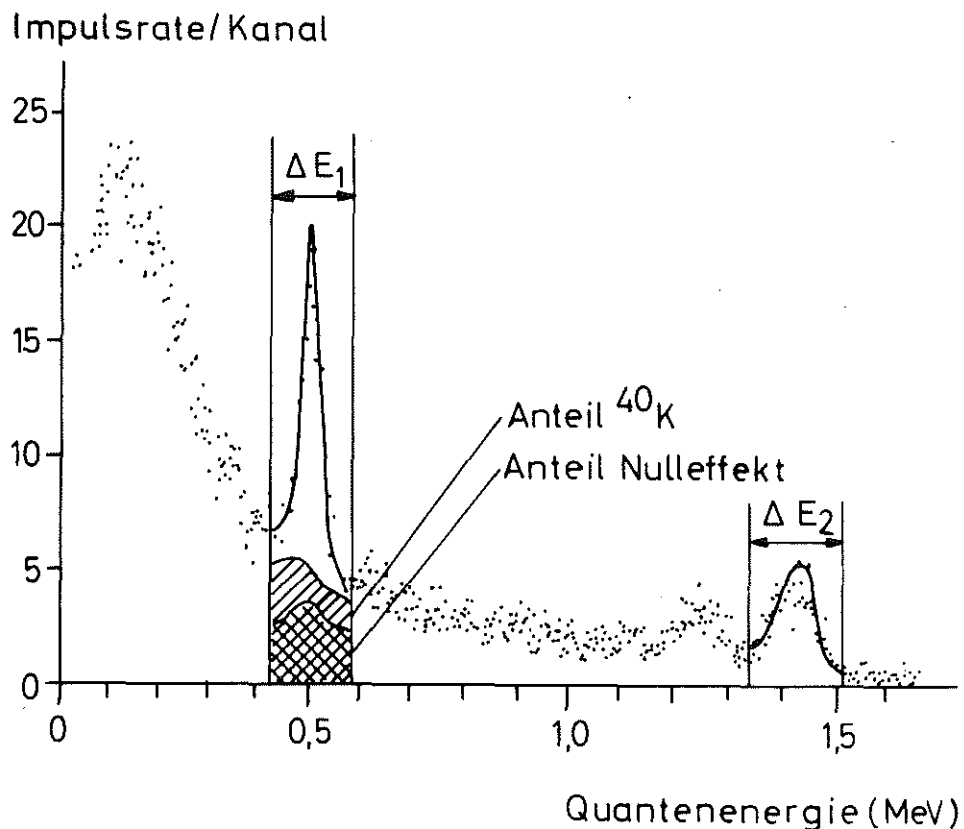


Abb. Blatt 2 Seite 4/1
Bruttospektrum bei Inkorporation von ^{22}Na

Sind N Nuklide inkorporiert, so ergibt sich im Energiebereich ΔE_j bei der Meßzeit t die Bruttoimpulszahl Z_j :

$$(1) \quad Z_j = Z_{j0} + \sum_{i=1}^N Z_{ji}$$

mit Z_{j0} = Impulszahl des Nulleffekts im Energiebereich ΔE_j
 Z_{ji} = Impulszahl des i -ten Nuklids im Energiebereich ΔE_j
 folgt Seite 4/2



2.4. Aktivitätsbestimmung

Da Z_{ji} proportional zur Aktivität ist

$$(2) \quad Z_{ji} = q_{ji} \cdot A_i$$

mit q_{ji} = Kalibrierfaktor für das i -te Nuklid im Energiebereich ΔE_j

A_i = Aktivität des i -ten Nuklides

folgt für die Aktivität eines Nuklides k :

$$(3) \quad A_k = 1/q_{jk} (Z_j - Z_{j0} - \sum_{i \neq k}^N Z_{ji}) = 1/q_{jk} (Z_j - Z_{j0} - \sum_{i \neq k}^N q_{ji} \cdot A_i)$$

Die Kalibrierfaktoren q_{ji} für die einzelnen Nuklide werden im allgemeinen aus Messungen an Phantomen mit bekannten Aktivitäten bestimmt. Dabei wird angestrebt, daß die Aktivitätsverteilung im Phantom der Verteilung des Nuklides oder seiner für den Strahlenschutz wichtigen Verbindungen im menschlichen Organismus möglichst nahe kommt. Es ist nicht notwendig, daß für alle in Frage kommenden Radionuklide die Kalibrierfaktoren einzeln gemessen werden. Bei Nukliden, die im Körper in gleichmäßiger Verteilung vorliegen, genügt es, nur für einige Nuklide mit unterschiedlichen Gammastrahlenenergien diese Faktoren zu messen und daraus eine Kalibrierkurve (bezogen auf 100% Gammastrahlenemissionswahrscheinlichkeit) zu erstellen.

Mit Hilfe von Gl.(3) können die Aktivitäten der inkorporierten Radionuklide berechnet werden. Diese Rechnungen werden relativ umfangreich, wenn mehrere Radionuklide inkorporiert wurden. Es müssen dann Methoden wie Spektrumstripping oder Berechnungen überbestimmter Gleichungssysteme angewandt werden, die bei manueller Berechnung sehr zeitraubend sind. Für Strahlenschutzzwecke kann eine vereinfachte Auswertung - zum Beispiel durch Subtraktion eines linear oder exponentiell interpolierten Untergrundes - ausreichend sein.



2.5. Nachweisgrenzen

Entsprechend der Gleichung (3) (Blatt 2 Seite 4/2) ergibt sich der Fehler von Aktivitätsbestimmungen aus der Genauigkeit, mit der die Kalibrierfaktoren q_{ji} und die Impulsraten Z_{ji} bestimmt werden können.

Der Fehler der Kalibrierfaktoren beruht hauptsächlich auf den geometrischen Unterschieden zwischen Kalibrierphantom und menschlichem Körper sowie auf der unterschiedlichen Aktivitätsverteilung im Phantom und im Organismus. Es ist nicht möglich, diese Fehler für jede Einzelmessung exakt anzugeben. Im Mittel liegen sie -wie Abschätzungen und Vergleichsmessungen ergaben - in der Größenordnung von 10%.

Der Fehler der Impulszahlen ist statistischer Natur und hängt von Meßzeit, Nulleffekt und Aktivität der inkorporierten Radionuklide ab. Er muß gegebenenfalls im Einzelfall bestimmt werden.

Dies gilt auch für die minimal feststellbare Aktivität (MFA)* eines Nuklides. Sie wird definiert:

$$(4) \quad MFA_{jk} = 3 \cdot \sqrt{Z_b} / q_{jk}$$

mit $Z_b =$ Bruttountergrund $= Z_{j0} + \sum_{i \neq k}^N Z_{ji}$

Um die Eignung von Ganzkörperzählern für den Nachweis vorgegebener Aktivitäten beurteilen und untereinander vergleichen zu können, wird der Begriff "Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität" (GMFA)* eingeführt. Der Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität ergibt sich aus der minimal feststellbaren Aktivität unter der Voraussetzung, daß keine weiteren Nuklide inkorporiert sind:

$$(5) \quad GMFA_{jk} = 3 \cdot \sqrt{Z_{j0}} / q_{jk}$$

folgt Seite 5/2





2.5. Nachweisgrenzen

mit q_{jk} = Kalibrierfaktor für das betreffende Nuklid k im Energiebereich ΔE_j bezogen auf eine Meßzeit von 20 Minuten.

q_{jk} wird bestimmt aus Messungen mit einem Wasserphantom ($m = 70$ kg, $l = 170$ cm), das die Aktivität in gleichmäßiger Verteilung enthält.

Z_{j0} = Impulszahl des Nulleffektes im gleichen Energiebereich, gemessen in 20 Minuten ohne Phantom.

* -----
MFA und GMFA wurden im Arbeitskreis "Inkorporationsüberwachung" des Fachverbandes für Strahlenschutz eV anhand von Überlegungen über die zu fordernde Genauigkeit für den speziellen Fall von Ganzkörpermessungen und für den Vergleich von Ganzkörperzählern untereinander definiert.





2.6. Ergebnisse

Im Normalfall wird eine Aktivitätsbestimmung als einmalige Messung durchgeführt. Das Messergebnis wird angegeben in der Form :

Inkorporiertes Nuklid	Aktivität in μCi (kBq)	Fehler
..... (.....)
..... (.....)
..... (.....)

Eine Inkorporation weiterer Nuklide, deren Aktivität über der Nachweisgrenze des Zählers liegt, konnte nicht festgestellt werden.

Als Fehler wird der mittlere prozentuale 2-Sigma Fehler der Nettoimpulsrate Z_{jk} angegeben, aus der die Aktivität A_k berechnet wurde. Er ergibt sich nach (3) (Bl.2,S.4.2) zu:

$$200 \cdot \sqrt{Z_j + Z_b} / Z_{jk}$$

Das Ergebnis einer einzelnen Messung ist in den meisten Fällen für Strahlenschutz zwecke ausreichend; insbesondere dann, wenn die inkorporierten Aktivitäten gering sind und auf Aktivitätszufuhrwerte schließen lassen, die unter den in der "Richtlinie zur physikalischen Strahlenschutzkontrolle" definierten Überprüfungsschwellen liegen.

Es ist jedoch zu beachten, daß eine Einzelmessung keine Aussage liefert über:

- den möglichen Inkorporationszeitpunkt
- die Verteilung der Nuklide im Körper
- die biologische HWZ eines Nuklids oder seiner Verbindungen
- Kontamination oder Inkorporation

folgt Seite 6/2





2.6. Ergebnisse

Ohne Kenntnis dieser Größen können Fehleinschätzungen der Zufuhrwerte und damit auch der Körperdosis vorkommen. Bei Grenzfällen können daher mehrere aufeinanderfolgende Messungen (Verlaufskontrolle) angezeigt sein, die eine bessere Abschätzung erlauben.

Verlaufskontrollen werden immer dann notwendig, wenn der Verdacht besteht, daß neben einer Inkorporation eines kurzlebigen Nuklides mit höherer Aktivität auch solche mit niedriger kleinerer Aktivität eines langlebigen Nuklids mit ähnlicher Quantenenergie inkorporiert wurden.

Die Zeitpunkte der Messungen und die Form der Ergebnisangabe bei Verlaufsmessungen richten sich nach dem Einzelfall.



2.7. Formalitäten

Anmeldungen zur Ganzkörpermessung (vorherige Terminabsprache ist wünschenswert) sollten möglichst schriftlich erfolgen und folgende Angaben enthalten über:

1. die Institution, die die Messung veranlaßt hat :

Name
Adresse
Strahlenschutzbeauftragter

2. die zu messende Person :

Name, Vorname
Geburtsdatum
Adresse
Beschäftigungstelle

3. die Inkorporationsumstände :

vermutlich inkorporierte Nuklide
ihre chem. Verbindung
ihre phys. Beschaffenheit (Staub, Lösung, u.ä.)
Inkorporationszeitpunkt bzw. Intervall
Inkorporationsweg (Inhalation, Ingestion,
Kontamination)
bereits durchgeführte Strahlenschutzmessungen
eventuell vorausgegangene medizinische Be-
handlungen mit Radionukliden



Teilkörperzähler ermöglichen durch geeignete Kollimation oder Abschirmung einen Teilbereich des Körpers zu erfassen (siehe 3.1.). Sie dienen dem Nachweis spezieller Radionuklide in bestimmten Organen (Schilddrüsen-Zähler siehe 3.2.1, Lungenzähler siehe 3.3.2, Wundmonitor siehe 3.2.3). Für spezielle Radionuklide mit niederenergetischer Quantenstrahlung werden für die meisten Teilkörpermessungen besondere Meßanordnungen verwendet (siehe 4.).

- 3.1 Begriffsbestimmungen
- 3.2 Aufbau
 - 3.2.1 Schilddrüsenzähler
 - 3.2.2 Lungenzähler
 - 3.2.3 Wundmonitor





Zum Nachweis von Uran, Plutonium oder anderen Transuranelementen werden spezielle Meßanordnungen eingesetzt, die bevorzugt zum Nachweis kleiner Aktivitäten niederenergetischer Quantenstrahler entwickelt wurden.

Sie bestehen entweder aus Proportionalzählern mit Gasdurchfluß oder einmaliger Gasfüllung (siehe 4.2) oder aus geeigneten Kombinationen von NaJ- und CsJ-Kristallen (siehe 4.2).

4.1 Begriffsbestimmungen

4.2 Aufbau



5.1. Messanlage Seibersdorf

1. Allgemeine Angaben

Institution: Oesterreichisches Forschungszentrum
Seibersdorf GmbH
Institut für Strahlenschutz
Adresse: Forschungszentrum Seibersdorf
A-2444 Seibersdorf
verantw. Leiter: Prof. Dipl. Ing. Dr. H. Sorantin
Dr. F. Steger
Anmeldung: Mo-Do (8.30h-17h) in Ausnahmefällen
Fr (8.30h-13h)
Tel: 02254/80/2555 0222/67-68-373
02254/80/2560 0222/94-68-474

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Einfacher Körperzähler für Radionuklide mit Gammaenergie größer 100 keV. Nach Umbau der Detektorenabschirmung kann der Zähler auch als Teilkörperzähler für Schilddrüse, Nieren, Leber bzw. Messungen der Lungenflügel eingesetzt werden./4/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: Rückenabschirmung : 5 cm Blei
Detektorabschirmung: 2-4 cm Blei
Schilddrüsenmonitor: 1-2 cm Blei

Detektoren: 2 NaJ(Tl) 3" x 3"
1 NaJ(Tl) 2" x 1" Schilddrüsenmonitor

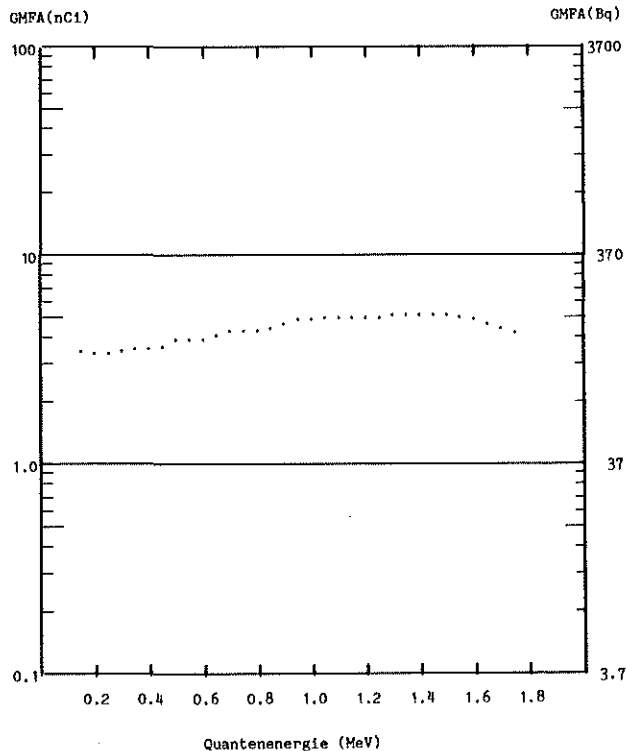
Meßgeometrie: Bei der Standardmeßgeometrie befindet sich Detektor Nr. 1 über dem Magen-Darm-Trakt, Detektor Nr. 2 über der Lunge. Der Körperabstand beträgt 8 cm.
Für den Schilddrüsenmonitor beträgt der Detektorabstand 5 cm.

Meßzeit : 1000 sec

Auflösungsvermögen : 6,8 % für ¹³⁷Cs

Auswertung : Das gemessene Gammaskpektrum wird mit einer Siemens 4004 oder manuell ausgewertet.
Auswertzeit mit Computer: ca. 30 min.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.2. Messanlage Döttingen

1. Allgemeine Angaben

Institution: Kernkraftwerk Beznau

Adresse: Ch 5312 Döttingen

verantw. Leiter: T. Samuel

Anmeldung: Mo-Fr (8h-17h)

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Teilkörperzähler zur Messung von Gammanukliden im Thorax.

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: keine

Detektoren: 1 Geli-Detektor 45 cm³

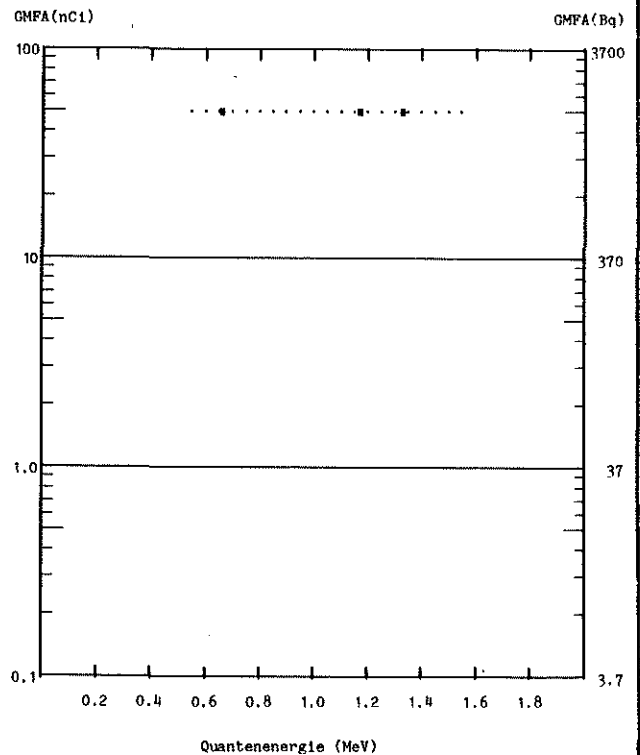
Meßgeometrie: Detektor wird auf Thorax aufgesetzt.

Meßzeit : 5 min

Auflösgevm. : 2.5 keV

Auswertung : Das gemessene Gammaskpektrum wird manuell ausgewertet.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)







5.3. Messanlage Berlin

1. Allgemeine Angaben

Institution: Freie Universität Berlin
Klinikum Steglitz
NE 10 - Ganzkörperzähler/ER
Adresse: Hindenburgdamm 30
.1000 Berlin 45
verantw. Leiter: Prof.Dr.-Ing.P.Koeppel
Dr.-Ing.C.Hamann
Anmeldung: Mo-Fr (8h-17h) in Ausnahmefällen
Tel: 798 28 43 798 22 22
798 34 19

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquantenenergien größer 20 keV und für Radionuklide mit Betamaximalenergien größer 1 MeV. Der Zähler kann auch als Teilkörperzähler zur Messung der Schilddrüse eingesetzt werden.
/5/, /6/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 10cm Blei + 1 mm Kupfer
Innenmaße: 2.3m x 1.47m x 2.0m

Detektoren: 4 NaJ(Tl) 15.2 cm x 12.5 cm

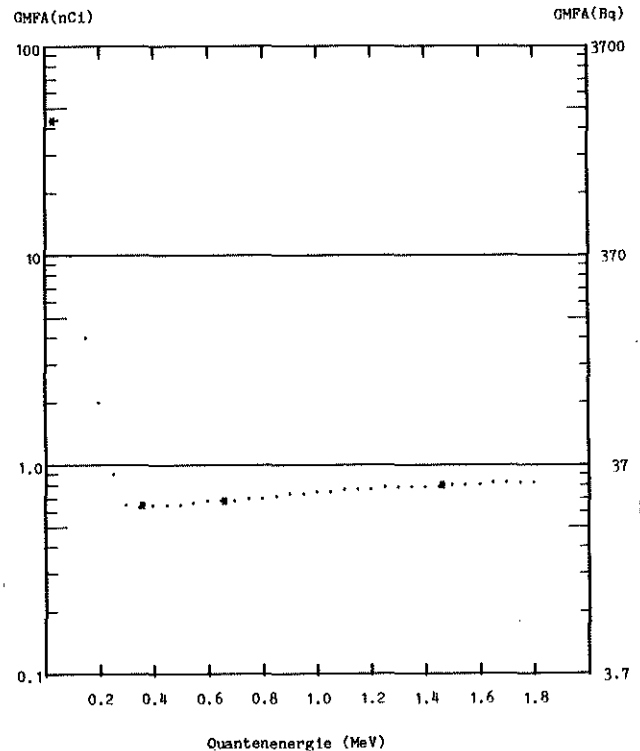
Meßgeometrie: Mehrfachdetektor-"Stretcher"

Meßzeit : 20 min

Auflösungsvermögen : 10% für ¹³⁷Cs

Auswertung : Das gemessene Gammapektrum wird mit Hilfe eines Online-Prozessrechners ausgewertet.
Auswertzeit: ca. 1 min.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.4. Messanlage Düsseldorf

1. Allgemeine Angaben

Institution: Zentralstelle für Sicherheitstechnik
Strahlenschutz und Kerntechnik
des Landes Nordrhein-Westfalen
Adresse: Gurliittstr. 53 a
4000 Düsseldorf
verantw. Leiter: Dr. Haack
Dr. Erlenbach
Anmeldung: Mo-Fr (7.30h-16h) in Ausnahmefällen
Tel: 0211/343003 0241/526745
0211/401142
02101/64793

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquantenenergien größer 100 keV und für Radionuklide mit Betamaximalenergien größer 1 MeV.

1 Teilkörperzähler zur Messung von ^{131}J in der Schilddrüse.
1 Teilkörperzähler zur Messung von ^{125}J in der Schilddrüse.
//

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: (von aussen nach innen) 30 cm Beton,
60 cm Dolomitsand, 15 cm Stahl, 2 cm
Blei, 0.3 cm Altblei.
Innenmaße: 3.0 m x 1.46 m x 2.08 m
Detektoren: 1 NaJ(Tl) 29 cm x 10 cm
1 NaJ(Tl) 7.5 cm x 7.5 cm
1 NaJ(Tl) 7.5 cm x 0.6 cm

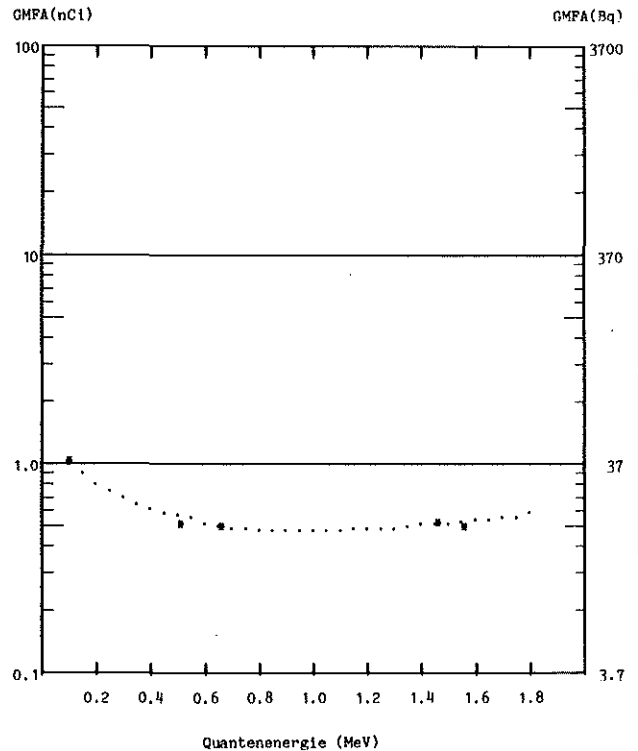
Meßgeometrie: Eindetektor-Stuhl

Meßzeit : 10 min

Auflösgevm. : 10.5% für ^{137}Cs

Auswertung : Das gemessene Gammaspektrum wird manuell
mit Tischrechner ausgewertet. Auswertzeit: 10 min.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.5. Messanlage Frankfurt

1. Allgemeine Angaben

Institution: Gesellschaft für Strahlen- und
Umweltforschung m.b.H.München
Abtlg.: Biophysikal. Strahlenforschung
Adresse: Paul-Ehrlich-Str.20
6000 Frankfurt am Main
verantw. Leiter: Dr.E.Werner
Anmeldung: Mo-Fr (9h-17h) in Ausnahmefällen
Tel: 0611/6303310 06190/5488

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquanten-
energien größer 60 keV und für Radionuklide mit Betamaximal-
energien größer 1 MeV. //
1 Teilkörperzähler zur Messung von ^{125}J .

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 2 m Beton, 16 cm Stahl
Innenmaße: 2.24m x 2.12m x 1.88m

Detektoren: 1 NaJ(Tl) 8"x4"

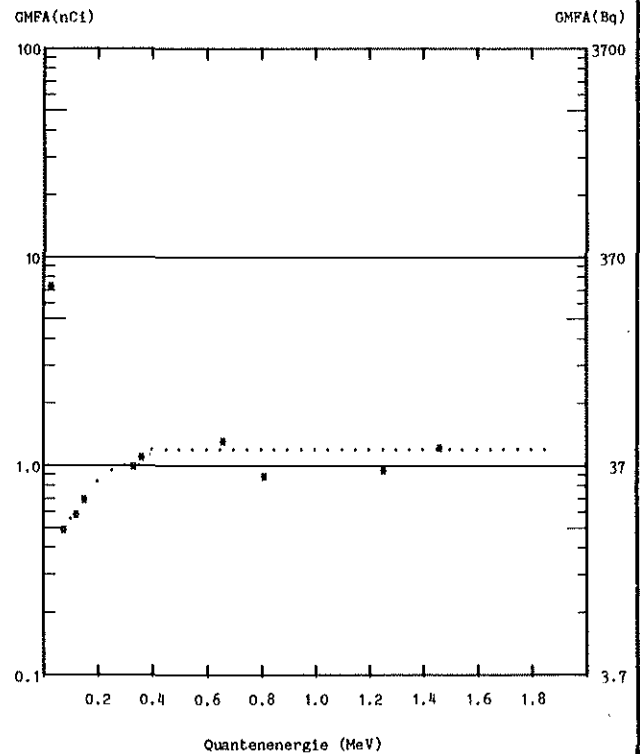
Meßgeometrie: Eindetektor-Stuhl-Anordnung

Meßzeit : 10 - 20 min

Auflösungsvermögen : 8 - 9% für ^{137}Cs

Auswertung : Das gemessene Gammaskpektrum wird manuell
ausgewertet.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.6. Messanlage Heidelberg

1. Allgemeine Angaben

Institution: Deutsches Krebsforschungszentrum
Institut für Nuklearmedizin
Heidelberg
Adresse: Im Neuenheimer Feld 280
6900 Heidelberg 1
verantw. Leiter: Dr. R. Bader
K. Mürer
Anmeldung: Mo-Fr (9h-16h) in Ausnahmefällen
Tel: 06221/484571 06221/13385
06221/442191

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquantenenergien größer 122 keV und für Radionuklide mit Betamaximalenergien größer 200keV. Der Zähler kann auch als Teilkörperzähler für beliebige Körperregionen eingesetzt werden.
/8/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 15cm Stahl, 5mm Bleinnenauskleidung

Detektoren: 4 NaJ(Tl) 6"x4"
1 Ge(Li)-Detektor (125 cm Zählvolumen)
Durch variable Schlitzeblende können auch hohe Intensitäten (mCi) gemessen werden. Durch fokussierende Bleikollimatoren wird eine räumliche Auflösung in Körperlängsrichtung von 5 cm bei Energien bis 1 MeV erreicht.

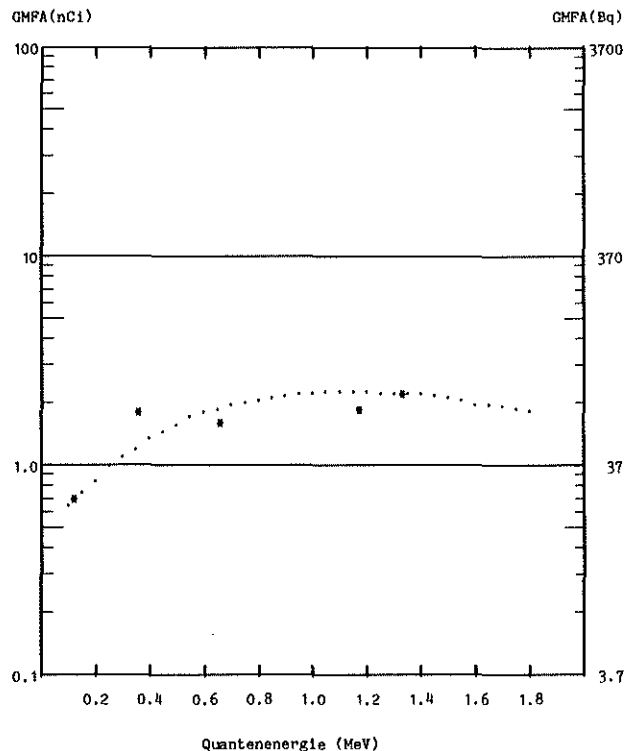
Meßgeometrie: Mehrdetektor-Scanning.
Der Patient scannt auf der Liege (Scannweg 2 m) in Körperlängsrichtung durch einen Meßtunnel von 45 cm Höhe, 80 cm Breite und 120 cm Länge.

Meßzeit : 10 min

Auflösungsvermögen : 9% für ^{137}Cs

Auswertung : Das gemessene Gammapektrum wird mit Hilfe eines Computers ausgewertet.
Auswertzeit: ca. 1 Minute

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.7. Messanlage Homburg

1. Allgemeine Angaben

Institution: Institut für Biophysik
der Universität des Saarlandes

Adresse: Landeskrankenhaus
6650 Homburg (Saar)

verantw. Leiter: Prof. Dr. H. Muth
Dr. R. Kunkel

Anmeldung: Mo-Fr (8h-17h) in Ausnahmefällen
Tel: 06841/162687 06372/8304
06841/60119

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquantenenergien größer 20 keV und für Radionuklide mit Betamaximalenergien größer 1 MeV. Der Zähler kann auch als Teilkörperzähler zur Messung von ^{125}J in der Schilddrüse eingesetzt werden.

/7/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 20cm Stahl.
Innenmaße: 2m x 2m x 1m

Detektoren: 1 NaJ(Tl) 8"x7" 0,4 mm Fe-Ummantelung
1 NaJ(Tl) 8"x7" 0,2 mm Al-Fenster

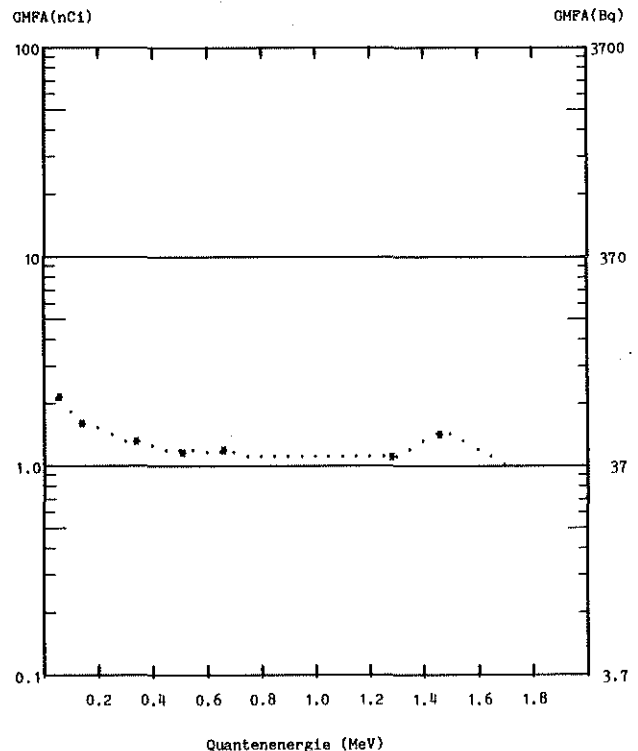
Meßgeometrie: Zweidetektorscanning. Jeder Detektor durchläuft die Hälfte der Meßstrecke. Die Scangeschwindigkeit ist eine Funktion der Detektorstellung. Dadurch wird weitgehend Ortsunabhängigkeit erreicht.

Meßzeit : 10 min

Auflösungsvm. : 9% für ^{137}Cs

Auswertung : Das gemessene Gammapektrum wird mit Hilfe von Kalibrierspektren nach der Methode der kleinsten Quadrate optimiert. Auswertzeit mit Oneline-Tischrechner: 2 min.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.8. Messanlage Jülich

1. Allgemeine Angaben

Institution: Amtlich anerkannte Inkorporations-
meßstelle d. Kernforschungsanlage
Jülich, Zentr. abtl. Strahlenschutz

Adresse: Postfach 365
5170 Jülich

verantw. Leiter: Dr. R. Rose
Dipl. Ing. J. Meringdal

Anmeldung: Mo-Fr (8h-17h) in Ausnahmefällen
Tel: 02461/615081 02461/3720
02461/616084 02461/615222

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquanten-
energien größer 30 keV und für Radionuklide mit Betamaximal-
energien größer 1 MeV. Der Zähler kann auch als Teilkörper-
zähler für alle Körperteile eingesetzt werden.

/9/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 15 cm Stahl, 3mm Blei
Innenmaße: 2.20m x 1.55m x 2.0m

Detektoren: 4 NaJ(Tl) 4" x 2"

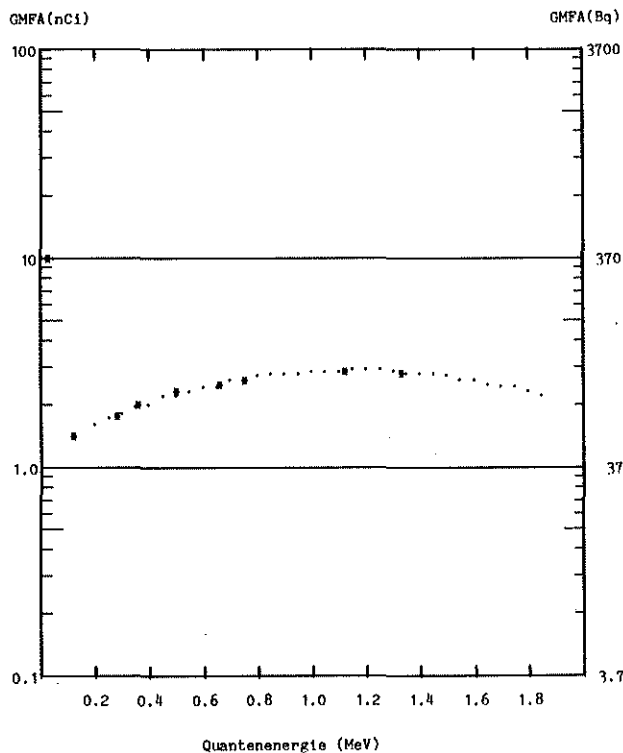
Meßgeometrie: Mehrdetektor-Stretcher

Meßzeit : 15 min

Auflösungsvm. : 8% für ^{137}Cs

Auswertung : Peakanalyse über EDV nach Gaußschem Aus-
gleichsverfahren unter Zugrundlegung eines
glockenförmigen Peaks mit exponentiellen
Untergrund.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.9. Messanlage Karlsruhe

1. Allgemeine Angaben

Institution: Kernforschungszentrum
Karlsruhe GmbH

Adresse: Postfach 3640
7500 Karlsruhe

verantw. Leiter: E. Piesch
H. Doerfel

Anmeldung: Mo-Fr (8h-17h)
Tel: 07247/822094

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquantenenergien größer 122 keV. Der Zähler kann auch als Teilkörperzähler für Radionuklide in der Lunge, im Magen-Darm-Trakt, in den Nieren und in der Schilddrüse eingesetzt werden.
/10/, /11/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 15.2 cm Stahl, 0.96 cm Blei
Innenmaße: 2.3m x 1.8m x 2.1m

Detektoren: 4 NaJ(Tl) 11.4 cm x 8.9 cm

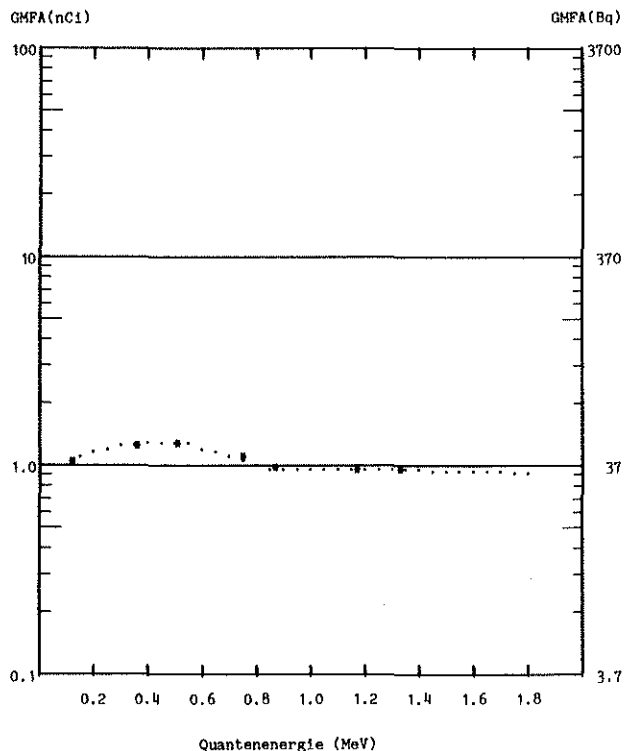
Meßgeometrie: Multidetektor-"Stretcher"

Meßzeit : 5 min

Auflösungsvermögen : 9.8% für ^{137}Cs

Auswertung : Das gemessene Gammapektrum wird manuell mit Tischrechner ausgewertet.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.10. Messanlage Neuherberg

1. Allgemeine Angaben

Institution: Gesellschaft für Strahlen- und
Umweltforschung mbH München

Adresse: Ingolstädter Landstr. 1
8042 Neuherberg

verantw. Leiter: A. Böhne

Anmeldung: Mo-Fr (8h-16h) in Ausnahmefällen
Tel: 089/3874351 089/3135291
089/238061

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquanten-
energien größer 120 keV. /7/
1 fahrbarer Ganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquan-
tenenergie größer 120 keV. /12/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 15cm Stahl.
Innenmaße: 2.03m x 1.49m x 2.12m

Detektoren: 4 NaJ(Tl) 4.5" x 4"

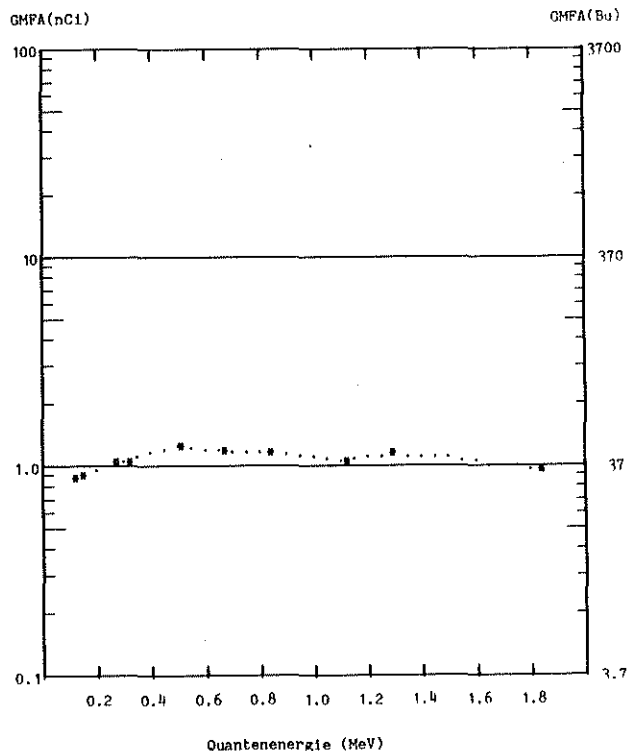
Meßgeometrie: Multidetektor Stretcher.
Multidetektorseanning möglich.

Meßzeit : 20 min

Auflösungsm.: 9.6% für ^{137}Cs

Auswertung : Das gemessene Gammapektrum wird mit Hilfe
eines Tischrechners ausgewertet.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)







5.11. Messanl. Neckarwestheim

1. Allgemeine Angaben

Institution: Gemeinschaftskernkraftwerk
 Neokar GmbH

Adresse: Postfach
 7129 Neckarwestheim

verantw. Leiter: W. Bentele

Anmeldung: Mo-Fr (8h-16h)
 Tel: 07133/13276

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquantenenergien größer 120 keV. Der Zähler kann auch als Teilkörperzähler für beliebige Organe (z.B. Schilddrüse, Bronchien) eingesetzt werden. /13/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 10 cm Schattenabschirmung
 Höhe 1.70m, Durchmesser 0.8m

Detektoren: 1 NaJ(Tl) 114 mm x 115 mm
 1 GeLi-Detektor Durchmesser 53.0 mm

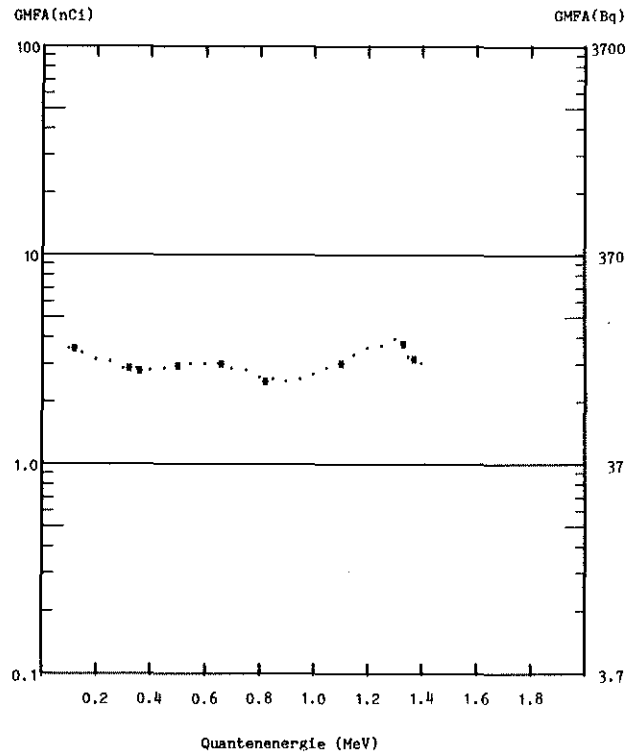
Meßgeometrie: Eindetektor Stuhl

Meßzeit : 10 min

Auflösungsvermögen: 6.9% für ¹³⁷Cs

Auswertung : Das gemessene Gammapektrum wird manuell
 mit Tischrechner ausgewertet. Mittlere
 Auswertzeit: 3 min.

4. Grenzwert der minimal feststellbaren Aktivität (GMFA)





5.12. Messanlage Nürnberg

1. Allgemeine Angaben

Institution: Klinikum Nürnberg
Radiologisches Zentrum
Abt. f. Medizinische Physik
Adresse: Flurstr. 17
8500 Nürnberg 15
verantw. Leiter: Dr.-Ing. Balz
Dr. Großbrau
Dr. Rehm
Anmeldung: Mo-Fr (8h-17h) in Ausnahmefällen
Tel: 0911/398 2669 09122/77277

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquantenenergien größer 35 keV. Der Zähler kann auch als Teilkörperzähler für Schilddrüse, Magen usw. eingesetzt werden.
/7/, /14/

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 5 cm Altblei + 6 cm Elektrolytkupfer
Innenmaße: 2.0m x 0.75m x 1.25m

Detektoren: 1 NaJ(Tl) 4,75"x4"

Meßgeometrie: Eindetektor-Stuhl
Eindetektor-Scanning vorgesehen. Detektor läßt sich auf einer Länge von 175 cm parallel dazu bewegen.

Meßzeit : 5 - 30 min

Auflösung : 10.5% für ¹³⁷Cs

Auswertung : Peak-Integration im Vielkanalanalysator und manuell.



5.13. Messanl. Würenlingen

1. Allgemeine Angaben

Institution: Eidgenössisches Institut für Reaktor-
forschung

Adresse: CH 5303 Würenlingen

verantw. Leiter: H.R. Böhli
Dr. W. Görrlich

Anmeldung: Mo-Fr (8h-17h) in Ausnahmefällen
Tel: 004156/981741 004156/981493
004156/281728

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquanten-
energien größer 60 keV.
Teilkörperzähler zur quantitativen Messung von ^{123}J , ^{125}J
und ^{131}J .
Phoswich-Lungendetektoren zur Messung von Röntgen und
Gammaquanten unter 100 keV.

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 13 cm aktivitätsarmes Eisen mit 3 mm Blei
beschichtet.
Innenmaße: 0.83 m x 1.35 m x 1.6 m

Detektoren: 4"x4" NaJ (Tl)
1"x1" NaJ (Tl)
1mm x 1mm NaJ (Tl)
2 NaJ(Tl)-CsJ(Tl) Phoswichdetektoren

Meßgeometrie: Eindetektor-Stuhl

Meßzeit : 1000 s

Auflösungsvermögen : 7-8 % für ^{137}Cs

Auswertung : Das Spektrum wird mit einem Tischrechner
ausgewertet.



5.14. Messanlage Bremen

1. Allgemeine Angaben

Institution: Fachbereich Physik
der Universität Bremen

Adresse: Kufsteinerstr.
.2800 Bremen

verantw. Leiter: Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake
Ing.(grad) Ingo Bareth

Anmeldung: Mo-Fr (8h-16h)
Tel: 0421/2182232

2. Vorhandene Ganzkörperzähler

Standardganzkörperzähler für Radionuklide mit Gammaquanten-
energien größer 60 keV.

3. Technische Daten des Zählers.

Abschirmung: 5 cm Blei
Innenmaße: 80cm x 80cm x 250 cm

Detektoren: 4 NaJ(Tl) 8"x3" 0,4 mm Fe-Ummantelung

Meßgeometrie: 4 Detektoren ortsfest über dem Patienten
angeordnet

Meßzeit : 20 min

Auflösungsm.: 8.5% für ¹³⁷Cs

Auswertung : Das gemessene Gammapektrum wird mit Kali-
brierspektren verglichen und z.Zt. manuell
ausgewertet.



- /1/ Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle (Paragraph 62 und 63 StrlSchV)
verabschiedet vom Länderausschuß Atomkernenergie am
22.2.1978. Bek.d.BMI v. 5.6.1978 - RS II 2 - 515503/1;
Gemeinsames Ministerialblatt 29, S. 348 - 354
- /2/ Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
ICRP Publ. 2 (1960)
ICRP Publ. 6 (1965)
ICRP Publ. 10 (1968)
ICRP Publ. 10 A (1971)
Pergamon Press
- /3/ Loseblattsammlung "Biokinetisches Verhalten von Radionukliden bei Inkorporation" Fachverband für Strahlenschutz e.V.
FS-80-22 AKI
im Druck
- /4/ Third European Congress of the International Radiation Protection Association
Amsterdam, 13-16 May 1975
- /5/ P.Koeppel
Der Berliner Ganzkörperzähler
Kerntechnik 5 (1963) 117-121
- /6/ P.Koeppel
Ganzkörper-Aktivitätszähler, Teil 1
(Physikalisch-Technische Grundlagen)
Radiobiol.Radiother. 16(1975)369-418
- /7/ Directory of Whole-Body Radioactivity Monitors
INT.ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), Wien 1970

folgt Seite 1/2



/8/ R.Bader, W.J.Lorenz:

Ein Ganzkörperzähler für den Nachweis, die Identifikation und die Lokalisation von inkorporierten Radionukliden über einen weiten Energie- und Intensitätsbereich

Kerntechnik 19(77)428-432

/9/ Arbeitsberichte der Zentralabteilung Strahlenschutz:

1.) 1966, Int.Bericht Nr. 98, S.26 ff

2.) 1967, Jül-543-St,S.71 ff u. S. 83 ff

3.) 1969, Jül-670-St,S.76 ff u. S. 97 ff

4.) 1973, Jül-1101-St,S.64 ff

/10/ H. Kiefer, R. Maushart

Die Karlsruher Anlage zur Messung von Radioaktivität im Menschen ("Ganzkörperzähler")

Kerntechnik 3(61)228-231

/11/ A.Schmitt, H.Fessler

Diagnosis and Treatment of Incorporated Radionuclids
INT.ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA)-SR-6/47,Wien 1976

/12/ H.Hötzl

Der fahrbare Ganzkörperzähler der GSF

4.Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz
Berlin 1969. Tagungsbericht S.407

/13/ Berthold Inkorporationsmonitor

7547 Wildbad 1

Datenblatt 58-2-1076

/14/ G.Balz

Ganzkörperzähler "Nürnberg"

Deutscher Röntgenkongress 1965, Sonderbände zur
Strahlentherapie

Band 62 Teil B (Berlin und Wien 1966) 293-298

folgt Seite 1/3



Inkorporationsüberwachung durch
Direktmessung der Körperaktivität

Direktmessung
Blatt 6
Seite 1/3

Diese Loseblattsammlung wurde mit dem Ziel zusammengestellt, den gegenwärtigen Stand der Kenntnisse und Leistungen auf dem Gebiet der Direktmessung der Körperaktivität darzustellen. Sie ist so aufgebaut, daß Änderungen und Ergänzungen nachgetragen werden können. Verbesserungsvorschläge zu diesem Thema sind zu richten an den Bearbeiter dieses Blattes, Herrn Dr. R. Kunkel, Institut für Biophysik, 6650 Homburg/Saar oder an den Sekretär des Arbeitskreises AKI im FS Herrn Dr. H. Schieferdecker, Med. Abt./Tox. Labor, Kernforschungszentrum, Postfach 3640, 7500 Karlsruhe.

