



Bundesamt  
für Strahlenschutz

**Bericht**

# Inkorporationsmessstelle München (Neuherberg)

**Jahresbericht 2021**

BfS-41/22

Bundesamt für Strahlenschutz  
MB 5 | Inkorporationsmessstelle München (Neuherberg)  
Ingolstädter Landstraße 1  
85764 Oberschleißheim

[ikm-neuherberg@bfs.de](mailto:ikm-neuherberg@bfs.de)

## Impressum

Bundesamt für Strahlenschutz  
MB 5 | Inkorporationsüberwachung  
Ingolstädter Landstraße 1  
85764 Oberschleißheim

Tel.: +49 30 18333-2430  
Fax: +49 30 18333-1885  
E-Mail: [ikm-neuherberg@bfs.de](mailto:ikm-neuherberg@bfs.de)  
De-Mail: [epost@bfs.de-mail.de](mailto:epost@bfs.de-mail.de)

[www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
[urn:nbn:de:0221-2022041332425](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0221-2022041332425)

03/2022

# Inhalt

1	Zusammenfassung .....	4
2	Organisation der Messstelle .....	5
2.1	Zuständigkeiten .....	5
2.2	Hinweise zum Ablauf von Messungen .....	5
3	Messungen und Dosisfeststellungen im Jahr 2021 .....	6
3.1	Personenmessungen .....	6
3.2	Dosisfeststellungen .....	9
3.3	Forschungsvorhaben zu Cäsium-137 bei Jägerinnen und Jägern .....	9
4	Anhang .....	10
4.1	Technische Beschreibung der Ganzkörpermessanlage .....	10
4.2	Technische Beschreibung der Teilkörpermessanlage .....	16
4.3	Weitere Messausstattung der Messstelle .....	16
4.3.1	Gammaspektrometrie-Messplatz .....	16
4.3.2	Mobiles Gammaspektrometrie-System .....	16
4.3.3	ODL-Messgerät zur Bestimmung der Radioiod-Aktivität in der Schilddrüse .....	17
4.3.4	Spektrometrierender Messplatz zur Bestimmung der Radioiod-Aktivität in der Schilddrüse .....	17
4.3.5	3D-Drucker für die Herstellung von Phantomen .....	18
4.4	Historie der Inkorporationsmessstelle München (Neuherberg) .....	20
4.5	Referenzen .....	21

# 1 Zusammenfassung

Die Ganzkörpermessanlage des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) in München (Neuherberg) wurde 1981 in Betrieb genommen. 1994 wurde das BfS vom Land Bayern als Messstelle für die Überwachung beruflich exponierter Personen bestimmt [AllMBl 1994].

Die aktuellen Aufgaben der Messstelle umfassen:

- Bestimmung der Körperaktivität von Gammastrahlern und der zugehörigen Körperdosis bei beruflich exponierten Personen gemäß § 65 StrlSchV,
- Überwachung des für das Fachgebiet RN 7 Nuklearspezifische Gefahrenabwehr am Standort München (Neuherberg) tätigen Personals des BfS,
- regelmäßige Untersuchung von Referenzpersonen aus der Bevölkerung,
- Vorhaltung von Messkapazitäten für die Notfallvorsorge.

Neben der Ganzkörpermessanlage verfügt die Messstelle über ein Dosisleistungsmessgerät speziell zur Bestimmung des Iod-Isotops I-131 in der Schilddrüse [Mei 2017] sowie über einen Schilddrüsen-Messplatz mit spektrometrierendem NaI(Tl)-Detektor und Shadow-Shield-Abschirmung (Ringkollimator und abschirmende Rückenlehne).

Weitere Messgeräte sind ein elektrisch gekühltes Gammaskpektrometrie-System für den mobilen Einsatz, um in Notfallsituationen vor Ort einfache Inkorporationsmessungen vorzunehmen, sowie ein stationäres Gammaskpektrometrie-System mit Bleiabschirmung. Für die Einrichtung eines Wundmessplatzes finden derzeit konzeptionelle Messungen statt. Darüber hinaus betreibt die Messstelle seit 2017 einen 3D-Drucker zur eigenen Herstellung von Kalibrierphantom-Komponenten.

Im Jahr 2021 wurden in der Ganzkörpermessanlage 210 Personenmessungen durchgeführt.

Im Anhang befinden sich Angaben zur technischen Ausstattung, der Historie der Messstelle und Publikationen sowie ein beispielhaftes Messprotokoll einer Ganzkörpermessung.

## 2 Organisation der Messstelle

### 2.1 Zuständigkeiten

Die Inkorporationsmessstelle des Bundesamts für Strahlenschutz in München (Neuherberg) wird von der Arbeitsgruppe „Inkorporationsüberwachung“ (MB 5) betrieben, die in der Abteilung „Medizinischer und beruflicher Strahlenschutz“ (MB) angesiedelt ist. Die Aufgaben in der Abteilung, die im Zusammenhang mit der Inkorporationsüberwachung beruflich exponierter Personen stehen, werden in der Leitstelle Inkorporationsüberwachung gebündelt.

Die Messstelle ist telefonisch unter 030 18333-2432 (Dr. Guennadi Goulko, Leiter der Messstelle) oder 030 18333-2431 (Werner Buchholz, stellvertretender Leiter der Messstelle) und per E-Mail an [ikm-neuherberg@bfs.de](mailto:ikm-neuherberg@bfs.de) erreichbar.

Die Hausanschrift der Messstelle lautet:

Bundesamt für Strahlenschutz  
MB 5 | Inkorporationsüberwachung  
Ingolstädter Landstraße 1  
85764 Oberschleißheim

### 2.2 Hinweise zum Ablauf von Messungen

Vor Durchführung einer Messung für Dritte ist ein Vertrag gemäß der Dienstanweisung über die Erhebung von Entgelten für privatrechtliche Nutzleistungen (DA Nutzleistungen) abzuschließen [BfS 2021]. Das Entgelt für eine Ganzkörpermessung (einschließlich einer dosimetrischen Bewertung) beträgt derzeit 165 €. Weiterhin ist eine Einwilligung zur Erhebung personenbezogener Daten notwendig. Beide Unterlagen können kurzfristig vor einer Messung erstellt werden.

Da bei den Messungen äußerliche Kontaminationen nicht oder nur bedingt von inneren unterschieden werden können, ist ggf. vor einer Messung ein Kleidungswechsel und/oder eine Körperreinigung in Betracht zu ziehen. Notfalls kann von der Messstelle Ersatzkleidung zur Verfügung gestellt werden, eine Dekontaminationsdusche ist ebenfalls vorhanden.

Die Messstelle verfügt im Zugangsbereich über einen Hand-Fuß-Monitor inkl. Kleidersonde für Eingangsmessungen.

Die Messzeit einer Ganzkörpermessung beträgt 20 Minuten. Insgesamt sollte für den gesamten Ablauf mindestens eine halbe Stunde eingeplant werden.

### 3 Messungen und Dosisfeststellungen im Jahr 2021

#### 3.1 Personenmessungen

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 210 Personenmessungen durchgeführt (Tabelle 1). Die Mehrzahl der Messungen (62 %) wurde im Rahmen der Eigenüberwachung an Mitarbeiter\*innen des BfS, die in den Strahlenschutzbereichen tätig waren, vorgenommen. 4,8 % der Messungen entfielen auf die Referenzpersonen der Bevölkerung (diese wurde aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS zusammengestellt, die nicht zu den zuvor genannten Personenkreisen gehören). 30 % der Messungen wurden im Rahmen der Inkorporationsüberwachung nach § 65 StrlSchV für zwei Unternehmen im Freistaat Bayern durchgeführt. Die sonstigen Messungen (3,3 %) entfielen auf Dritte, die sich aus privaten Gründen einer Inkorporationsmessung unterzogen.

**Tabelle 1: Anzahl der im Berichtszeitraum durchgeführten Messungen**

Monat	Referenzpersonen	Eigenüberwachung	Dritte nach § 65 StrlSchV*	Sonstige
Januar		6	1 A	
Februar		5	A	
März		5	6 A	
April		6		
Mai		4	1 A	
Juni		5	A	
Juli		1	13 A	2
August		19	10 A	3
September	1	29	7 A	1
Oktober	8	28	10; 3 A; B	1
November	1	20	5; 6 A; B	
Dezember		3		
<b>Gesamt</b>	<b>10</b>	<b>131</b>	<b>53; 9 A; B</b>	<b>7</b>
<b>Personen</b>	<b>9</b>	<b>61</b>	<b>49; 8 A; B</b>	<b>5</b>

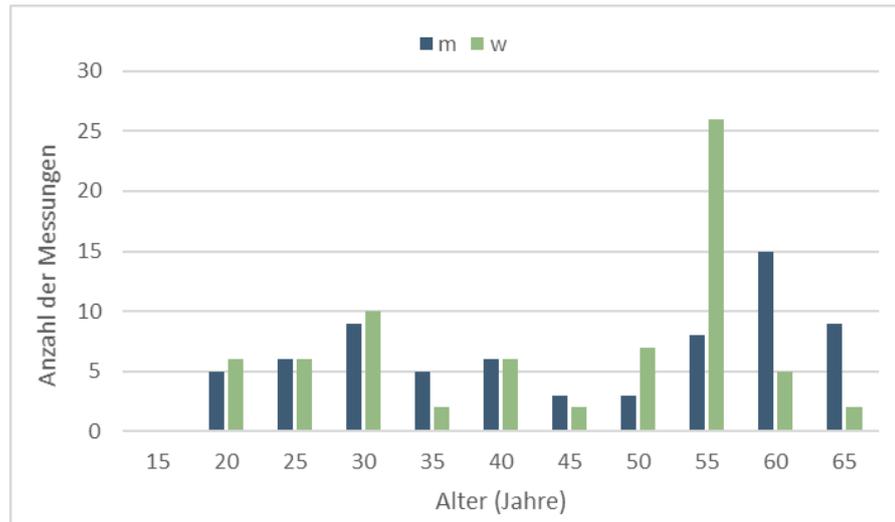
\* Die Namen der Betriebsstätten sind in diesem Bericht aus Datenschutzgründen anonymisiert.

2021 war das erste Jahr, das vollständig von den Einschränkungen durch die COVID-19-Pandemie geprägt war. Diese Einschränkungen betrafen auch die Anzahl der durchgeführten Messungen (Abb. 1). Die Messungen an BfS-eigenem Personal wurden auf die Personen, die im Kontrollbereich der Dienststelle tätig waren, beschränkt. Referenzpersonen, die freiwillig an den Messungen teilnehmen, wurden lediglich während eines kurzen Zeitraums im Sommer, in dem die COVID-19-Fallzahlen klein waren, in die Messstelle eingeladen. Die Routinemessungen für externe Betriebe wurden jedoch in der gewohnten Häufigkeit durchgeführt. Nach Vorkommnissen fanden ebenfalls Messungen stets ohne Einschränkungen statt. Für

Ereignisse, in denen eine größere Anzahl an Personen gemessen werden muss, steht in der Inkorporationsmessstelle geeignete Schutzausrüstung zur Verfügung.

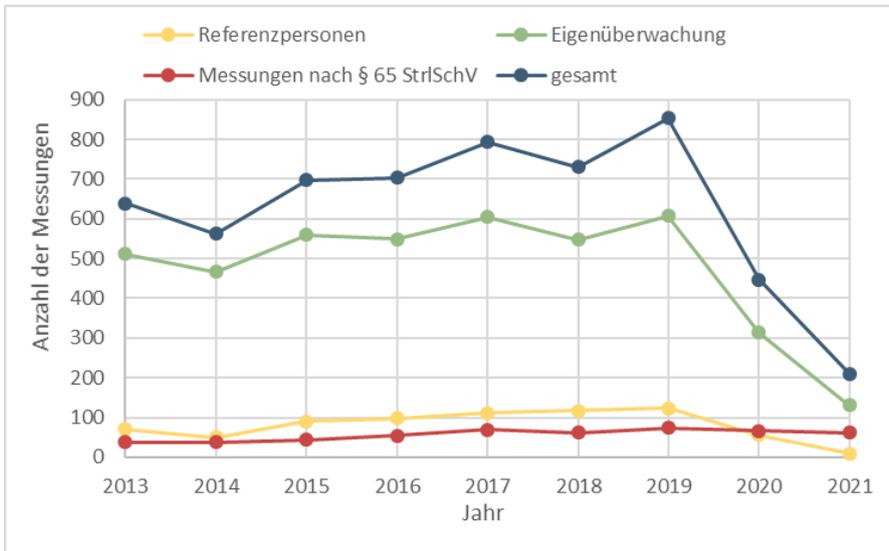
Da das Inkorporationsrisiko der im Rahmen der Eigenüberwachung untersuchten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des BfS sehr gering war, fanden sich bei diesen und bei den Referenzpersonen nur selten Körperaktivitäten, und zwar ausschließlich von Cs-137. Diese waren stets auf den Verzehr der einschlägig bekannten Nahrungsmittel (Wildschwein, einige Pilzarten) zurückzuführen, in denen sich noch Cs-137 befindet, welches in Bayern primär vom Tschernobyl-Unfall im Jahr 1986 stammt (Abb. 2). Die größten Aktivitäten wurden bei Personen gefunden, die regelmäßig Wildpilze sammeln.

Die Gruppe der Referenzpersonen und der im Rahmen der Eigenüberwachung untersuchten Personen deckt den gesamten Altersbereich von etwa 18 bis etwa 65 Jahren ab und umfasst Männer und Frauen in

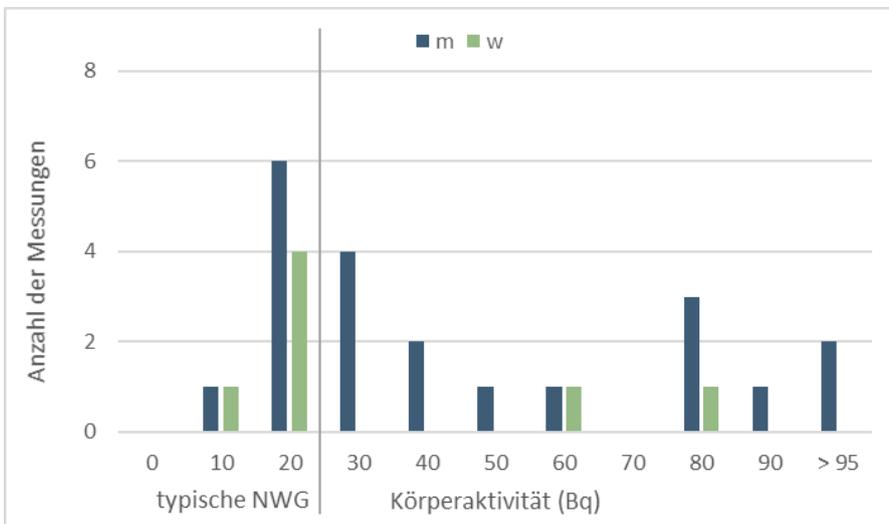


etwa gleicher Anzahl (Abb.

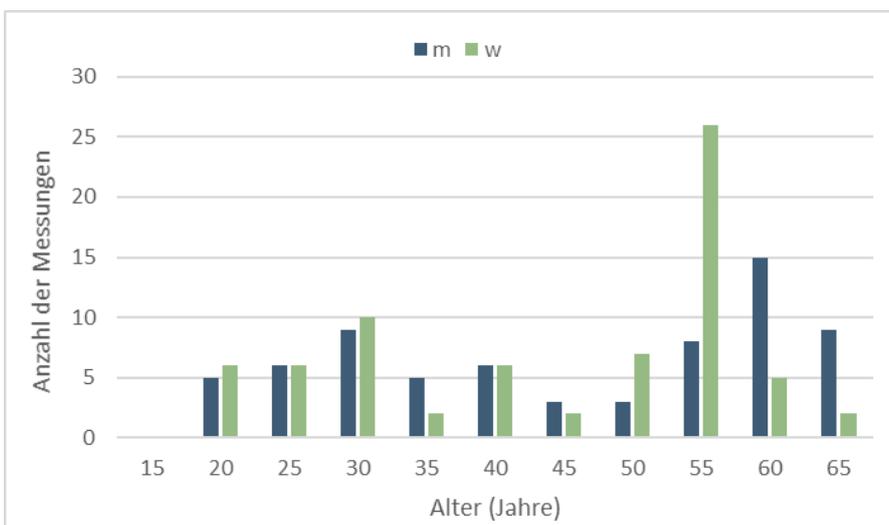
3). Insgesamt sind die Ergebnisse dieser beiden Personengruppen repräsentativ für die allgemeine Bevölkerung und werden jährlich im BMUB-Bericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ in zusammengefasster Form veröffentlicht.



1 Anzahl der Messungen pro Personengruppe, die in den letzten Kalenderjahren durchgeführt wurden.



2 Verteilung der gemessenen Körperaktivitäten von Cs-137 (jeweils angegebene Körperaktivität  $\pm 5$  Bq) bei den im Jahr 2021 durchgeführten Messungen, aufgeteilt nach dem Geschlecht der gemessenen Person, ohne Ergebnisse der Messungen aus dem Forschungsvorhaben „Cs-137 bei Jägerinnen und Jägern“ (Kap. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.).



3 Verteilung des Lebensalters der Referenzpersonen und der im Rahmen der Eigenüberwachung gemessenen Personen zum Zeitpunkt der Messung (jeweils angegebenes Lebensalter  $\pm 2,5$  Jahre).

### 3.2 Dosisfeststellungen

Die Messungen von Personen, die der beruflichen Strahlenschutzüberwachung unterliegen, werden grundsätzlich gemäß der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle Teil 2 (RiPhyKo 2) dosimetrisch bewertet [BMU 2007]. Dies gilt für Personen, bei denen Messungen durch die zuständige Behörde angeordnet wurden, die im Rahmen der Strahlenschutzvorsorge freiwillig untersucht werden sowie für BfS-Personal, das im Rahmen der Eigenüberwachung untersucht wird.

Die Dosisfeststellungen, auch wenn diese im Einklang mit der RiPhyKo 2 gleich null zu setzen sind, werden an das Strahlenschutzregister gemeldet. Die Meldung erfolgt über das vom Strahlenschutzregister zur Verfügung gestellte Webportal.

### 3.3 Forschungsvorhaben zu Cäsium-137 bei Jägerinnen und Jägern

Mitte des Jahres 2019 wurde von der Inkorporationsmessstelle ein eigenfinanziertes Forschungsvorhaben initiiert, in dem typische Körperaktivitäten von Cs-137 bei Jägerinnen und Jägern und zugehörige Einflussfaktoren bestimmt werden. Verschiedene Gründe ließen bereits zuvor vermuten, dass Jäger\*innen größere Körperaktivitäten an Cs-137 aufweisen als die durchschnittliche Bevölkerung: Viele Jäger\*innen verzehren überdurchschnittlich viel Wildfleisch und sammeln zudem zu einem größeren Anteil selbst Pilze. Darüber hinaus dürfen Jäger\*innen Wildfleisch auch dann verzehren, wenn es den Grenzwert für Cs-137 in vermarkteten Lebensmitteln überschreitet oder nicht auf seine Aktivität von Cs-137 untersucht wurde. Bis März 2020 wurden 51 Jäger\*innen und 7 Angehörige aus denselben Haushalten, vor allem aus Südbayern, gemessen. Die Ergebnisse wurden mit den Ergebnissen von Messungen an 251 anderen Personen, die im Untersuchungszeitraum ebenfalls in der Inkorporationsmessstelle gemessen wurden, verglichen.

Bei den Jäger\*innen und ihren Angehörigen konnte in 84 % der Messungen Cs-137 nachgewiesen werden, während das bei den Vergleichspersonen lediglich in 27 % der Messungen der Fall war. Der Median der Messergebnisse lag bei einer Aktivität von 58 Bq, der Maximalwert bei 1050 Bq. Bei den Vergleichspersonen kann der Median aufgrund des großen Anteils an Messungen ohne Feststellung nicht angegeben werden, der Maximalwert lag bei 216 Bq.

Eine statistische Auswertung des Einflusses der abgefragten Verzehrsgewohnheiten ergab signifikante Einflüsse der Häufigkeit des Verzehrs von Wildschweinfleisch und des Verzehrs selbst gesammelter Wildpilze. Bei den meisten Personen, die an der Studie teilnahmen und auch selbst gesammelte Pilze verzehrten, war der Beitrag durch den Verzehr der Pilze größer als der durch Wildschweinfleisch.

An der Person mit der größten gemessenen Körperaktivität, einem 70-jährigen Jäger aus dem Osten von München mit regelmäßigem Verzehr von Wildschweinfleisch und Wildpilzen, wurde beispielhaft der Beitrag des Cs-137 zur effektiven Dosis berechnet. Er beträgt 35  $\mu$ Sv pro Jahr.

Die Ergebnisse wurden in einer Fachzeitschrift veröffentlicht [Mei 2021].

## 4 Anhang

### 4.1 Technische Beschreibung der Ganzkörpermessanlage

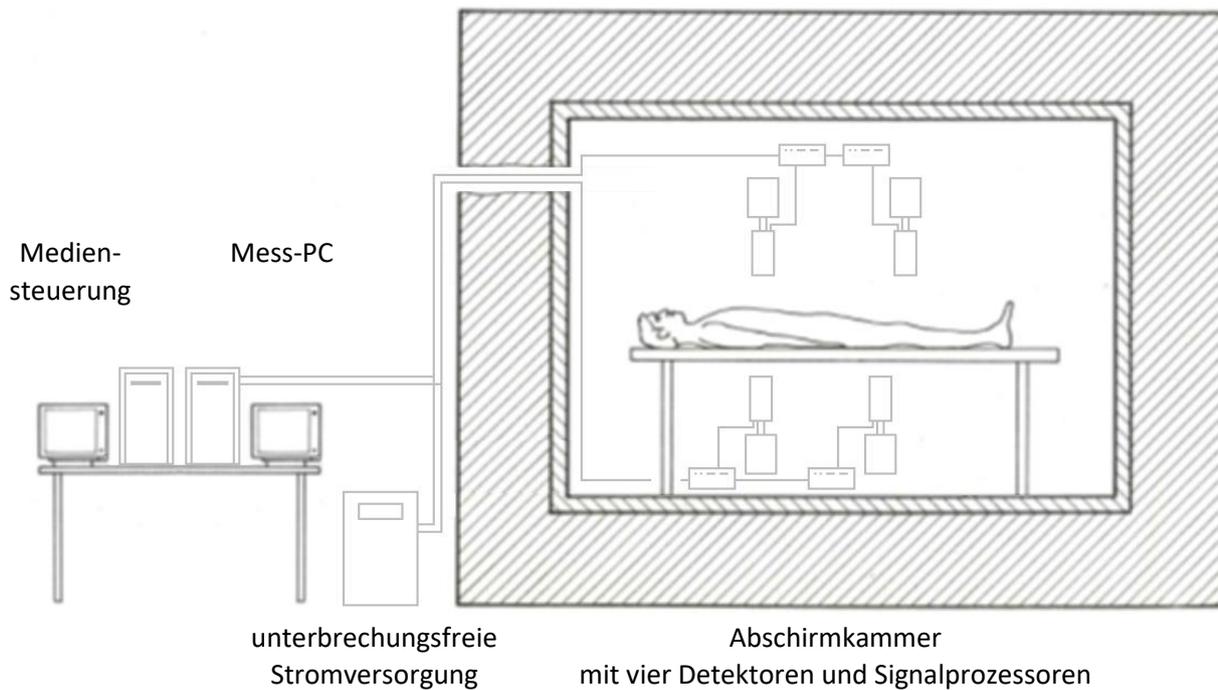
Die Ganzkörpermessanlage besteht aus einer massiven Abschirmkammer, einer darin befindlichen Liege sowie vier Detektoren zum Nachweis von Gammastrahlung. Außerhalb der Messkammer befinden sich die zugehörige Messelektronik (digitale Vielkanalanalysatoren mit integrierter Hochspannungsversorgung), eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) und ein PC zur Bedienung der Anlage und Auswertung der Messergebnisse. Die Datenspeicherung erfolgt auf einem Mess-PC und wird auf externen Datenträgern regelmäßig gesichert und archiviert.

Die Anlage ist seit März 2013 mit vier elektrisch gekühlten Reinstgermanium- (HPGe-) Detektoren ausgestattet. Diese sind zur zu untersuchenden Person in einer Stretcher-Geometrie angeordnet (Abb. 4). Zur Erleichterung der Positionierung der Person auf der Liege können die beiden oberen Detektoren nach oben verschoben werden. Bei planbaren und ungeplanten Ausfällen einzelner Detektoren können Messungen auch mit lediglich zwei oder drei Detektoren durchgeführt werden, jedoch unter Inkaufnahme größerer Nachweisgrenzen. Die Messzeit beträgt standardmäßig 20 Minuten. Bei Bedarf kann die untersuchte Person über ein Videosystem überwacht werden.

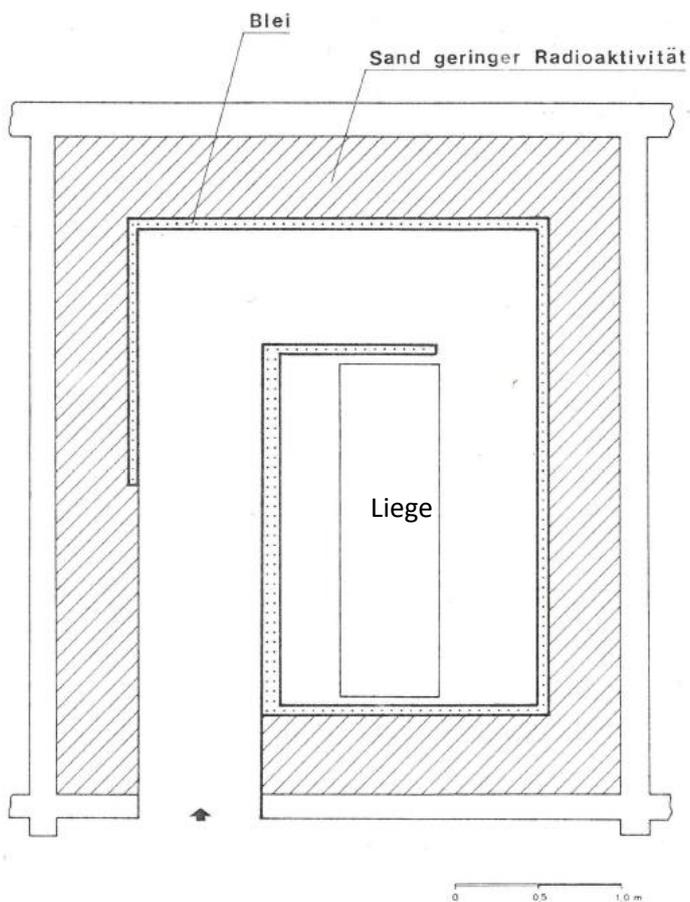
Die Abschirmung der Messkammer dient der Reduzierung des Strahlenuntergrundes, der durch die terrestrische und kosmische Umgebungsstrahlung hervorgerufen wird. Sie besteht aus 50 cm Quarzsand und 5 cm Blei. Die Stützelemente sind aus Stahl gefertigt. Grundsätzlich wurden aktivitätsarme Materialien verwendet. Die kombinierte Abschirmung aus Quarzsand und Blei ist um ein Vielfaches kostengünstiger als reine Blei- oder Stahlabschirmungen gleichen Abschirmvermögens [Schm 1969, Schm 1971]. Die Messkammer befindet sich im Zentrum eines sogenannten Labyrinths (Abb. 5). Zur Belüftung wird klimatisierte Luft über einen Lüftungskanal eingeblasen.

**Tabelle 2: Spezifikationen der Ganzkörpermessanlage**

Detektorsystem	<ul style="list-style-type: none"><li>– vier HPGe-Detektoren Ortec Modell GEM-MX7380P4-S</li><li>– Kristallgröße Durchmesser ca. 73 mm</li><li>– Energieauflösung ca. 2,2 keV bei 1332 keV</li></ul>
Kühlung	vier elektrische Kühler Modell ICS
Elektronik	vier digitale Signalanalysatoren (Fa. Mirion Modell DSA 1000)
Stromversorgung	<ul style="list-style-type: none"><li>– zwei USV, Fa. Riello UPS Modell „Sentinel Pro“, Überbrückungszeit ca. 70 Minuten</li><li>– Notstrom-Hausnetz</li></ul>
Messsoftware	Apex-InVivo in Verbindung mit Genie 2000 (Fa. Mirion)
Abschirmung	<ul style="list-style-type: none"><li>– 50 cm Quarzsand (außen)</li><li>– 5 cm Blei</li><li>– Stützelemente aus Stahl</li></ul>



4 Schematischer Aufbau der Ganzkörpermessanlage

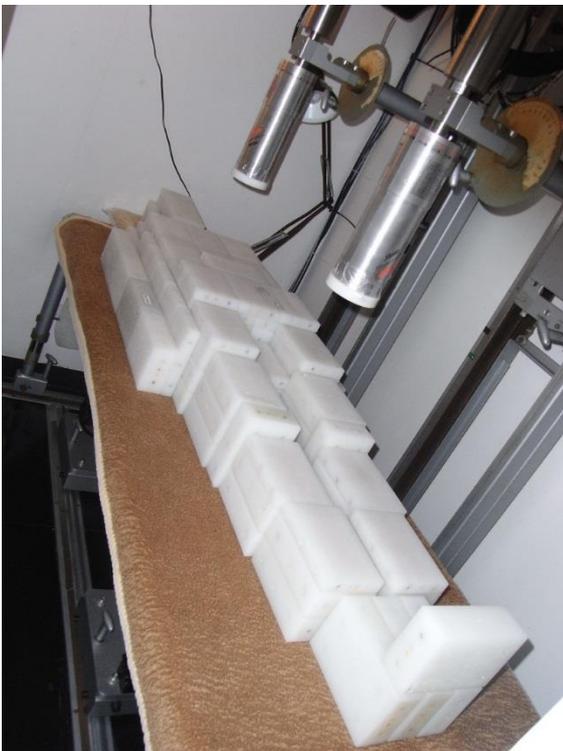


5 Skizze der Abschirmkammer der Ganzkörpermessanlage (Draufsicht). In der Mitte befindet sich die Liege für die zu untersuchende Person.

Die Kalibrierung der Anlage erfolgt mit einem Phantom (sog. St. Petersburger Ziegelphantom IGOR), das aus mit Stäbchenquellen bestückten Polyethylenziegeln besteht [Manu 1995]. Polyethylen hat vergleichbare strahlenphysikalische Eigenschaften wie menschliches Gewebe. Die Ziegel können mit bis zu vier Quellen gleichzeitig bestückt werden. Durch die modulare Aufbauweise können mit den Ziegeln verschieden große Kalibrierphantome erstellt werden. Bei der Auswertung von Messungen wird dann die Kalibrierung gewählt, die der untersuchten Person am ehesten entspricht. Die sechs Standardgrößen bzw. -gewichte betragen 12, 24, 50, 70, 90 und 110 kg. Abb. 6 zeigt das 90-kg-Phantom in der Messanlage.

Für Standardmessungen werden Kalibrierungen verwendet, bei denen alle Ziegel mit Quellen bestückt sind, wodurch eine näherungsweise ausreichend homogene Verteilung der Radionuklide über den ganzen Körper erreicht wird. Durch entsprechende Bestückungen können jedoch auch inhomogene Radionuklidverteilungen (z. B. Lungenkontaminationen) nachgebildet werden.

Standardmäßig werden die Nuklide K-40, Co-60, Ba-133, Cs-137, Eu-152 und Am-241 als Kalibriernuklide verwendet. Die Quellen wurden vom Hersteller der Kalibrierphantome Fa. STC Radek [Manu 1995]) bezogen. Bei Bedarf können von der Messstelle Stäbchenquellen verschiedener einzelner Nuklide oder mit Nuklidgemischen selbst hergestellt werden. Dies betraf in der Vergangenheit insbesondere Ge-68, Y-88, Sr-90, Cs-134 und Cf-252 für Forschungsarbeiten.



6 Kalibrierphantom (90-kg-Konfiguration)

Die Qualität der Messergebnisse wird durch die regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an Ringversuchen und Laborvergleichsmessungen belegt. Im Jahr 2021 organisierte das Bundesamt für Strahlenschutz zusammen mit der europäischen Dosimetrievereinigung EURADOS und dem französischen *Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire* (IRSN) einen europaweiten Ringversuch für Ganzkörperzähler. Die Inkorporationsmessstelle München (Neuherberg) war eine der drei Referenzmessstellen für diesen Ringversuch. Die im Ringversuch angebotenen Aufgaben umfassten die Messung von Co-60, Ba-133 und Cs-137 als Standardaufgabe, von Cs-134 und Cs-137 als Aufgabe mit Relevanz für den Notfallschutz, von Ge-68 und Y-88 als besonders herausfordernde Aufgabe und von Ba-133 und Eu-152 als Möglichkeit einer harmonisierten Kalibrierung. Die Messungen fanden in Phantomen zu 70 und 90 kg statt. Darüber hinaus fungiert die Inkorporationsmessstelle als Referenzmessstelle für den jährlich vom BfS veranstalteten Ringversuch für Ganzkörperzähler.

Die gemäß RiPhyKo 2 zu erhebenden persönlichen Daten der gemessenen Personen sowie die an den Personen bestimmten Aktivitäten werden in der Messstelle in einem zweiseitigen Bericht archiviert (Abb. 7). Die auftraggebenden Unternehmen erhalten pro durchgeführter Messung einen Bericht mit den ermittelten Aktivitäten und der daraus berechneten effektiven Dosis und der Organdosis.

## Analysebericht - [REDACTED]

### QUELLENINFORMATION

Nachname: [REDACTED]  
 Vorname: [REDACTED]  
 Geburtsname: [REDACTED]  
 Geburtsdatum: [REDACTED]  
 Geburtsort: [REDACTED]  
 Arbeitgeber: [REDACTED]  
 Beruf: [REDACTED]  
 Größe (cm): [REDACTED]  
 Gewicht (kg): [REDACTED]  
 Startdatum: [REDACTED]  
 Enddatum: [REDACTED]  
 Strahlensumme: [REDACTED]  
 Geschlecht: [REDACTED]  
 Bemerkung: [REDACTED]



Die personenbezogenen Daten der gemessenen Person wurden unkenntlich gemacht.

### ZÄHLERINFORMATION

Konfigurationsname: IM4M

### INFORMATIONEN DER MESSUNG

Messmodus: Person 90 kg 20 min  
 Anlass der Messung: 10-Kontrollmessung  
 Kommentar: 24.10.2017 15:55:38  
 Messung gestartet: 1201,12  
 Messzeit: Bewertung Stufe 1  
 Bedienname: 03.11.2017 11:29:32 by Oliver Meisenberg  
 Messstatus:  
 Freigabe:

### BERICHT DER DETEKTORZÄHLRATEN

Detektorname	Zählrate	Zählratenbereich (Kanäle)	Messzeit Live	Analysiert	Analysendatum	Dateiname
DETO1	5,50	1 - 4096	1200,0	Nein		ef4d08361555.crf
DETO4	7,10	1 - 4096	1200,0	Nein		9b6728011555.crf
einzelIM	7,10	1 - 4096	1200,0	Nein		bl7630ba1555.crf
einzelIM	5,49	1 - 4096	1200,0	Nein		8e49e6361555.crf
summetIM4M	12,59	1 - 4096	1200,0	Ja	24.10.2017 15:55:33	65f49a43d1555.crf

Freigabe von: \_\_\_\_\_  
 Datum: \_\_\_\_\_  
 Digital unterschrieben von Oliver Meisenberg  
 Datum: 2018.03.09 13:21:46 +01'00'

### INFORMATIONEN DER DETEKTORGRUPPE

Detektorgruppenname: summetIM4M  
 Detektorgruppenkonfiguration: fest  
 Analysendatum: 24.10.2017 15:55:33  
 Energiekalibrierung: 1M4M 2017-09-19 1  
 Effizienzkalibrierung: 1M4M\_P5 2017-06-27 (Linear)  
 Mehrfachkurve: Nein  
 Quellenverteilung: Nein  
 Analysensequenzdatei: Routine\_BFS mit UG-Abzug  
 Für UG-Abzug benutzte UG-Messung: Untergrundmessung 27.06.2017  
 Nuklididentifizierung: BFS-WBC-Referenz-int  
 Nuklididentifizierungsbibliothek: sidlib.nib  
 vorl. NID-Bibliothek: sidlib.nib  
 Bibliothek für Liniensuche: sidlib.nib  
 Analysengrenzen (Kanäle): 50 - 4090  
 Energietoleranz (keV): 2,50  
 Kommentar:

### Ergebnisse der Flächenanalyse GKZ <summetIM4M>

Netto	Flächenanalyse	Kontinuum	Nuklidname	Aktivität (Bq)	Fehler (1SD)	Emis. (%)			
Mein	Lage der Energie (keV)	Untenfläche							
F	1	1327,7	661,8	4,28E+001	1,77E+001	CS-137	5,24E+001	20,31%	85,00
F	2	2932,1	1461,0	2,68E+002	6,28E+000	K-40	3,22E+003	7,44%	10,67

Für unbekannte Linien wird eine Übergangssk. von 100% und keine zerfallkorrektur angenommen  
 M = Erste Linie in einer Multiplet-Region  
 m = Andere Linie in einer Multiplet-Region  
 F = Singulett gefittet

### Ergebnisse der Nuklidanalyse GKZ <summetIM4M>

Nuklidname	ID	Vertrauensfaktor	Aktivität (Bq)	Fehler (1SD)	NWG (Bq)
K-40		1,00	3,22E+003	7,44%	4,30E+002
CS-137		1,00	5,24E+001	20,31%	3,56E+001

? = Nuklid ist Teil einer unbestimmten Gleichung  
 X = Nuklid wurde bei der Interferenzanalyse verworfen  
 @ = Nuklid besitzt Energielinien, die nicht in gew. mittel. Aktivität berücksichtigt wurden  
 ! = Nuklid wurde korrigiert auf Mutter- / Tochter- Zerfall

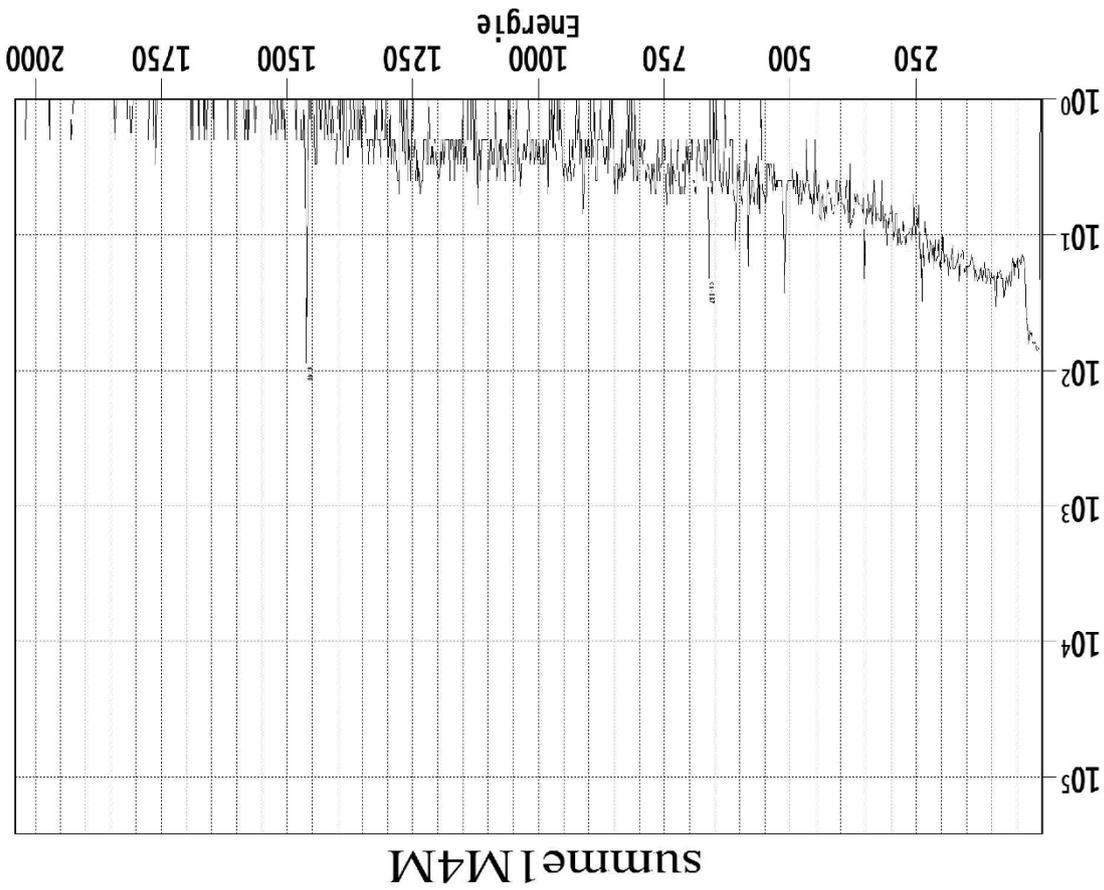
### Ergebnisse der NWG/EKG - Analyse GKZ <summetIM4M>

Nuklidname	Energie (keV)	Emis. (%)	Linien-NWG (Bq)	Nuklid-NWG (Bq)	Linien-EKG (Bq)	Nuklid-EKG (Bq)
K-40	1460,8	10,67	4,30E+002	4,30E+002	1,98E+002	1,98E+002
CC-60	1173,2	100,00	3,76E+001	3,48E+001	1,72E+001	1,57E+001
CS-137	1322,5	100,00	3,48E+001	3,56E+001	1,57E+001	1,57E+001
+	CS-137	85,00	5,87E+002	3,56E+001	1,81E+001	1,81E+001
+	RN-222	77,0	11,58	5,87E+002	9,93E+001	4,85E+001
		242,0	7,12	6,88E+002	3,28E+002	3,28E+002
		295,2	18,15	2,38E+002	1,13E+002	1,13E+002
		351,9	35,10	1,32E+002	6,28E+001	6,28E+001
		609,3	44,60	9,93E+001	4,85E+001	4,85E+001
		934,1	3,10	1,21E+003	5,57E+002	5,57E+002
		1120,3	14,70	2,80E+002	1,29E+002	1,29E+002
		1377,7	3,97	7,48E+002	3,31E+002	3,31E+002
		1408,0	2,39	1,38E+003	6,18E+002	6,18E+002
		1764,5	15,10	1,56E+002	6,52E+001	6,52E+001
		74,9	11,79	5,62E+002	1,17E+002	2,88E+002
TH-232	238,6	43,30	1,17E+002	1,17E+002	5,58E+001	5,58E+001
	338,3	11,27	3,48E+002	3,48E+002	1,63E+002	1,63E+002

Ergebnisse der NWG/EKG - Analyse GKZ <summeJM4M>

Nuklidname	Energie (keV)	Emis. (%)	Linien-NWG (Bq)	Nuklid-NWG (Bq)	Linien-EKG (Bq)	Nuklid-EKG (Bq)
TH-232	583.2	30.40	1.33E+002	1.17E+002	6.19E+001	5.58E+001
	727.3	6.58	5.19E+002		2.33E+002	
	911.2	25.80	1.43E+002		6.58E+001	
AM-241	989.0	15.80	1.97E+002		8.34E+001	
	59.5	38.30	1.72E+002	1.72E+002	8.15E+001	8.15E+001
VN-511	511.0	100.00	6.38E+001	6.38E+001	3.08E+001	3.08E+001

\* = Nuklid während der Nuklididentifikation identifiziert  
 \* = Linie im Spektrum gefunden



7 Ausdruck eines Messberichts einer Person aus der Eigenüberwachung. Das dargestellte Spektrum enthält neben den Linien natürlicher Radionuklide auch die von Cs-137 durch noch belastete Pilze (Tschernobyl).

## 4.2 Technische Beschreibung der Teilkörpermessanlage

Die Teilkörpermessanlage steht derzeit wegen Umbauarbeiten nicht zur Verfügung.

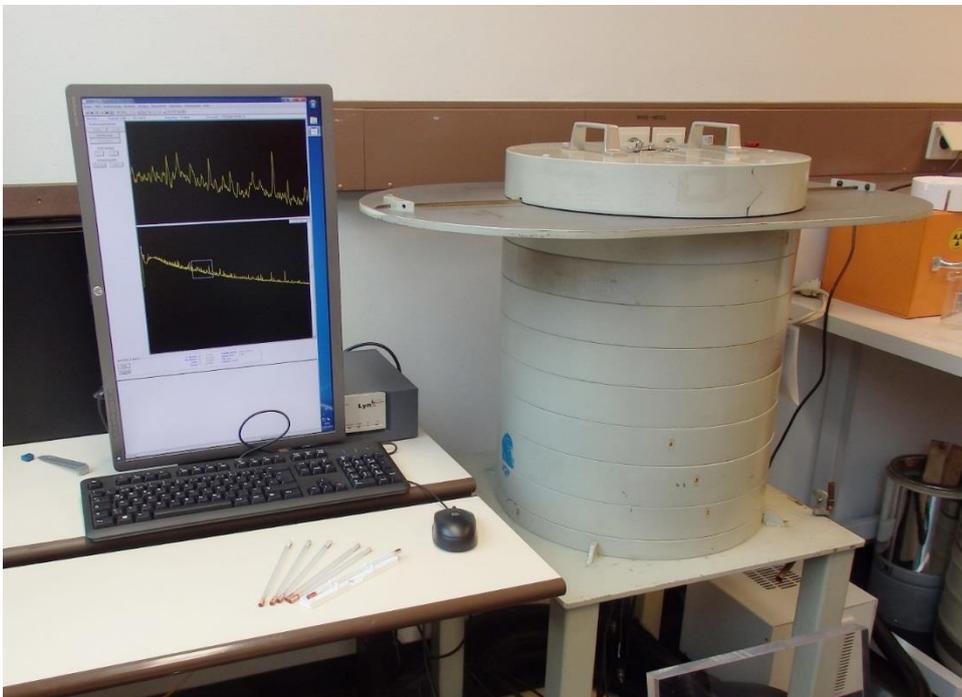
## 4.3 Weitere Messausstattung der Messstelle

### 4.3.1 Gammaskpektrometrie-Messplatz

Das Gammaskpektrometrie-System mit einem elektrisch gekühlten HPGe-Detektor (Abb. 8) dient der Kontaminationskontrolle der Bekleidung der zu untersuchenden Personen, die ggf. durchgeführt wird, wenn am Hand-Fuß-Monitor ein auffälliger Befund vorliegt. Er kann zudem aus der Bleiabschirmung herausgenommen werden, um lokale Kontaminationen der Haut betroffener Personen messen zu können.

Weiterhin wird es zur Qualitätssicherung der im Ziegelphantom (s. Kap. 4.1) verwendeten Stäbchenquellen eingesetzt. Seit Ende 2015 werden von der Messstelle derartige Quellen selbst hergestellt. Die dabei eingesetzten Nuklide werden sowohl nach Gesichtspunkten der beruflichen Überwachung als auch der radiologischen und nuklearspezifischen Notfallvorsorge ausgewählt.

Ferner besteht die Möglichkeit, Ausscheidungsproben auf Gammastrahler zu untersuchen.



8 Gammaskpektrometrie-Messplatz mit Bleiburg, digitalem Signalprozessor Canberra Lynx und Auswerterechner. Vorne am Arbeitsplatz liegen mehrere von der Inkorporationsmessstelle hergestellte Stäbchenquellen, hier mit Cf-252.

### 4.3.2 Mobiles Gammaskpektrometrie-System

Die Inkorporationsmessstelle besitzt ein tragbares Gammaskpektrometrie-System Falcon 5000 des Herstellers Mirion-Canberra. Bei Freisetzungen aus kerntechnischen Anlagen und anderen größeren Unfällen mit radioaktiven Stoffen kann das Gerät in den Notfallstationen des Katastrophenschutzes eingesetzt werden. Darüber hinaus können mit diesem Gerät Messungen in den Betrieben der zu überwachenden Personen durchgeführt werden, wenn das ausnahmsweise erforderlich ist. Auch die Messung von in ihrer Mobilität eingeschränkten Personen, für die die Liege der Ganzkörpermessanlage nicht geeignet ist, ist mit diesem Gerät möglich. Typischerweise wird die Messung mit diesem Gerät an einer sitzenden Person, vor der das Gerät aufgestellt wird, durchgeführt. Jedoch können aufgrund des kleineren Detektors und der schlechteren Abschirmung am jeweiligen Einsatzort des Geräts nicht die besonders kleinen Nachweisgrenzen der Ganzkörpermessanlage erreicht werden.

### **4.3.3 ODL-Messgerät zur Bestimmung der Radioiod-Aktivität in der Schilddrüse**

Das Ortsdosisleistungsmessgerät SCINTO-Thyroid des Herstellers S.E.A. ist dazu geeignet und speziell dafür vorgesehen, die Aktivität des Iod-Isotops I-131 in der Schilddrüse zu bestimmen. Dazu wird das Gerät an den Hals der zu messenden Person gelegt. Die von der SSK empfohlene niedrige Nachweisgrenze zur Bestimmung signifikanter Radioiod-Aktivitäten auch bei Kindern [SSK 2015] wird mit diesem Gerät innerhalb einer zehnekündigen Messung erreicht. Die Inkorporationsmessstelle konnte damit Erfahrungen in der Inkorporationsüberwachung nach Freisetzungen aus kerntechnischen Anlagen, wie sie beispielsweise in einer Notfallstation durchgeführt wird, gewinnen. Die Eignung des Geräts konnte durch die Teilnahme an zwei internationalen Ringversuchen zur Bestimmung der I-131-Aktivität in der Schilddrüse belegt werden [Isa 2017, Mei 2017].

### **4.3.4 Spektrometrierender Messplatz zur Bestimmung der Radioiod-Aktivität in der Schilddrüse**

Die Inkorporationsmessstelle nahm 2019 einen Schilddrüsenmessplatz des Modells ISOMED 2163 des Herstellers Nuvia Instruments in Betrieb. Dieser Messplatz dient vor allem zur Konzeptionierung einer zukünftigen mobilen Verwendung in einem Fahrzeug. Solche Messplätze sollen Expertenmessungen der Schilddrüsenaktivität von Iod-131 an einer großen Anzahl an Personen der Bevölkerung nach Freisetzungen aus kerntechnischen Anlagen ermöglichen. Diese Expertenmessungen sind im Gegensatz zu Messungen der Ortsdosisleistung, die die Einsatzkräfte des Katastrophenschutzes durchführen können, zwar zeitaufwändiger, bieten jedoch eine größere Genauigkeit und eine kleinere Nachweisgrenze. Sie stellen deshalb eine sinnvolle Ergänzung zu den Messungen des Katastrophenschutzes dar, wenn deren Ergebnisse einer genaueren Überprüfung bedürfen.

Der Messplatz besteht aus einem NaI(Tl)-Szintillationsdetektor der Größe 3“ x 3“. Der Detektor befindet sich in einem Ringkollimator aus Blei und zeigt auf den zum Messplatz gehörenden Stuhl, auf dem die zu messende Person Platz nimmt (Abb. 9). Die Rückenlehne ist mit Blei von 1 cm Dicke (entsprechend 5 Halbwertsdicken für Iod-131) abgeschirmt, sodass sich zusammen mit dem Kollimator eine vollständige Shadow-Shield-Abschirmung ergibt. Der Detektor kann in seiner Höhe, seiner Neigung und seinem Abstand zum Stuhl verstellt werden, sodass er auch als Detektor für die Aktivität im Torso verwendet werden kann.



9 Der neue Schilddrüsen-Messplatz mit Szintillationsdetektor, Shadow-Shield-Abschirmung (Ringkollimator und abgeschirmte Rückenlehne) und Auswerte-Computer.

#### 4.3.5 3D-Drucker für die Herstellung von Phantomen

Seit Anfang 2017 betreibt die Messstelle einen eigenen 3D-Drucker für die Herstellung von Organnachbildungen zur Ergänzung und Erweiterung der vorhandenen Kalibrierphantome. In einem solchen Drucker können aus schematischen Zeichnungen durch Verwendung von Konstruktionssoftware wie CAD-Programmen (computer-aided design) dreidimensionale Strukturen erstellt werden. Für den Druck stehen unterschiedliche thermoplastische Kunststoffe zur Verfügung. Der feste Thermoplast wird im Druckkopf geschmolzen und schichtweise gedruckt. Beim Abkühlen erstarrt der Thermoplast in der gedruckten dreidimensionalen Form. In der Messstelle werden Hohlformen gedruckt, die ähnlich wie die selbst hergestellten Stäbchenquellen (s. Kap. 4.1) mit einem Radionuklid-Kalibrierstandard in aushärtendem Epoxidharz gelöst gefüllt werden.

Als erstes Organ wurden mehrere Nachbildungen von Schilddrüsen konstruiert und gedruckt (Abb. 10). Die verschiedenen Modelle repräsentieren verschiedene Stufen anatomischer Genauigkeit. So finden bislang meist Modellschilddrüsen in Zylinderform für die Kalibrierung von Schilddrüsen-Messplätzen Verwendung. Für einen experimentellen Vergleich der verschiedenen Geometrien wurden neben solchen zylinderförmigen Schilddrüsen auch Modelle aus Literaturdaten [Ula 1997, Als 2017] und Modelle basierend auf menschlichen CT-Bildern erstellt. Vergleichende Messungen an diesen unterschiedlichen Geometrien wurden an den Inkorporationsmessstellen München (Neuherberg) und Berlin sowie im Ringversuch der Leitstelle Inkorporationsüberwachung durchgeführt.



*10 Gedruckte Schilddrüsenquellen, links vorne: anatomische Schilddrüsen männlich und weiblich, hinten: zylinderförmige Schilddrüsen, rechts vorne: geometrisch komplexere „experimentelle“ Schilddrüsen in zwei unterschiedlichen Größen.*

#### 4.4 Historie der Inkorporationsmessstelle München (Neuherberg)

1964/65	Errichtung einer Ganzkörpermessanlage in der Abteilung „Strahlenschutz und Strahlenbelastung“ des Bundesgesundheitsamtes (BGA) in Westberlin (Dahlem) [BGA 1965].
Nov. 1966	Beginn der kontinuierlichen Untersuchung von Referenzpersonen (Männer, Frauen, Kinder) auf inkorporierte Radionuklide aus dem Fallout oberirdischer Kernwaffentests und von beruflich strahlenexponierten Personen. Erstmalige Veröffentlichung der Ergebnisse im IV. Quartalsbericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung 1966“ des Bundesministeriums für wissenschaftliche Forschung [BMWf 1967], später in den entsprechenden Jahresberichten des BMWf, BMI, BMU und BMUB.
Jun. 1979	Einstellung des Messbetriebs in Westberlin (Dahlem) und Beginn des Umzugs nach Neuherberg. Seit Inbetriebnahme waren über 6.000 Personenmessungen durchgeführt worden.
Nov. 1981	Wiederinbetriebnahme der Anlage an ihrem jetzigen Standort Neuherberg.
Apr. 1986	Reaktorunfall von Tschernobyl Als dessen Folge stieg die Cs-137-Aktivität in der Bevölkerung von zuvor ca. 0,5 Bq/kg auf ca. 8 Bq/kg für Erwachsene, 12,5 Bq/kg für Kinder und 24 Bq/kg bei Kindern aus dem Voralpengebiet ([BMU 1987], S. 430).
Sep. 1988–Jul. 1990	Ganzkörpermessungen von über 1.600 bayerischen Schulkindern (zusammen mit dem GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit) im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) [BfS 1992].
Dez. 1994	Abschluss einer Verwaltungsvereinbarung zwischen dem Freistaat Bayern und dem Bundesamt für Strahlenschutz zur Durchführung von In-vivo-Messung bei beruflich strahlenexponierten Personen nach § 62 Abs. 6 StrlSchV (1989) beauftragt [AllMBl 1994].
1993–1997	Errichtung und Inbetriebnahme des Teilkörperzählers mit dem Einsatzschwerpunkt Bestimmung von inhalieren Actinoiden in der Lunge [StMLU 1997].
Mär. 2011	Reaktorunfall in Fukushima. Kurzzeitig hohes Messaufkommen an Personen, die sich während des Unfalls in Japan aufgehalten hatten.
Mär. 2013	Umstellung des Messbetriebs von NaI(Tl)- auf HPGe-Detektoren mit Elektrokühlung, digitale Messelektronik und die Software „Apex-InVivo“.
Feb. 2016	Aufnahme der Herstellung eigener Stäbchenquellen zur Kalibrierung der Messanlagen, für die Ringversuche der Leitstelle Inkorporationsüberwachung und für Forschungsarbeiten.
Jan. 2017	Beginn der Herstellung von Kalibrierphantomen durch 3D-Druck.
2019–2020	Studie zur Körperaktivität von Cs-137 bei Jäger*innen und ihren Angehörigen

## 4.5 Referenzen

- [AllIMBI 1994] Allgemeines Ministerialblatt der Bayerischen Staatsregierung (8. Jahrgang, Nummer 3 vom 6.2.1995), Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen vom 21. Dezember 1994 Nr. 9308-351/942-69986.
- [Als 2017] M. Alssabbagh, A. A. Tajuddin, M. Abdulmanap, R. Zainon, Evaluation of 3D printing materials for fabrication of a novel multi-functional 3D thyroid phantom for medical dosimetry and image quality, *Radiat. Phys. Chem.* **135** (2017) 106-112.
- [BfS 1992] Bundesamt für Strahlenschutz, Bericht „Ganzkörpermessungen an bayerischen Schulkindern. Abschlussbericht. Juli 1992“, BfS-ISH-159/92, Dezember 1992.
- [BfS 2020] Dienstanweisung über die Erhebung von Entgelten für privatrechtliche Nutzleistungen (DA Nutzleistungen) vom 15.1.2020, GZ Z1 Org – 04105/305, mit Entgeltverzeichnis für Nutzleistungen des Bundesamtes für Strahlenschutz, <https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/bfs/entgeltverzeichnis.html>.
- [BGA 1965] Bundesgesundheitsamt, Tätigkeitsbericht 1964/65.
- [BMU 1987] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung Jahresbericht 1986“.
- [BMU 2007] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle Teil 2: Inkorporationsüberwachung, 2007.
- [BMWF 1967] Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung, Bericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung IV. Vierteljahr 1966“, Bad Godesberg, 8. März 1967.
- [Giu 2016] A. Giussani, P. Nogueira, N. El Faramawy, W. Buchholz, U. C. Gerstmann, M. Hartmann, O. Meisenberg, D. Noßke, W. Rühm, A puzzling Case of Contamination with <sup>241</sup>Am, *J. Radiol. Prot.* **36** (2016) 391-404.
- [Isa 2017] M. Isaksson, P. Fojtík, J. F. Navarro, J. Oško, B. Perez, CATHyMARA report: Report of WP4 about intercomparison results for non-trained responders. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens CATHyMARA, WP4, Mai 2017.
- [Manu 1995] Technical Documents for Human Whole Body Phantom – Set UPh-07T, Scientific Research Institute for Industrial and Sea Hygiene, St. Petersburg, Russia 1995.
- [Mei 2017] O. Meisenberg, U. Gerstmann, Thyroid monitoring of adults and children after reactor accidents with a new dose rate measurement device. *Appl. Radiat. Isot.* **125** (2017) 150-153.
- [Mei 2021] Oliver Meisenberg, Udo Gerstmann: Exposure of German hunters and their family members to the radioactive nuclide <sup>137</sup>Cs due to their eating habits. *Science of The Total Environment* **798** (2021):149264.
- [Nog 2015] P. Nogueira, W. Rühm, M. A. Lopez, T. Vrba, W. Buchholz, P. Fojtík, G. Etherington, D. Broggio, J. Huikari, O. Marzocchi, T. Lynch, A. L. Lebacqz, C. Li, J. Oško, I. Malátova, D. Franck, B. Breustedt, D. Leone, J. Scott, A. Shutt, B. Hauck, K. Capello, B. Pérez-López, J. F. Navarro-Amaro, T. Pliszczynski, K. Fantínová, S. Y. Tolmachev, EURADOS <sup>241</sup>Am skull measurement intercomparison, *Radiat. Meas.* **82** (2015) 64-73.

- [Rüh 1997] W. Rühm, K. König, D. Nosske, A partial body counter for incorporated low level actinides, J. Radioanal. Nucl. Chem. 226 (1997) 85-91.
- [Schm 1969] H. Schmier, Abschirmung von Ganzkörperstrahlungs-Meßanlagen – Shielding of whole body counters, Kerntechnik 11 (1969) 227-229.
- [Schm 1971] H. Schmier, Optimum Shielding Conditions for Low-Level Whole-Body Activity Measurements. In Assessment of radioactive Contamination in Man, 22.-26.11.1971, Stockholm, IAEA-SM-150/59.
- [StMLU 1997] Bayerisches Staatministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Bericht „Einrichtung und Betrieb einer Inkorporationsmessstelle Bayern zur Direktbestimmung der Körperaktivität“, November 1997.
- [Ula 1997] A. V. Ulanovsky, V. F. Mینenko, S. V. Korneev, Influence of Measurement Geometry on the Estimate of <sup>131</sup>I Activity in the Thyroid: Monte Carlo Simulation of a Detector and a Phantom, Health Phys. 72 (1997) 34-41.