



Merkpostenliste für die Ausstattung eines Radionuklidlabors in der Umweltüberwachung

Bearbeiter: J. Eikenberg, Paul-Scherer-Institut, Villigen
S. Kaminski, Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe
I. Mailand, Paul-Scherer-Institut, Villigen
Th. Steinkopff, Deutscher Wetterdienst, Offenbach
Chr. Wilhelm, Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | Zielstellung | 1 |
| 2 | Radionuklidlabor | 1 |
| 2.1 | Allgemeines | 2 |
| 2.2 | Ausstattung | 2 |
| 2.3 | Empfehlungen der DIN 25 425 | 2 |
| 3 | Probenbehandlung | 3 |
| 3.1 | Allgemeines | 3 |
| 3.2 | Ausstattung | 3 |
| 3.3 | Probeneingang | 3 |
| 3.4 | Probenlagerung | 4 |
| 3.5 | Probenvorbereitung | 4 |
| 4 | Radiochemie | 5 |
| 4.1 | Allgemeines | 5 |
| 4.2 | Ausstattung | 5 |
| 4.3 | Radiochemische Trennvorgänge | 6 |
| 4.4 | Spezielles | 7 |
| 5 | Messtechniken | 7 |
| 5.1 | Allgemeines und Ausstattung | 7 |
| 5.2 | Alpha-Beta-Gesamt-Messtechnik | 7 |
| 5.3 | Gamma-spektrometrie | 7 |
| 5.4 | Flüssigszintillationsspektrometrie | 8 |
| 5.5 | Alphaspektrometrie | 8 |
| 5.6 | Massenspektrometrie mittels ICP-MS | 8 |
| 6 | Literatur | 9 |
| 7 | Abkürzungen | 9 |

1 Zielstellung

Ziel dieses Loseblattes ist es, einem Laborverantwortlichen für den Fall einer Laborneueinrichtung oder einer Labormodernisierung praktische Hinweise zu geben. Es wird für die verschiedenen Arbeitsgebiete eines Radionuklidlabors in der Umweltüberwachung eine beispielhafte Auflistung über die notwendigen Analyseverfahren und die dazu erforderliche Ausstattung aufgeführt. Eine detaillierte Beschreibung der Messverfahren mit einer Zusammenstellung der notwendigen Geräte ist in den jeweiligen Blättern dieser Loseblattsammlung zu finden.

2 Radionuklidlabor

Als Begriffsdefinition für ein Radionuklidlabor wird auf DIN 25 425 Teil 1 [1] verwiesen, wo der Begriff wie folgt definiert ist: „Laboratorium mit einem oder mehreren Räumen, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen umgegangen wird.“



LOSEBLATTSAMMLUNG FS-78-15-AKU
EMPFEHLUNGEN ZUR ÜBERWACHUNG
DER UMWELTRADIOAKTIVITÄT

Blatt: 3.4.3
Seite: 2 von 9
Stand: März 2007

2.1 Allgemeines

Im Rahmen der Umweltüberwachung werden in Radionuklidlaboratorien für Kalibrierzwecke radioaktive Präparate benötigt. Diese Präparate weisen in der Regel in einem Umweltlabor die höchsten Aktivitäten auf. Daher ist auf eine diebstahlsichere Aufbewahrung gemäß den Strahlenschutzgrundsätzen unbedingt zu achten. Kalibrierpräparate sollten abgeschirmt und/oder in einem extra ausgewiesenen Raum aufbewahrt werden.

Für die Probenaufbereitung und die Analytik von Proben mit größerer Aktivität sind jeweils getrennte Räume vorzusehen.

Ist das Labor auch für den Einsatz in einem Störfall vorgesehen, ist zu bedenken, dass durch die Lüftungsanlage Radionuklide in das Labor eingetragen werden können. Deshalb sind bei der Lüftungsanlage für diesen Fall Vorkehrungen in Form von Rückhaltefiltern zu treffen. Weitere Vorkehrungen gegen Kontamination sind im Losen Blatt 3.3.4 erläutert.

2.2 Ausstattung

In der Merkpostenliste werden Hinweise zu einzelnen Laborausstattungen gegeben, die für die Aufgabe als Messlabor für die Umweltüberwachung notwendig sind. Grundsätze über die notwendigen Ausstattungen von Radionuklidlaboratorien im Allgemeinen und zum Strahlenschutz im speziellen finden sich in der DIN 25 425 [1]. Deshalb wird auf diese Punkte nur bei einzelnen Besonderheiten eingegangen.

Die angegebenen Ausrüstungen und die dazu gemachten Angaben sind als Bausteine zu verstehen. Sie sind abhängig von den erforderlichen Messungen zu beachten. Eine angemessene Strahlenschutzgrundausrüstung, wie Alpha/Beta- bzw. Beta/Gamma-Kontaminationsmonitor und Dosisleistungsmessgerät, wird vorausgesetzt.

2.3 Empfehlungen der DIN 25 425

Die notwendige Ausstattung eines Radionuklidlabors richtet sich nach der Umgangsmenge an radioaktiven Stoffen sowie deren Umgangs- bzw. Handhabungsart. Dazu sind gemäß DIN 25 425 die sogenannten Schutzklassen (S) zu ermitteln. Die Schutzklassen setzen sich aus der Aktivitätsstufe (z.B. 1) und der Umgangsart (A oder B) zusammen. Die Aktivitätsstufe wird mit Hilfe des Aktivitätsfaktors, dem Quotienten aus der Umgangsaktivität und dem Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr GJAZ, aus der Tabelle 1 der Norm abgelesen. Der GJAZ wurde in der alten Strahlenschutzverordnung beschrieben. In der Strahlenschutzverordnung von 2001 wird dieser Wert nicht mehr definiert. Daher wird empfohlen, diesen nun aus der maximalen Jahresdosis für beruflich strahlenexponierte Personen und dem Dosisfaktor Inhalation [2] für das jeweilige Nuklid zu ermitteln. Daraus resultiert der Inhalationszufuhrwert IZW.

Beispiel: Umgang mit staubförmigen Proben und einer Umgangsmenge von $3 E+7 Bq^{137}Cs$.
Berechnung des Inhalationszufuhrwertes IZW als Ersatz für den Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr:

$$IZW = \frac{0,02Sv}{6,7E-9 \frac{Sv}{Bq}} = 2,98E+6 Bq$$

Der Quotient aus der Umgangsmenge $3E+7 Bq^{137}Cs$ und dem IZW ergibt einen Aktivitätsfaktor von 10. Aus Tabelle 1 der DIN 25 425 lässt sich hierfür eine Aktivitätsstufe von 1 ablesen. Der Umgang mit staubförmigen Proben fällt in die Umgangsart B, Umgang mit erhöhter Freisetzungswahrscheinlichkeit. In der Tabelle 2 lässt sich für eine Aktivitätsstufe von 1 und einer Umgangsart B eine Schutzklasse S2 ablesen. In Tabelle 3 finden sich nun die für diese Schutzklasse vorgeschlagenen und geforderten technischen Ausrüstungen.



Bei der Planung eines neuen Labors ist es sinnvoll, auch über Ausrüstungen, die erst für höhere Schutzklassen gefordert sind, nachzudenken, da manche dieser Ausrüstungen im Rahmen eines Neu- oder Umbaus kaum oder keine Mehrkosten verursachen (z. B. spezielle Bodenbeläge). Man sichert sich aber durch diese Maßnahmen für die Zukunft ab und kann das Labor auch später leicht für größere Umgangsmengen ertüchtigen.

3 Probenbehandlung

3.1 Allgemeines

Von hoher Wichtigkeit ist eine klare räumliche Trennung zwischen Proben geringer Radioaktivität (in der Regel Umweltproben) und von Proben höherer Aktivität, um Kontaminationen und dadurch falsche Interpretationen von Messergebnissen zu vermeiden. Bei den Probenarten, die bei der Immissionsüberwachung anfallen, handelt es sich insbesondere um Filter, Bodenproben und biologische Proben zur Überprüfung des Luftpfades, sowie diverse Wasserproben zur Überprüfung des Wasserpfad. Typische Probenarten und die in diesen zu analysierenden Radionuklide sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab 1: Typische Probenarten und Radionuklide

| Probenart | Typische Radionuklide |
|--|--|
| Luftfilter und Staubfangplatten | ^7Be , ^{60}Co , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{239}Pu , ^{241}Am , ... |
| Niederschläge, Fluss- und Grundwasser | ^3H , ^7Be , ^{60}Co , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ... |
| Biologische Proben (Gras, Milch, Fleisch, Baumblätter) | ^7Be , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ... |
| Bodenproben und Sedimente | ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{60}Co , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ... |

3.2 Ausstattung

Die Räumlichkeiten für Probeneingang und Registrierung erfordern keine speziellen, technisch aufwendigen Installationen. Empfehlenswert sind Kühlvorrichtungen für die temporäre Lagerung von frischen Futter- oder Nahrungsmitteln. Im Probenannahmeraum sollte sich ein PC zur elektronischen Registrierung befinden; die längerfristige Probenlagerung sollte in einem trockenen, belüfteten, beheizbaren und abschliessbaren (Beweissicherung) Raum erfolgen.

3.3 Probeneingang

Vorzugsweise werden die eintreffenden Proben zunächst in einer elektronischen Datenbank registriert. Dabei sind neben der Probenbeschreibung Angaben über Erhebungsdatum, Erhebungsort, Art und Zustand der Probe, Angabe der zu verwendenden Maßeinheiten (z.B. Bq/m^3 , Bq/L etc.) und Angaben über die Ortsdosisleistung sowie über den Kontaminationszustand sinnvoll.

Folgende Komponenten gehören zur Grundausrüstung im Probenannahmeraum:

- Computer für die Registrierung
- Dosisleistungsmessgerät
- Kontaminationsmessgerät
- Regalfläche, Annahmetisch
- Schreibwerkzeug zur Beschriftung (evtl. Barcode-Reader bei grosser Probenanzahl)



LOSEBLATTSAMMLUNG FS-78-15-AKU
EMPFEHLUNGEN ZUR ÜBERWACHUNG
DER UMWELTRADIOAKTIVITÄT

Blatt: 3.4.3

Seite: 4 von 9

Stand: März 2007

3.4 Probenlagerung

Die Proben und Lagerregale (bzw. Schränke) sollten eindeutig beschriftet sein (Rückverfolgbarkeit) und ein Registrierbuch geführt werden. Aufbewahrungsfristen sind festzulegen und einzuhalten. Entsprechend empfiehlt es sich, die Proben nach Jahrgängen zu sortieren. Sinnvoll ist die Lagerung von Luftfiltern und vollständig getrockneten biologischen Proben (inklusive Boden- und Sedimentproben) in luftdicht verschließbaren Probengefäßen (z. B. Kautex-Weithalsflaschen). Wasserproben müssen angesäuert sein (10 ml HCl_{konz} pro Liter) und sollten lichtgeschützt gelagert werden, da sonst die Gefahr besteht, dass ein Algenwuchs einsetzt. Für stärker radioaktive Proben sollten Abschirmmöglichkeiten zur Verfügung stehen.

3.5 Probenvorbereitung

Nach der Registrierung sind die Proben im Trockenschrank bevorzugt bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz zu trocknen und in geeignete Probengefäße, mit denen auch die Messgerätekalibrationen durchgeführt wurden, abzufüllen (Probengewicht notieren). Bei Niederschlägen, Fluss- und Grundwasser ist je nach Anteil von Schwebstoffen auch eine Filtration ratsam.

Tab 2: Probenvorbereitung und Probengefäße für die γ -Direktmessungen

| Probenart | Probenvorbereitung | Probengefäße für γ -Direktmessung |
|--|---|--|
| Luftfilter | Nicht notwendig Filterpresse | Filter in Plastikdose oder Filterpressling in PE-Tüte |
| Staubfangplatten (s. LB 3.4.4) | Vaseline in ein Stahlschälchen transferieren | Stahlschälchen |
| Niederschläge, Fluss- und Grundwasser | Entnahme von 10 ml für LSC-Messung (^3H) | verschließbares Probengefäß |
| Biologische Proben (Gras, Blätter,...) | Trockenschrank 105°C | |
| Bodenproben und Sedimente | Trockenschrank 105°C | |

Nach der Trocknung der Probe und den erfolgten Direktmessungen (s. Tabelle 2) ist ein aliquoter Teil für weitere nuklidspezifische Untersuchungen und für radiochemische Probenaufschlüsse zu entnehmen. Der Rest kann gelagert werden.

Folgende Komponenten sind für die Probenbehandlungen vor der chemischen Analytik von Wichtigkeit:

- Proben, generell: geeignete Abfüllgefäße, Verpackungsfolie, Beschriftungsmaterial, Grob- und Analysenwaage, Pipetten etc.
- Trocknung und Veraschung: Trockenschrank, UV-Lampe, Heizplatte, Muffelofen, Rohrofen etc.
- Eingangsmessung: Dosisleistungs- und Kontaminationsmessgerät
- Proben mit deutlich erhöhter Aktivität: Handschuhbox, Abschirmvorrichtung



Vor der radiochemischen Trennung sind Probenaufschlüsse bzw. Leaching-Verfahren für die anschließende Analytik auf Radionuklide mit Teilchenstrahlemission (α , β) erforderlich, da diese Teilchenstrahler nur sehr geringe Reichweiten in Materie aufweisen. Probenvollaufschlüsse (z. B. Mikrowelle, Druckbomben, Autoklav) bis zum Erhalten von klaren Lösungen für die anschließende radiochemische Trennung sind ideal.

Zu Bedenken ist aber, dass bei den Bodenproben und Sedimenten die zu analysierenden anthropogenen Radionuklide nur äusserlich angelagert sind und nicht in den Kristallgittern der Minerale gebunden sind. Daher reichen hier Leaching-Verfahren aus, was den Vorteil hat, dass sich weniger Ionen in der weiter zu behandelnden Lösung befinden (reduziert die Störeffekte der chemischen Matrix). Typische Vorbereitungsschritte vor der radiochemischen Trennung sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Tab 3: Typische Probenvorbereitungsschritte vor der radiochemischen Trennung

| Probenart | Typische Probenvorbereitungsschritte |
|--|---|
| Luftfilter und Staubfangplatten | Vollaufschluss bzw. Leaching (Radionuklide auf Oberflächen) |
| Niederschläge, Fluss- und Grundwasser | Eindampfen, Fällung, Destillation |
| Biologische Proben (Gras, Baumblätter) | Vollaufschluss (Radionuklide befinden sich in der Matrix) |
| Bodenproben und Sedimente | Vollaufschluss bzw. Leaching (Radionuklide adsorbiert) |

4 Radiochemie

4.1 Allgemeines

Für die Durchführung von radiochemischen Trennungen wird ein vollständig eingerichtetes Analytik-Labor benötigt (d. h. mit Abzugsvorrichtungen etc.). Für die Lagerung von Chemikalien (Säuren für Probenaufschlüsse etc.) und weiteren Lösungsmitteln (z. B. Szintillatorflüssigkeiten) ist ein Entlüftungssystem notwendig. Ferner müssen Vorrichtungen für Kühl- und Dunkellagerung vorhanden sein, damit sich empfindliche Substanzen nicht zersetzen (Austauscherharze, Szintillatorflüssigkeiten, Oxidationsmittel etc.). Die Analytik von Proben mit höherer Radioaktivität erfordert speziell abgegrenzte Arbeitsbereiche, auch einen separaten Abzug und nur dafür verwendete Gerätschaften.

4.2 Ausstattung

Wesentliche Schritte bei der radiochemischen Analytik beinhalten Proben-Veraschungen, -Aufschlüsse bzw. Leachingverfahren. Diese Arbeiten dürfen nur in geschützten Laborabzügen unter Einschaltung der Lüftung und entsprechender Laborbekleidung durchgeführt werden. Zu beachten sind insbesondere folgende Komponenten:

- Laborabzüge mit funktionierender Belüftung, guter Beleuchtung, Abluftwaschanlagen (Perchlorkapelle) für das Neutralisieren flüchtiger, toxischer Säuren
- Gasversorgung (Druckluft, Stickstoff, Methan, Argon)
- Reinstwasserversorgung bzw. Deionisations- oder Destillationsapparatur
- Abluftvorrichtung
- Gefahrstofflager (Entlüftungssystem für Chemikalien)
- Aktivkohlefilterabzug (wird benötigt bei flüchtigen, radioaktiven Verbindungen)
- Leitungssystem für radioaktives Abwasser



4.3 Radiochemische Trennvorgänge

Für die Messung von Teilchenstrahlern (α , β) sind aus zwei Gründen vorangehende radiochemische Trennschritte notwendig:

- Interferenzen im Spektrum sollten vermieden werden (Beispiel für eine Bodenprobe: Interferenz zwischen ^{238}Pu , ^{241}Am und ^{228}Th bei 5.5/5.54 MeV) und
- das Probenpräparat zur Messung sollte möglichst rein sein (z.B. Dünnschichtpräparate für die α -Spektrometrie, Vermeidung von unterschiedlichen Quench-Effekten für die LSC-Messung von β -Strahlern).

Für die chemischen Trennungen bieten sich nachfolgend aufgeführte Methoden an:

- Koprezipitation: die Mitfällung dient meist zur Voranreicherung und Abtrennung von Elementen der 1. und 7. Hauptgruppe.
- Lösungsmittlextraktion (engl. solvent extraction): Die Flüssig-Flüssig-Extraktion (Überführung von Stoffen aus der wässrigen Phase in eine organische Phase mit anschließender Rückextraktion), wird heutzutage aus praktischen Gründen und wegen der Arbeitssicherheit vermehrt durch chromatographische Methoden ersetzt.
- Chromatographische Methoden, insbesondere,
 - Extraktionschromatographie (Säulensextraktion, erläuternder Text, s. u.)
 - Weitere, chromatographische Methoden wie HPLC: (High Pressure Liquid Chromatography), GC: (Gas Chromatography), Dünnschichtchromatographie (Stofftrennung auf einer Platte)
- Volatilisation (Verflüchtigung) / Destillation
- Elektrodeposition (Abscheidung chemischer Substanzen unter Ausnutzung ihrer Redoxreaktionen an Elektroden) und Elektrophorese (Ladungstrennung im elektrischen Feld)

Die derzeit am häufigsten in einem radioanalytischen Labor angewendeten Trennmethode beschränken sich im Wesentlichen auf Vorkonzentrationschritte über Mitfällung (z. B. Pu in Boden über Oxalsäurefällung) und sich anschließende chromatographische Trennschritte, wobei hier der Analyt in der wässrigen Phase über eine in einer Trennkolonne enthaltene stationäre Phase gegeben wird. Beim Durchlauf durch die Trennkolonne verzögert sich der Durchbruch des Analyten infolge einer Komplexbildung mit der Oberfläche der stationären Phase gegenüber einer chemisch nicht-reaktiven Spezies erheblich, was zu einer Stofftrennung führt. So werden z. B. in der Bodenanalytik auf anthropogene Aktinide selektive Trennsäulen verwendet (Produkte, wie das Austauschharz TRU-SpecTM, Firma EiChrom, Darien, IL, USA, welches selektiv für die Fixierung von tri- und tetravalenten Aktiniden angewendet wird). Für die Durchführung oben erwähnter Trennungen werden folgende Laborapparaturen und Chemikalien benötigt:

- Koprezipitation: Absaugvorrichtung, Zentrifuge, (Filtrierapparat), pH-Meter, Chemikalien
- Lösungsmittlextraktion: Scheidetrichter, entsprechende Lösungsmittel wie Tributylphosphat etc.
- Extraktionschromatographie: Ionenaustauscherkolonnen, spezielle Austauscherharze
- Volatilisation: Destillationsapparatur, Vakuumrotationsverdampfer
- Elektrodeposition: Elektrolyseapparatur mit Stromquelle



4.4 Spezielles

Die Analytik von speziellen Radionukliden, die nur in geringen Spuren vorkommen (z. B. im Fallout: ^{129}I , ^{99}Tc , kosmogenes ^{36}Cl , ^{85}Kr aus Wiederaufarbeitungsanlagen) oder sehr präzise zu bestimmen sind (z. B. ^{14}C in der Umgebung von Neutronenquellen, ^3H für hydrologische Untersuchungen) erfordert mitunter einen grösseren Platzbedarf. So werden zum Nachweis von Fallout-Isotopen mit sehr langen Halbwertszeiten Massenspektrometer benötigt, für präzise ^3H -Messungen im Low-Level-Bereich sind Anreicherungsverfahren (z. B. elektrolytisch) erforderlich und genaue ^{14}C -Analysen werden meistens mittels Syntheseeinheiten (z. B. Benzolsynthese) durchgeführt. Hier müssen die sicherheitstechnischen Auflagen gesondert berücksichtigt werden. Zudem sind hier im Einzelfall, z. B. bei elektrolytischer Anreicherung von Tritium im Regenwasser, besondere räumliche Ausstattungen zu beachten.

5 Messtechniken

5.1 Allgemeines und Ausstattung

Die Messräume sollten von den anderen Räumen, wie z. B. denen für die Probenaufbereitung, getrennt gehalten werden. Damit soll gewährleistet werden, dass durch den Umgang mit dem Probenmaterial die Messgeräte nicht kontaminiert werden. Ist vorgesehen, neben Proben im Low-Level-Aktivitätsbereich auch Proben mit höherer Aktivität zu handhaben, wäre es sinnvoll, hierfür getrennte Geräte, idealerweise in getrennten Räumen, vorzusehen.

Bei der Wahl des Raumes für die Messgeräte ist auf einen niedrigen Untergrundstrahlenpegel zu achten. Eine unterirdische Unterbringung des Labors reduziert die kosmische Komponente der Untergrundstrahlung, allerdings ist hier wegen erhöhtem Radonaufkommen auf eine gute Lüftung der Räume zu achten.

Die Ausgabe von Protokollen an den Messgeräten sollte soweit wie möglich eingeschränkt oder die Ausgabe über Netzwerktechniken in die Büros verlagert werden. Damit soll einer Kontaminationsverschleppung aus dem Messraum mittels der Messprotokolle in das Büro vorgebeugt werden.

Bei den Räumlichkeiten für die Messtechnik sollte bei der Stromversorgung eventuell auch an einen Notstromgenerator gedacht werden. Da fast alle Messgeräte heute über PC's gesteuert werden, oder sogar direkt einen eigenen Netzwerkanschluss besitzen, ist die Kopplung über ein Netzwerk (LAN) sinnvoll, in dem auch ein eigener Datei- und Datenbank-Server verfügbar sein sollte.

5.2 Alpha-Beta-Gesamt-Messtechnik

Für die Alpha-Beta-Gesamt-Messtechnik werden üblicherweise gasgefüllte Proportionalzählrohr-Detektoren eingesetzt. Das Zählgas (z.B. Methan oder Argon/Methan) in diesen Detektoren wird im Durchfluss ausgetauscht. Dafür ist eine Gasversorgung im Labor nötig. Für einzelne Messplätze kann unter Beachtung von Sicherheitsbestimmungen die Versorgung mit Zählgas aus Flaschen im Labor erfolgen. Bei mehreren Detektoren bietet sich eine zentrale Gasversorgung für das Labor an. Der Platzbedarf für einen Messplatz mit Alpha-Beta-Zählrohr beträgt ca. $0,5\text{ m}^2$. Aufgrund der nötigen Bleiabschirmung beträgt das Gewicht eines solchen Messplatzes 300 bis 500 kg. Die Belastung für den Boden muss beim Aufstellen von mehreren Messplätzen beachtet werden.

Für die Auswertung der Messdaten werden handelsübliche PC's verwendet. Für diese sollte eine einfach zu bedienende Software, die aber dennoch eine Rückverfolgbarkeit der Analysen gewährleistet eingesetzt werden. Da ausser beim Start der Messung kaum eine Interaktion des Benutzer erforderlich ist, kann der Auswerte-PC durchaus mit dem Gerät zusammen untergebracht werden.

5.3 Gammaskopimetrie

In dieser Merkpostenliste wird von der Ausstattung eines Labors für die Gammaskopimetrie mit Reinstgermaniumdetektoren ausgegangen. Reinstgermaniumdetektoren werden üblicherweise wegen der sehr guten Energieauflösung verwendet. Ein Reinstgermaniumdetektorsystem besteht aus dem



Detektor, dem Kryostaten, der Elektronik für die Signalverarbeitung, der Bleiabschirmung und einem PC für die Auswertung der Spektren.

Bei der Standortwahl sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

a) Platzbedarf

Der Platzbedarf für ein Gammaskpektrometer beträgt etwa 1 m². Weiterer Platz wird für einen Auswerte-PC und bei Kühlung mit Flüssigstickstoff für LN₂-Vorratsbehälter benötigt. Die Auswertung von Gammaskpektren erfolgt mit moderner Software zwar weitgehend automatisch, dennoch sind Interaktionen des Benutzers bei fast jeder Analyse erforderlich, so dass ein vollwertiger PC-Arbeitsplatz beim Raumbedarf berücksichtigt werden muss.

b) Deckenlast

Um die Untergrundstrahlung bei der Messung gering zu halten, wird der Detektor mit einer Bleiburg umgeben. Geht man von einer Bleiabschirmung mit einem Umfang von 40 x 40 x 80 cm (Außenmaß) und einer Dicke von 10 cm aus, beträgt das Gewicht der Abschirmung etwa 2 Mg. Vergleichsweise gering sind die Gewichte der übrigen Teile des Detektorsystems. Bei der Aufstellung von Gammadetektoren mit Bleiabschirmung in einem Raum muss der Raum für diese Deckenlast ausgelegt sein.

c) Kühlung

Reinstgermaniumdetektoren müssen gekühlt werden. Üblicherweise geschieht dies mit Flüssigstickstoff. Dabei ist bei der Ausstattung des Labors beim Bodenbelag darauf zu achten, dass dieser möglichst unempfindlich auf den tiefkalten flüssigen Stickstoff reagiert. Neben der Kühlung mit flüssigem Stickstoff besteht auch die Möglichkeit der elektrischen Kühlung.

5.4 Flüssigszintillationsspektrometrie

Flüssigszintillationsspektrometer (LSC) stellen keine besonderen Anforderungen an den Aufstellungsort. Empfehlenswert sind ein antistatischer Fußbodenbelag und eine Raumklimatisierung. Der Platzbedarf für ein solches Messgerät beträgt ca. 2 m². Außer einem Messwertdrucker ist die Elektronik und der Rechner im Messgerät integriert, so dass kein weiterer Platz benötigt wird. Sollten bei der Flüssigszintillationsmesstechnik lösungsmittelhaltige Cocktails eingesetzt werden, ist auf eine gute Raumbelüftung zu achten.

5.5 Alphaspektrometrie

Aufgrund der starken Wechselwirkung von Alpha-Strahlung mit Materie, werden alphaspektrometrische Messungen immer in Vakuumkammern durchgeführt. Für diese Vakuumkammern ist eine Vakuumpumpe erforderlich, die in der Regel während der Messung auch in Betrieb ist. Um Lärmbelästigungen im Labor zu minimieren, können hierfür bei Planung und Ausstattung entsprechende Vorkehrungen getroffen werden. Der Platzbedarf für ein Alphaspektrometer mit zwei bis vier Kammern beträgt ca. 1 m². Hinzu kommen noch der Platzbedarf für Pumpe und Auswerte-PC. Für weitere Kammern steigt der Bedarf nur unwesentlich und nicht linear. Da es aber dabei hier sehr auf die Art und Ausführung der Messanordnung ankommt, kann keine genaue Angabe über den nötigen Platz gemacht werden.

5.6 Massenspektrometrie mittels ICP-MS

Für die Massebestimmung von ¹²⁹I, ²³²Th, ⁹⁹Tc, die getrennte Bestimmung von ²³⁹Pu und ²⁴⁰Pu, die Bestimmung des Uran-Anreicherungsgrades, oder auch die Bestimmung von ¹⁰Be wird die Massenspektrometrie mittels ICP-MS eingesetzt. Wegen der sehr guten Nachweisgrenzen für langlebige Radionuklide kommt sie zunehmend auch bei der Überwachung der Umweltradioaktivität zum Einsatz.

Wegen der Wärmeentwicklung am Gerät ist dieses oft mit einer zusätzlichen Wasserkühlung ausgestattet. Um die Wärme aus dem Messraum abzuführen, ist eine Klimatisierung des Raumes



vorzusehen. Ersatzweise kann die Abwärme auch durch eine starke Abluft abgeführt werden. Zum Betrieb eines ICP-MS wird eine Versorgung mit Argon benötigt. Der Platzbedarf für Geräte mit Auswerteeinheit beträgt ca. 3 m². Da das ICP-MS zur Spurenanalytik dient, gilt der Probenvorbereitung ein besonderes Augenmerk. Hier kann es erforderlich sein, spezielle Reinraumtechniken einzusetzen.

6 Literatur

- [1] Radionuklidlaboratorien, DIN 25425, Juni 1989 bis November 1999; Teil 1: Regeln für die Auslegung, September 1995 (neuer Entwurf April 2001)
- [2] Bekanntmachung der Dosiskoeffizienten zur Berechnung der Strahlenexposition, Bundesanzeiger Nr. 160 vom 23. Juli 2001, Beilagebände 160a und 160b

7 Abkürzungen

| | |
|-----------------|---|
| GJAZ | Grenzwert der Jahresaktivitätszufuhr |
| ICP-MS | Induktiv gekoppeltes Plasma – Massenspektrometer |
| IZW | Inhalationszufuhrwert |
| LN ₂ | Flüssiger Stickstoff |
| LSC | Liquid Scintillation Counter, Flüssigszintillationsspektrometer |

Bitte beachten Sie den Hinweis im Losen Blatt 1.3 „Erläuterungen zur Loseblattsammlung“.