



Überwachung der Radioaktivität des Niederschlags

Bearbeiter: U. Gerstmann, ehemals Helmholtz-Zentrum, München
T. Steinkopff, Deutscher Wetterdienst, Offenbach
P. Steinmann, Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern, Schweiz
H. Völkle, Physikdepartement der Universität Fribourg Schweiz
E. Voelz, ehemals PreussenElektra, Hannover
H. Wershofen, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck der Überwachungsmaßnahme	1
2	Messgröße, Maßeinheit und zu fordernde Nachweisgrenze.....	2
3	Messverfahren	2
	3.1 Probenentnahme.....	2
	3.1.1 Voraussetzungen zur Niederschlagssammlung.....	2
	3.1.2 Niederschlagssammelgeräte.....	3
	3.2 Probenaufbereitung.....	6
	3.3 Messungen	7
	3.3.1 γ -spektrometrische Messungen und erreichbare Nachweisgrenzen.....	7
	3.3.2 Messung der Tritium-Aktivität und erreichbare Nachweisgrenzen.....	8
4	Bewertung des Verfahrens	8
5	Dokumentation.....	8
6	Bemerkungen	8
7	Literatur.....	9

1 Zweck der Überwachungsmaßnahme

Zweck der Maßnahme ist die quantitative Erfassung der mit dem Niederschlag abgelagerten Radionuklide.

Dabei ist prinzipiell zu unterscheiden zwischen der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen und der allgemeinen Überwachung der Umweltradioaktivität, wie sie beispielsweise in Deutschland im Strahlenschutzvorsorgegesetz [1] festgelegt ist.

Für die Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland schreibt die Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) [2] die Messung der Radioaktivität im Niederschlag mittels γ -Spektrometrie vor. Dazu wird die kontinuierliche Sammlung der Niederschläge an der sog. ungünstigsten Einwirkungsstelle und an einem Referenzort für eine Auswertung von Monatsproben durch γ -Spektrometrie zur Bestimmung der Aktivitätseinträge einzelner Radionuklide und der Dosisbeiträge durch Bodenstrahlung vorgeschrieben. Für Brennelementfabriken wird in der REI auch eine Überwachung der Gesamt- α -Aktivität des Niederschlags gefordert, bei Überschreitung von Grenzwerten eine nuklidspezifische Analyse.

In der Schweiz gehört die Niederschlagsüberwachung mit monatlicher γ -Spektrometrie und Tritium-Messung zum Routineüberwachungsprogramm.



Im Rahmen der allgemeinen Überwachung der Umweltradioaktivität werden in Deutschland gemäß dem Strahlenschutzvorsorgegesetz und der daraus abgeleiteten AVV-IMIS [3] routinemäßig Messungen zur Bestimmung von γ -Strahlern, $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$, Tritium und α -Strahlern im Niederschlag vorgenommen. In der Schweiz werden γ -Strahler und Tritium gemessen. $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ und α -Strahler werden hingegen nicht routinemäßig bestimmt.

In beiden Ländern werden vergleichbare Messungen zur Erfassung der dem Boden über die Trockenablagerung und über die nassen Niederschläge zugeführten Radionuklide durchgeführt. Bei deren γ -spektrometrischer Auswertung wird derzeit hauptsächlich das natürlich vorkommende ^7Be nachgewiesen sowie ^{137}Cs aus dem Unfall von Tschernobyl.

2 Messgröße, Maßeinheit und zu fordernde Nachweisgrenze

Messziel ist die pro Sammelzeitraum dem Erdboden durch Niederschlag zugeführte Aktivität von Radionukliden. Als Messgröße wird deren Aktivitätskonzentration im Niederschlag in Bq/L ermittelt. Ein Weg besteht darin, die Aktivität pro Fläche direkt nach Eindampfen des flächenbezogenen gesammelten Niederschlags zu bestimmen. Der andere Weg besteht darin, die Flächenbelegung in Bq/m² aus der Aktivitätskonzentration einer Probe und der flächenbezogenen Niederschlagshöhe in mm oder der Menge in Liter (L) pro Fläche zu berechnen. 1 mm Niederschlag entspricht 1 Liter Flüssigkeit pro Quadratmeter. Die Unsicherheit der Messung der Niederschlagshöhe beträgt im Allgemeinen aufgrund von Verdampfungsverlusten und Windeinfluss mindestens 15 % [4, 5]. Die von der REI für Deutschland geforderte Nachweisgrenze beträgt für langlebige γ -Strahler 0,05 Bq/L bezogen auf ^{60}Co . Dabei werden eine Mindestsammelfläche von 0,5 m² sowie die Angabe der pro m² und Monat abgelagerten Radioaktivität verlangt. In der Schweiz existieren keine behördlichen Vorschriften bezüglich der zu fordernden Nachweisgrenze.

In der AVV-IMIS [3] werden im Routine- und im Intensivmessprogramm folgende Nachweisgrenzen gefordert:

Messung	Routine	Intensiv
Gammastrahler	5 mBq/L	5 Bq/L
^{89}Sr , ^{90}Sr	1 mBq/L	1 Bq/L
Alphastrahler	0,02 mBq/L	0,1 Bq/L
Tritium	1 Bq/L	100 Bq/L

3 Messverfahren

3.1 Probenentnahme

3.1.1 Voraussetzungen zur Niederschlagssammlung

Für die Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen sind im Vergleich zur allgemeinen Überwachung der Umweltradioaktivität in der Atmosphäre die folgenden Überlegungen zusätzlich zu berücksichtigen.

Um die mit dem Niederschlag aus einer Abluffahne einer kerntechnischen Anlage ausgewaschene Aktivität zu bestimmen, wird, wegen der überall vorhandenen Aktivitätsablagerungen als Folge der oberirdischen Kernwaffentests und des Unfalls von Tschernobyl, die Einrichtung je einer Niederschlagssammelstelle

- an der ungünstigsten Einwirkungsstelle in der Umgebung der Anlage, d. h. (Zitat REI) auf einer „Fläche des Beaufschlagungsmaximums durch trockene und nasse Ablagerung im Langzeitmittel“ und
- an einem Referenzort, an dem keine Aktivität aus der Abluffahne ausgewaschen wird, gefordert.



Da die Bodenkontamination durch Niederschlag theoretisch umgekehrt proportional zum Ausbreitungsparameter (σ_x) ist bzw. umgekehrt proportional zur Quellenentfernung, ist es sinnvoll, das Sammelgerät je nach Kaminhöhe etwa 300 m bis 500 m entfernt von der Quelle in einer bei Regen bevorzugten Windausbreitungsrichtung aufzustellen. Die Referenzsammelstelle sollte sich dementsprechend etwa 1500 m bis 2000 m entfernt in einer bei Regen selten auftretenden Ausbreitungsrichtung befinden. Die Auffangfläche ist gemäß [6] (KTA 1508, Kap. 5.7.2) etwa in 1 m Höhe über Grund anzuordnen, mit einer Abweichung von weniger als 3° horizontal auszurichten und so aufzustellen, dass auch bei großen Windgeschwindigkeiten keine Beeinträchtigung durch Hindernisse, z. B. Bebauung oder Bewuchs, auftreten kann. Dies wird dadurch erreicht, indem der Abstand zum nächsten Hindernis mindestens der zweifachen, optimal der vierfachen Höhe des Hindernisses entspricht. Nach Möglichkeit ist der Sammler auf einem ebenen Gelände aufzustellen und durch Umzäunung gegen den Zugang durch Unbefugte zu sichern.

Für die allgemeine Umweltüberwachung ist es entscheidend, einen für die Umgebung repräsentativen Probenentnahmeort zu wählen.

Im Routinebetrieb ist die Messung von Monatsproben ausreichend; die Proben werden kontinuierlich gesammelt, wöchentlich (immer zum gleichen Zeitpunkt) entnommen und separat eingedampft, so dass im Bedarfsfall die Wochenproben auch einzeln ausgemessen werden können. Wird die Probe für den Versand oder die Probenaufbereitung in ein anderes Gefäß umgegossen, ist das gesammelte Regenwasser vorher gut zu durchmischen, um eventuell am Boden abgelagerte Schwebstoffe aufzuwirbeln und aufzulösen.

Um die Trockenablagerung mit zu erfassen, ist die Sammelfläche zum Auffangen des Niederschlags mittels einer vorgegebenen Menge an deionisiertem Wasser zu spülen. Dieses Spülwasservolumen wird bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Bei langen Sammelzeiten wird zwischen den Anteilen der Trockenablagerung und denjenigen aus dem Niederschlag nicht unterschieden. Soll nur der Anteil aus dem nassen Niederschlag ausgewertet werden, so muss die Sammelfläche zu Zeiten, in denen es nicht regnet, entweder automatisch abgedeckt oder regelmäßig von den Trockenablagerungen gereinigt werden.

Im Alarmbetrieb sollen Tagesproben entnommen und ausgewertet werden. Bei zu erwartenden höheren Aktivitäten kann auf das Eindampfen verzichtet werden.

3.1.2 Niederschlagssammelgeräte

Zur Bestimmung der Gesamtdosition werden in der Regel offene, beheizbare Sammler eingesetzt, die sowohl Regen als auch das trocken deponierte Material auffangen. Dabei wird bei längeren Sammelzeiten der Eintrag durch die Trockenablagerungen anteilmäßig größer.

Die Sammelfläche sollte sich 1,5 m bis 2 m über dem Erdboden befinden. Die Probenentnahme von Schnee ist bei hochgestellten Sammlern schlecht reproduzierbar, und eine wechselnde Sammeleffizienz ist die Regel. Die Messung der durch Schnee erzeugten Niederschlagshöhe kann durch die eigens für den Schneefall konstruierten Abschirmungen um die Trichteröffnung des Hellmann-Sammlers erfolgen oder durch moderne Schneehöhensensoren.

Nachfolgend werden zwei verschiedene in der Praxis eingesetzte Probenentnahmeeinrichtungen beschrieben.

Niederschlagssammler an den Radioaktivitätsmessstellen des Deutschen Wetterdienstes:

An den Radioaktivitätsmessstellen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) sind Wannen aus emailliertem Edelstahl installiert (Abb. 1). Die Auffangfläche beträgt ca. 0,64 m² und befindet sich ca. 1 m über dem Erdboden. Die Wannen sind von oben in einen Schrank aus wetterfest lackiertem Zinkblech eingelassen. Der Schrank ist abschließbar, wärmeisoliert und enthält einen Sammelbehälter aus Kunststoff (20 Liter) für den ablaufenden Niederschlag. Das Innere des Schanks lässt sich durch zwei thermostatgesteuerte 250-Watt-Infrarotstrahler beheizen. Diese Beheizung soll Eis und Schnee auf der Auffangfläche zum Schmelzen bringen und das Einfrieren des Niederschlages im Sammelbehälter verhindern. Taut der Schnee nicht vollständig ab, wird dieser der Wanne entnommen, im Labor geschmolzen und dem flüssig vorliegenden Niederschlag zugefügt.

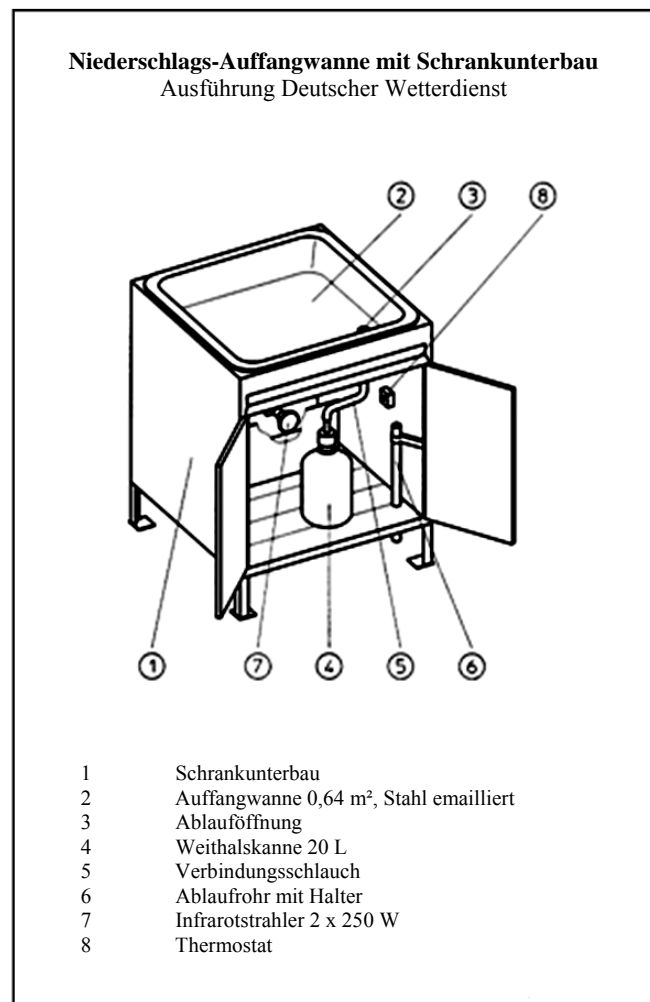


Abb. 1: Niederschlagssammler an den Radioaktivitätsmessstellen des DWD

In der Schweiz verwendete Niederschlagssammler:

Eine Alternative zur Sammlerkonfiguration des DWD stellt die in Abbildung 2 gezeigte trichterförmige Konfiguration dar, wie sie beispielsweise an den Radioaktivitätsmessstellen in der Schweiz eingesetzt wird. Der Trichter hat in diesem Fall eine Auffangfläche von 1 m², so dass 1 mm Niederschlag gerade einem Liter Regenwasser entspricht. Unter Berücksichtigung der geforderten Nachweisgrenze und der statistisch zu er-

wartenden Niederschlagshöhe sind auch Niederschlagssammler mit kleineren Auffangflächen (Trichter oder Wanne) für den Einsatz geeignet (siehe auch Kap. 2).

Der Trichter des in Abb. 2 vorgestellten Gerätes besteht aus geschweißtem Aluminiumblech (PERALUMAN 300; Blechstärke 2 mm; innen fein gebürstet; außen gereinigt) und mit einer wetterfesten Kunststoffbeschichtung (z. B. RILSAN PA 11, grau). Gute Erfahrungen wurden auch mit einer Spritzlackierung gemacht, wie sie bei Autokarosserien Verwendung findet. Wichtig ist es, eine glatte, porenfreie Oberfläche der Innenseite des Trichters zu erhalten, um das Haften von Partikeln am Trichter möglichst klein zu halten. Die Außenwand des Niederschlagssammlergehäuses (2 mm Eisenblech) ist feuerverzinkt, mit Vorteil zusätzlich hell gestrichen, um die Erwärmung des Trichters durch Sonneneinstrahlung möglichst klein zu halten. Auf der Innenseite ist das Gehäuse mit einer Schaumstoffisolation versehen.

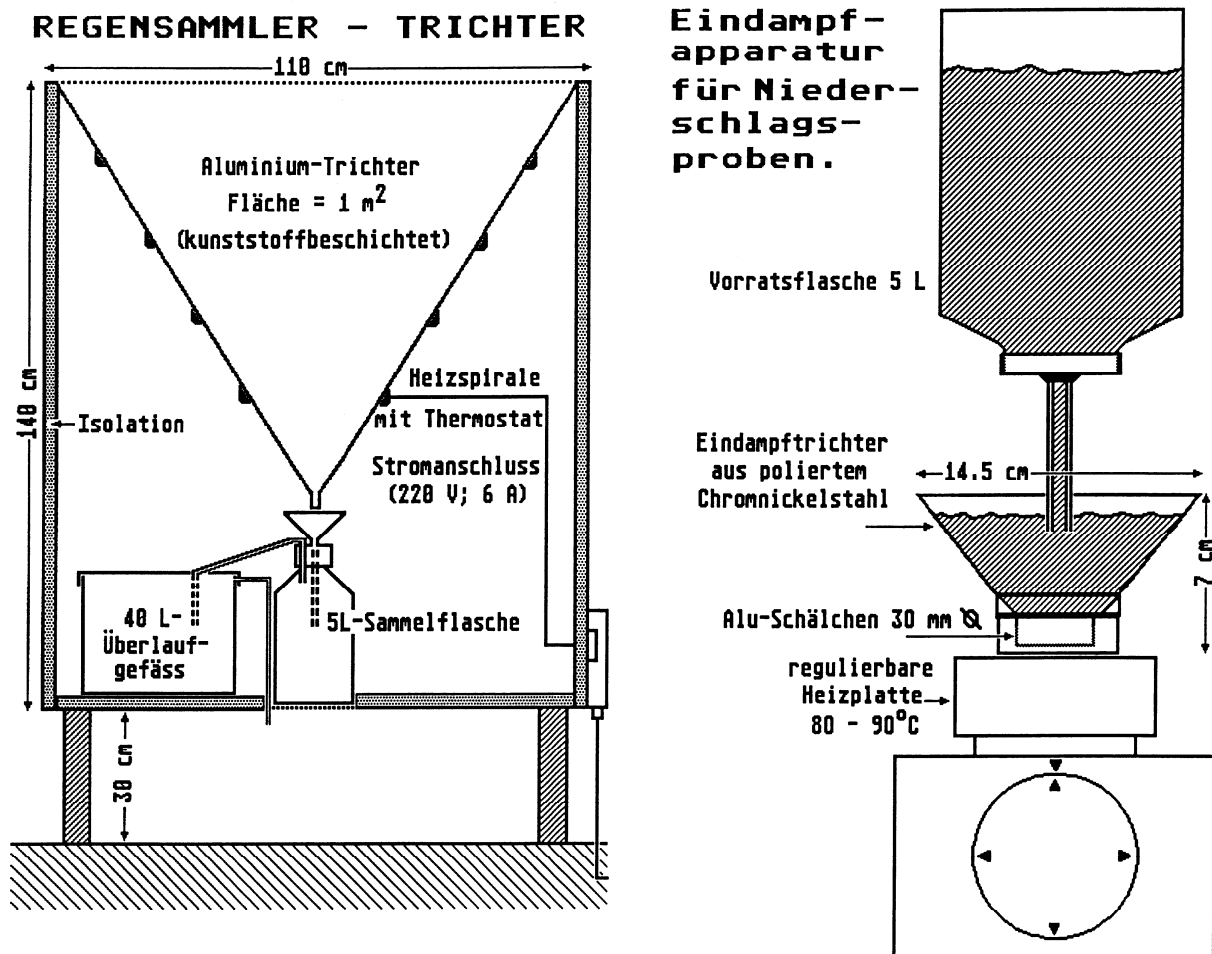


Abb. 2: Niederschlagssammler, der in der Schweiz eingesetzt wird, und Eindampfapparatur

Die Auffangfläche (Trichter) wird im Winter durch eine auf die Außenfläche des Trichters aufgeklebte Heizschlange (ca. 1 kW) mit Thermostat immer auf einer Temperatur von wenigen Grad über Null gehalten, um auch Niederschlag in Form von Schnee quantitativ zu sammeln und um ein Gefrieren des Wassers in der Sammelflasche zu vermeiden. Bewährt hat sich als Alternative auch ein Elektroofen mit Gebläse und Thermostat (1 kW bis 2 kW Heizleistung) im Innern des Niederschlagssammlergehäuses.



Eine andere Variante ist der Einsatz von zwei Infrarotstrahlern (250 W), die unterhalb der Auffangwannen montiert werden.

Das gesammelte Regenwasser fließt in eine 5-Liter-Plastikflasche, die auch für den Versand der Proben ins Labor und für die Eindampfapparatur (siehe Abb. 2) verwendet wird. Um die Verdunstung des gesammelten Wassers gering zu halten, soll die Mündung des Trichters nur einen kleinen Durchmesser (28 mm) aufweisen. Nebst der Plastikflasche soll ein mindestens 40 Liter fassendes, graduiertes Überlaufgefäß (mit Deckel) stehen, in dem, bei voller Plastikflasche, das überschüssige Regenwasser gesammelt wird. In der Regel werden nur die 5 Liter Wasser in der Plastikflasche verwendet und das Wasser im Überlaufgefäß wird verworfen. Die Niederschlagsmenge wird anhand des in der Plastikflasche und dem Überlaufgefäß (mit Liter-Skala graduiert) vorhandenen Wassers bestimmt.

Sollte das Fassungsvermögen des Überlaufgefäßes nicht ausreichen, kann das Wasser durch den Boden des Niederschlagsammelgefäßes ablaufen (siehe Abb. 2). Der Boden ist in der Mitte mit einem Gitter oder Lochblech zu versehen, damit sich im Gehäuse kein Wasser ansammeln kann. Der Niederschlagsammler steht auf drei 30 cm hohen Füßen, die, falls das Gerät auf einer Wiese steht, am Besten auf je einer 50 cm x 50 cm großen Steinplatte festzuschrauben oder auf einzementierten Betonfundamenten zu verankern sind. Für den Betrieb ist ein Stromanschluss (230 V, 6 A) zu erstellen. Für die Interpretation der Messung wird davon ausgegangen, dass die im Regenwasser unlöslichen Anteile weitgehend in der 5-Liter-Flasche bleiben, während die löslichen Anteile mehr oder weniger gleichmäßig auf Flasche und Überlaufgefäß verteilt sind. Dieser Sachverhalt ist dann zu berücksichtigen, wenn der Inhalt der 5-Liter-Flasche vor der Messung filtriert wird, um die lösliche und unlösliche Fraktion separat zu messen. In diesem Falle wäre der lösliche Anteil auf maximal 5 Liter Regenwassermenge in der Plastikflasche zu beziehen, der unlösliche Anteil dagegen auf die gesamte Regenwassermenge (d. h. inkl. Regenwasser im Überlaufgefäß). Wird das Regenwasser nicht getrennt nach löslichen und unlöslichen Anteilen gemessen, überschätzt man u. U. die unlösliche Fraktion, was jedoch, da es konservativ ist, für ein Überwachungsverfahren wie das hier vorgeschlagene nicht von Belang ist.

Die Niederschlagsproben werden wöchentlich immer am gleichen Tag entnommen und ins Labor gesandt, wobei auch die Wassermenge im Überlaufgefäß zu ermitteln, zu dokumentieren und zu melden ist.

3.2 Probenaufbereitung

Im Allgemeinen ist die im Auffanggefäß gesammelte Menge an Niederschlag ausreichend repräsentativ zur weiteren Verarbeitung. Um jedoch allfällige an den Wänden haftende Partikel wieder in Suspension zu überführen, empfiehlt es sich, die Sammelflasche vor der Probenaufbereitung wenige Minuten in ein Ultraschallbad zu stellen. Falls mit künstlichen Radionukliden im Regenwasser zu rechnen ist, muss durch Zugabe geeigneter Trägerlösungen deren Löslichkeit verbessert werden (z. B. 1 ml Trägerlösung auf 5 Liter Regenwasser; Zusammensetzung der Trägerlösung: 100 mg $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 50 mg $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, 50 mg BaCl_2 , 50 mg $\text{La}(\text{NO}_3)_3$, 50 mg $\text{Zr}(\text{NO}_3)_4$, 50 mg $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ auf einen Liter destilliertes Wasser).

Falls lösliche und unlösliche Anteile getrennt gemessen werden sollen, wird das Wasser anschließend über ein Zellulosefilter (durch Absaugen z. B. mittels Wasserstrahlpumpe) filtriert. Der Filter sollte denselben Durchmesser haben wie das im Folgenden verwendete Alu-Schälchen. Das Filtrat wird danach mit der im rechten Teil der Abb. 2 dargestellten Eindampfapparatur mittels feinregulierbarer Heizplatte in einem 30-mm-Alu-Schälchen (Höhe 8 mm) eingedampft. Das Schälchen ist vor dem Eindampfen zu wiegen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Temperatur ca. 80 °C nicht übersteigt, d. h. das Wasser darf nicht kochen, da sonst leicht flüchtige Elemente (z. B. Iod) verloren gehen können.

Der Eindampftrichter ist mit Teflon beschichtet oder aus feinpoliertem Chromstahl (z. B. Cr/Ni 18/8) gefertigt, um den Verlust durch anhaftende Partikel möglichst klein zu halten. Zwischen Trichter und Alu-Schälchen ist eine hitzebeständige Dichtung (z. B. Nylon oder Teflon) eingebaut. Durch die Konstruktion



der Apparatur wird erreicht, dass das Wasser aus der Flasche automatisch nachfließt, ohne dass der Eindampfrichter überläuft. Auf diese Weise wird die Probe weitgehend automatisch eingedampft und braucht nicht beaufsichtigt zu werden. Um Verluste zu vermeiden, soll für Regenwassersammlung, Versand und Eindampfen dieselbe Flasche verwendet werden. Wenn der Eindampfvorgang beendet ist, wird die Flasche mit etwas Wasser gespült, und das Spülwasser wird ebenfalls eingedampft. Am Schluss werden der Trichter mit verdünnter Ameisensäure und einem Spachtel aus Plastik oder Hartgummi gereinigt und diese Reinigungslösung ebenfalls eingedampft. Die Menge des Rückstandes wird durch Wägen des Alu-Schälchens vor und nach dem Eindampfen bestimmt.

Eine neuere Methode vermeidet das Eindampfen der Niederschlagsprobe(n) durch Anreicherung der löslichen Radionuklide an Ionenaustauscherharzen [7]. Dazu wird direkt unter dem Sammeltrichter eine Ionenaustauschersäule montiert. Die an größeren Schwebstoffen adsorbierten oder die kolloidal anhaftenden Radionuklide werden nicht erfasst.

3.3 Messungen

Entsprechend der Vorgabe der Messprogramme erfolgt die Messung in der Regel γ -spektrometrisch. Falls gefordert, werden $^{89}\text{Sr}/^{90}\text{Sr}$ radiochemisch (siehe LB 3.1.12.4 in [8]) und Tritium mittels Flüssigszintillationspektrometrie (siehe LB 3.1.12.2 in [8]) bestimmt. Einzelne Alphastrahler werden α -spektrometrisch nach radiochemischer Trennung bestimmt [9]. Auf die radiochemischen Trennverfahren wird hier nicht eingegangen.

3.3.1 γ -spektrometrische Messungen und erreichbare Nachweisgrenzen

Bei γ -spektrometrischen Analysen werden die eingedampfte Monatsprobe einerseits oder andererseits auch die Wochenproben zusammen als Monatsprobe gemessen, indem die Alu-Schälchen nebeneinander auf den Detektor gestellt werden. Die einzelnen Wochenproben können dann bei Bedarf auch noch einzeln ausgemessen werden. Falls die Zählausbeute-Kalibrierung des Detektors in derselben Messanordnung mit in Alu-Schälchen eingedampfter Kalibrierlösung durchgeführt wurde, erübrigt sich bei den Messungen eine Selbstabsorptions-Korrektur. Für die natürlichen Radionuklide und ggf. auch für ^{137}Cs und evtl. ^{60}Co sind im Spektrum die entsprechenden Nulleffektwerte vor der Auswertung zu subtrahieren.

Die theoretisch erreichbare Nachweisgrenze bei der Direktmessung von einem Liter Flüssigkeit in einer 1-Liter-Polyethylen-Flasche bei einer Messzeit von 60 000 s auf einem Germaniumdetektor mit einem Detektorwirkungsgrad von 25 % beträgt ca. 0,4 Bq/L [9]. Die Verwendung von Ringschalen und leistungsstärkeren Detektoren führt zu entsprechend niedrigeren Nachweisgrenzen oder kürzeren Messzeiten. Zur Verminderung der Messzeit und/oder Herabsetzung der Nachweisgrenze wird die Probe aufkonzentriert. Ein Einengen der Probe von beispielsweise einem Liter auf 20 ml führt bei gleichen Messbedingungen wie oben zu der geforderten Nachweisgrenze von rund 0,05 Bq/L. In diesem Fall wäre monatlich eine Probenmenge von mindestens 1 Liter Niederschlagswasser notwendig. Bei einer mittleren jährlichen Niederschlagshöhe von 700 mm bis 800 mm in Norddeutschland, in der Schweiz von über 1000 mm, kann in einem Monat mit einer Niederschlagshöhe von i. d. R. zwischen 20 mm bis 120 mm (Deutschland) bzw. 150 mm (Schweiz) gerechnet werden. Daraus ergibt sich eine Mindestauffangfläche für einen Liter Niederschlag pro Monat von 0,05 m². Bei Verwendung größerer Auffangflächen, wie sie zum Beispiel die an den Messstellen des DWD eingesetzten Niederschlagssammler mit 0,64 m² aufweisen, liefert eine Niederschlagshöhe von 1,6 mm noch eine ausreichende Menge Regenwasser.

Messergebnisse des DWD am Beispiel einer besonders niederschlagsarmen Messstation zeigen nach statistischer Auswertung über die letzten 40 Jahre, dass lediglich in den Monaten März, September und Oktober in wenigen Fällen Niederschlagshöhen mit niedrigeren Werten als 10 mm pro Monat gemessen wurden. Wenn an einem Standort dauerhaft nur geringe Niederschlagshöhen in dieser Größenordnung auftreten, muss die Auffangfläche vergrößert werden.



Die Berechnung der Nachweis- und Erkennungsgrenzen sowie auch die Bestimmung der Messunsicherheit folgt den Anforderungen des jeweiligen Messprogramms.

3.3.2 Messung der Tritium-Aktivität und erreichbare Nachweisgrenzen

Für die Tritium-Messung sind vor dem Eindampfen 20 mL Regenwasser zu entnehmen. Für eine Low-Level-Tritium-Messung mittels Flüssigszintillationsspektrometrie ist eine Destillation der Probe zu empfehlen. Alternativ kann das Wasser auch durch Ausschütteln mit je 1 g Anionen- und Kationenaustauscher und anschließendem Abzentrifugieren gereinigt werden.

Bei der Tritium-Messung ist ohne Low-Level-Geräte eine Nachweisgrenze von rund 10 Bq/L erreichbar (mit Low-Level-Geräten kann mit mehr Messaufwand eine Nachweisgrenze von etwa 1 Bq/L bis 2 Bq/L erreicht werden). Noch tiefere Nachweisgrenzen bei der Flüssigszintillationsspektrometrie werden nur durch vorherige elektrolytische Anreicherung erreicht (siehe LB 3.1.12.2 in [8]).

4 Bewertung des Verfahrens

Das Verfahren konzentriert sich auf die genaue Beschreibung von Vorgaben für den Probenentnahmeort und die Probenaufbereitung sowie die nuklidspezifische Bestimmung der abgelagerten Radioaktivität als Gesamtdosition mittels γ -Spektrometrie. Die Sammelintervalle orientieren sich am Überwachungsziel. Voraussetzung zum Erreichen der vorgegebenen Nachweisgrenzen ist ein ausreichendes Niederschlagsvolumen. Die gleichzeitige Berücksichtigung von Nass- und Trockendeposition erlaubt eine Aussage über die Gesamtdosition und ermöglicht die Berechnung der zu erwartenden Dosis.

5 Dokumentation

Zu dokumentieren sind Angaben über den Standort des Niederschlagsammlers (Koordinaten) sowie über Probe, Referenzprobe, Sammelperiode, Niederschlagsmenge (pro Monat, Woche oder Tag), Niederschlagsmenge in der Sammelflasche und im Überlaufgefäß, Rückstandsmenge nach Eindampfen, spezifische Aktivität der Probe sowie Aktivität pro m² Bodenfläche, gegebenenfalls auch die Registrierungen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Die erforderlichen Angaben für die verschiedenen Radionuklidanalysen an Niederschlagsproben werden in den Messanleitungen des Bundes [9] und in weiteren Losen Blättern [8] der Loseblattsammlung des AKU beschrieben.

6 Bemerkungen

Nach einem radioaktiven Niederschlag kann die Auffangfläche der Niederschlagswanne durch anhaftende Radionuklide kontaminiert sein [10]. Daher ist nach Entnahme der Probe die Wanne mit destilliertem Wasser unter Beigabe eines Komplexbildners, z. B. EDTA zu reinigen. Damit wird eine Verfälschung späterer Messungen gemindert.



7 Literatur

- [1] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz-StrVG) vom 19.12.1986 in der Fassung vom 08.04.2008, BGBl. I S.686
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) in der Fassung vom 23.03.2006, GMBL 2006, Nr. 14 - 17, S. 254 - 336.
- [3] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) nach dem Strahlenschutz-Vorsorgegesetz (AVV-IMIS) vom 13.12.2006, BAnz. 2006, Nr. 244a
- [4] Boris Sevruk: Methodische Untersuchungen des systematischen Messfehlers der Hellmann-Regenmesser im Sommerhalbjahr in der Schweiz, Dissertation, ETH Zürich, 1981.
- [5] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V.: DVWK-Merkblatt 230/1994: Niederschlag - Empfehlung für die Betreiber von Niederschlagsstationen.
- [6] Kerntechnischer Ausschuss, Regelprogramm, KTA 1508, Instrumentierung zur Ermittlung der Ausbreitung radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre, Fassung 2006-11
- [7] Matthias H. A. Jungck, Jean-Louis Andrey, Pascal Froidevaux: Determination of radionuclide levels in rainwater using ion exchange resin and gamma-spectrometry. Journal of Environmental Radioactivity 100 (2009), S. 361 - 365
- [8] [Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität](#), Loseblattsammlung des Arbeitskreises Umweltüberwachung (AKU), erschienen in der Publikationsreihe „Fortschritte im Strahlenschutz“ des Fachverbandes für Strahlenschutz e. V. (Hrsg.), ISSN 1013-4506, FS-78-15-AKU, Stand: März 2010, verfügbar unter <http://www.fs-ev.de/aku-loseblattsammlung> (letzte Einsichtnahme: 01.08.2010)
 - LB 3.1.12.2 „Überwachung der Tritiumaktivität in Wasser (Niederschlag, Oberflächen-, Grund-, Trink-, Abwasser)“, 09/2008
 - LB 3.1.12.3 „Überwachung der Aktivität gammastrahlender Radionuklide in Wasser (Niederschlag, Oberflächen-, Grund-, Trink-, Abwasser)“, 07/2009
 - LB 3.1.12.4 „Überwachung der Strontium-89 und Strontium-90-Aktivität in Wasser nach der sog. Nitratmethode (Niederschlag, Oberflächen-, Grund-, Trink-, Abwasser)“, 09/2003
- [9] Messanleitungen für die Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt und externer Strahlung, Herausgeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, ISSN 1865-8725, Aktuelle Fassung abrufbar unter:
http://www.bmu.de/strahlenschutz/ueberwachung_der_umweltradioaktivitaet/messanleitungen/doc/42042.php
- [10] G. Rosner, R. Winkler: Nuclide dependent local and collector surface effects in sampling of radioactive deposition to ground. Applied Radiation and Isotopes 55 (2001), S. 823 - 829

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