



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

Blatt: 3.1.7.1

Seite: 1 von 5

Stand: Juli 2007 \*)

**Empfehlungen zur Probenentnahme und Probenvorbereitung von Boden und Bewuchs**

Bearbeiter: H. Völkle, Bundesamt für Gesundheit, Fribourg/Schweiz  
R. Otto, Landesmessstelle LUFA - ITL-GmbH, Kiel

\*) Eine Überprüfung durch damit beauftragte AKU – Mitglieder ergab, dass im Oktober 2018 für dieses Lose Blatt noch kein Aktualisierungsbedarf bestand. Das Lose Blatt wurde im Februar 2019 redaktionell, nicht aber inhaltlich überarbeitet.

**Inhaltsverzeichnis**

Einleitung .....	1
1 Zweck der Überwachungsmaßnahme.....	1
2 Messgröße.....	2
3 Probenentnahme .....	2
3.1 Empfohlener Probenentnahmezeitpunkt.....	2
3.2 Auswahl der Probenentnahmestellen.....	2
3.3 Probenentnahmeverfahren .....	3
3.4 Probenvorbereitung für die Gammaskopimetrie.....	3
4 Bewertung des Verfahrens.....	4
5 Dokumentation .....	4

**Einleitung**

Der Erdboden ist ein guter Integrator für alle aus der Luft abgelagerte Schadstoffe und somit auch ein Indikator für die den Pflanzen durch die Wurzeln zugeführte Radioaktivität. Der Radionuklidgehalt des Erdbodens erlaubt die Abschätzung der daraus resultierenden externen Strahlendosis im Freien und, zusammen mit der Messung verschiedener Bodenschichten, Rückschlüsse über die Tiefenverteilung sowie die Migration, also die Beweglichkeit der Radionuklide im Erdboden. Die Untersuchung des Bewuchses (meist Gras) ermöglicht bei einem Unfall die Berechnung der in der Milch sowie in tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln zu erwartenden Radionuklidkonzentrationen. Die Erfahrungen, insbesondere nach dem Reaktorunfall Tschernobyl, haben gezeigt, dass solche Probenentnahmen meist von nicht für diese Aufgabe speziell geschultem Personal vorgenommen werden, was zur Folge hatte, dass, obwohl damals sehr viele Proben erhoben wurden, viele der daraus gewonnenen Daten nur von minderer Qualität oder gar unbrauchbar waren. Der Grundsatz, dass die beste Messung nichts Wert ist, wenn die Probenentnahme unsachgemäß war, hat sich auch hier wiederum bewahrheitet. Es liegt auf der Hand, dass die Erhebung von Bodenproben in einem Ereignisfall nie den Qualitätsanforderungen von Bodenkundlern wird Genüge leisten können. Dennoch sollte angestrebt werden, die Qualität der erhobenen Boden- und Bewuchsproben durch eine Vereinheitlichung der Probenentnahmeverfahren soweit zu verbessern, dass hernach ein Vergleich der durch verschiedene Laboratorien erhobenen Messwerte möglich wird. Das Papier beschreibt die geeignete Auswahl von Probenentnahmestellen, die Entnahme der Proben und die Vorbereitung derselben für die Messung im Labor (siehe Loses Blatt 3.1.7) durch Gammaskopimetrie oder radiochemische Verfahren.

**1 Zweck der Überwachungsmaßnahme**

Zweck der Maßnahme ist die Überwachung der aus der Luft auf dem Boden abgelagerten und dem Boden durch Bewässerung zugeführten Aktivität. Diese Überwachung dient insbesondere auch dazu, langfristige, durch die Emissionen von Kernkraftwerken oder anderer Emittenten verursachte Veränderungen der Radioaktivität in Boden und Bewuchs festzustellen. Dies geschieht am zweckmäßigsten durch die Untersuchung von Grasproben aus den Hauptbeaufschlagungsgebieten auf  $\gamma$ -Strahler. Die Entnahme von Bodenproben gestattet zudem auch, das Eindringen der Aktivität in den Boden zu verfolgen. Für diesen Fall müssen Bodenproben bis in eine Tiefe von 20 cm oder mehr ausgestochen und die einzelnen Schichten separat gemessen werden. Dies ist dann erforderlich, wenn bei künstlichen Radionukliden die Tiefenverteilung nicht



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

Blatt: 3.1.7.1

Seite: 2 von 5

Stand: Juli 2007 \*)

homogen bzw. nicht bekannt ist. Bei der Routineüberwachung beschränkt man sich in der Regel auf die oberste Bodenschicht von 0-5 cm.

## 2 Messgröße

Messgröße ist die Aktivität pro kg Trockenmasse (TM); für Gras ist zusätzlich zum Radionuklidgehalt pro kg Trockenmasse auch die Aktivität pro m<sup>2</sup> Bodenfläche anzugeben. Maßeinheit ist das Bq·kg<sup>-1</sup> TM bzw. Bq·m<sup>-2</sup>.

## 3 Probenentnahme

### 3.1 Empfohlener Probenentnahmezeitpunkt

Probe	Probenentnahme	Zeitraum
Erde	1 mal pro Jahr	Mai - Juni
Gras	vor dem 1. Schnitt	Mai - Juni
	vor dem 2. Schnitt	Juli - August

### 3.2 Auswahl der Probenentnahmestellen

- Für die normale Routineüberwachung des Erdbodens genügt die Beprobung der obersten Schicht von 0 bis 5 cm Tiefe. (Zur Bestimmung des Profils der Aktivitätsverteilung im Boden bzw. für wissenschaftliche Untersuchungen müssen nebst einer bodenkundlichen Charakterisierung des Bodens u.U. auch tiefere Schichten bis 20 cm und mehr beprobt werden.)
- Fläche, nicht gepflügte, nicht gedüngte und nicht mit Herbizid behandelte Naturwiese, bei einer Kaminhöhe von 100 m in ca. 500 bis 1500 m Entfernung von KKW-Standort in den beiden Hauptwindrichtungen.
- Probenentnahmefläche soll eben, d.h. nicht geneigt, nicht in einer Senke, einem Graben oder an einem Abhang sein.
- Abstand zu Gebäuden, Strassen, Bäumen und Büschen sollte mindestens 10 Meter oder die doppelte Höhe der Hindernisse betragen.
- Probenentnahmestellen sollten nicht identisch mit denjenigen früherer Jahre sein; d.h. Proben nicht im "Loch" der Probe des Vorjahres entnehmen.
- Für die Entnahme der **Bodenproben** ein Rechteck von 2 auf 4 Meter markieren und an 6 Stellen, d.h. an den Ecken und in der Mitte der beiden längeren Seiten des Rechteckes, Bodenproben entnehmen. Normalerweise werden hierfür am besten Pflanzenzwiebel-Stecker (Durchmesser 6 cm; siehe Abbildung 1) verwendet.
- Normalerweise sollten die **Grasproben** auf derselben Wiese entnommen werden wie die Bodenproben.
- Falls in den Hauptbeaufschlagungsgebieten keine Wiesen vorhanden sind, können auch andere Bewuchsproben (mit Vorteil großblättrige Pflanzen) untersucht werden. Die Messresultate sind dann allerdings nicht ohne weiteres mit den Messungen von Grasproben vergleichbar, da bei störfallbedingten Ablagerungen die Auffangfläche der Blätter eine Rolle spielt. Ebenso können bei Bodenproben starke Unterschiede auftreten, wenn es sich um gedüngten oder gepflügten Boden handelt, oder wenn das Gelände geneigt ist. Da diese Messungen jedoch in erster Linie dazu dienen, langfristige Einflüsse der Emissionen von Kernkraftwerken auf die Radioaktivität in Boden und Bewuchs festzustellen, ist vor allem eine gute Reproduzierbarkeit wichtig. Es ist daher von Vorteil, die Proben immer auf dieselbe Weise und am selben Ort zu entnehmen und eine Probenentnahme an einem Abhang oder in einer Senke zu vermeiden.
- Bei ungestörten Verhältnissen (ungepflügter **Naturboden**) dringt die abgelagerte künstliche Radioaktivität nur langsam in den Boden ein und ist dort annähernd exponentiell mit der Tiefe verteilt. In der Schweiz war das Tschernobyl-<sup>137</sup>Cs 1992 in der Regel bis in ca. 10 cm Tiefe eingedrungen, während der Beitrag des Atombombenausfalls bereits bis in eine Tiefe von ca. 30 cm eingedrungen war, weshalb



die Entnahme der Proben aus den obersten 5 cm der Erdschicht empfohlen wird. Durch das Pflügen wird der Boden bis in eine Tiefe von 40 – 50 cm mehr oder weniger gleichmäßig durchmischt und die Aktivitätsverteilung entsprechend verändert. Für die natürlichen radioaktiven Isotope wie  $^{40}\text{K}$  sowie der U- und Th-Reihen kann dagegen von einer homogenen Verteilung in der Erde ausgegangen werden.

- Die Probenentnahmestellen sind möglichst genau zu dokumentieren (Koordinaten, Photo, etc.), wozu ein GPS-Navigationssystem sehr hilfreich ist.

### 3.3 Probenentnahmeverfahren

- **Routine-Verfahren für Bodenproben:** Mit einem Pflanzenzwiebel-Stecher (siehe Abb. 1) an den 6 markierten Punkten (s. oben) je einen Zylinder von 6 cm Durchmesser und etwas über 5 cm Länge ausstechen. Unten mit einem Messer soviel abschneiden, dass gerade noch die obersten 5 cm für die Probe übrig bleiben (falls die Erdschicht 5 - 10 cm nicht benötigt wird).
- **Alternativ-Verfahren für Bodenproben:** Mit einer Stechschaufel an jedem der 6 Punkte einen Würfel von 10 cm Kantenlänge ausstechen und die oberen 5 cm für die Probe abschneiden; die unteren 5 cm verwerfen, falls sie nicht benötigt werden. Dieses Verfahren liefert allerdings eine für die meisten Messverfahren zu große Probenmenge, weshalb die Pflanzenzwiebel-Stecher vorzuziehen sind.

Nach der Probenentnahme sind bei beiden Verfahren folgende Arbeitsgänge durchzuführen:

- Die an den 6 Punkte erhobenen Proben (0 - 5 cm) zusammengeben und vermischen, um Inhomogenitäten auszugleichen. Auf diese Weise erreicht man Proben von besserer Repräsentativität als bei der Entnahme nur einer einzigen Probe. Falls die Schicht 5 - 10 cm ebenfalls gemessen werden soll, auch hier die 6 Proben zusammengeben und vermischen.
- Gras abschneiden und grosse Steine entfernen.
- Frischgewicht bestimmen (so früh wie möglich) und Probe in Plastikbeutel füllen.
- Plastikbeutel beschriften: Datum, Ort (Koordinaten, Beschreibung), beprobte Schichtdicke, Name der Person, welche die Probenentnahme durchführt. Evtl. Foto der Probenentnahmestelle machen, evtl. Hinweise auf Wetterlage (z.B.: Regen).
- **Routine-Verfahren für Grasproben:** Mit Sichel oder Gartenschere Gras von ca. 1 bis 2 m<sup>2</sup> abschneiden (ca. 2 - 4 kg Frischgewicht), Frischgewicht bestimmen und in Plastikbeutel füllen. Plastikbeutel beschriften (s.o., zusätzlich auch abgemähte Fläche angeben). Der entnommenen Grasprobe sollte möglichst wenig Erde anhaften. Sobald wie möglich zur Trocknung ins Labor bringen (bevor die Probe zu faulen beginnt). Falls die Probe zur Aufbereitung an ein anderes Labor gesandt wird, sollte der Postversand per Express erfolgen und nicht an einem Freitag.

### 3.4 Probenvorbereitung für die Gammaskopimetrie

#### **Bodenproben:**

- Steine, Wurzeln und Pflanzenteile entfernen.
- Frischgewicht bestimmen.
- Im Ofen bei 60°C bis 80 °C während 12 bis 24 Std. trocknen. Als Alternative bietet sich auch das Lyophilisieren an; Verluste werden vermieden, und die Feuchte kann z.B. für eine Tritiumbestimmung verwendet werden.
- Sieben (2 mm Maschenweite).
- Trockengewicht bestimmen. Verhältnis Frischgewicht / Trockengewicht berechnen.
- In Plastikbeutel füllen, diesen verschliessen und die Probe durch Schütteln homogenisieren. Daraus das für die Messung (entsprechend der Messgeometrie) benötigte Aliquot entnehmen und in Messgefäß füllen und dieses beschriften. Vorsicht: Die Probenvorbereitung sollte nicht im selben Raum wie die Messung erfolgen, um mögliche Kontaminationen von Labor und Messgeräten durch Proben zu vermeiden.



- Bei der Messung mittels Gamma-Spektrometrie ist eine Korrektur bezüglich Dichte (Selbstabsorption) und bezüglich der Summation für Gamma-Emitter mit mehreren Linien notwendig. Bei den Ergebnissen sind auch die natürlichen Radionuklide anzugeben ( $^{40}\text{K}$  sowie U- und Th-Folgeprodukte). Messunsicherheit (statischer und systematischer Anteil getrennt; 95 % Vertrauensbereich) und Nachweisgrenzen bestimmen und angeben.

#### Grasproben:

- Gras in grossen Schalen oder auf Plastikfolie trocknen lassen (evtl. in einem Ofen bei ca.  $60^\circ$ ). Falls auch  $^{131}\text{J}$  erfasst werden soll, darf die Temperatur nicht zu hoch sein (deutlich unter  $100^\circ\text{C}$ )! Als Alternative bietet sich auch das Lyophilisieren an. Verluste werden dadurch vermieden, und die Feuchtigkeit kann z.B. zur Tritiumbestimmung aufgefangen werden.
- Gras mahlen (z.B. mit Fuchs-Messermühle). Vorsicht: Staub ! Am besten im Freien !
- Trockengewicht bestimmen. Verhältnis Frischgewicht / Trockengewicht berechnen sowie das Flächengewicht in  $\text{kg frisch} / \text{m}^2$ .
- In Plastikbeutel füllen, diesen verschliessen und die Probe durch Schütteln homogenisieren. Daraus das für die Messung (entsprechend der Messgeometrie) benötigte Aliquot entnehmen und in Messgefäß füllen und dieses beschriften. Vorsicht: Kontaminationen von Labor und Messgeräten vermeiden durch Proben, die Radioaktivität enthalten können!
- Bei der Messung mittels Gamma-Spektrometrie ist eine Korrektur bezüglich Dichte (Selbstabsorption) und bezüglich der Summation für Gamma-Emitter mit mehrere Linien notwendig. Bei den Ergebnissen sind auch die natürlichen Radionuklide anzugeben ( $^{40}\text{K}$  und  $^7\text{Be}$ ). Messunsicherheit (statischer und systematischer Anteil getrennt; 95 % Vertrauensbereich) und Nachweisgrenzen bestimmen und angeben.

#### **4 Bewertung des Verfahrens**

Das Verfahren gestattet, die aus der Luft auf Boden bzw. Bewuchs abgelagerte oder dem Boden durch Bewässerung zugeführte Aktivität mit genügender Empfindlichkeit bei angemessenem Aufwand für Probenaufbereitung und -messung reproduzierbar zu bestimmen. Die Proben sollen als Beleg oder für eventuelle spätere (z.B. radiochemische) Untersuchungen aufbewahrt werden, oder zumindestens bis zur Auswertung der Messung bzw. zum Erstellen des Berichtes. Im Ereignisfall kann die Messung auch am frischen Probenmaterial erfolgen.

#### **5 Dokumentation**

Angaben zur Probenentnahme: Datum, Ort (Bezeichnung, Koordinaten), Fläche, Probenmenge in Trocken- und Frischmasse sowie das Verhältnis Frisch- zu Trockenmasse), Probenverarbeitung und -messung (Messdauer, Messdatum, Detektorkalibrierung).



Abbildung 1: Entnahme von Bodenproben mit dem Pflanzenzwiebel-Stecker

---

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