



**Feldmessungen zur Bestimmung radioaktiver Ablagerungen auf Bodenoberflächen
mittels Kontaminationsmonitoren**

Bearbeiter: E.-M. Friedland, Hahn-Meitner-Institut, Berlin
M. Madaric, Bertold Technologies GmbH&Ca. KG, Bad Wildbad
K. Prokert, Großberkmannsdorf, ehem. Technische Universität Dresden
S. Prübmann, Kerntechnische Hilfsdienst GmbH, Eggenstein-Leopoldshafen

Inhaltsverzeichnis

1	Zweck und Grenzen des Verfahrens.....	1
2	Messgröße und Maßeinheit	2
3	Messmethodik.....	2
3.1	Strategien bei der Durchführung des Screenings.....	2
3.2	Durchführung der Messungen.....	3
3.3	Anforderungen an einen Kontaminationsmonitor für die Durchführung von Screeningverfahren ..	3
3.4	Bewertung der Ergebnisse von Screeningmessungen an der Bodenoberfläche.....	4
4	Dokumentation	5
5	Bewertung des Verfahrens.....	5
6	Literaturhinweise	6
7	Anlage.....	7

1 Zweck und Grenzen des Verfahrens

Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, das rasche Übersichtsmessungen zur Bestimmung der Oberflächenkontamination des Bodens – im weiteren Text als „Screening“ bezeichnet – ermöglicht.

Eine derartige Verfahrensweise kann in folgenden Fällen notwendig sein:

- Es liegt eine großräumige Bodenkontamination vor, deren Grad und Ausdehnung festzustellen ist.
- Nuklidspezifische Messungen sind mangels Messtechnik oder ausreichend qualifizierten Personals nur eingeschränkt, zeitverzögert oder gar nicht möglich.
- Zur Festlegung von Orten, an denen In-situ-Messungen oder Probenentnahmen notwendig oder sinnvoll sind.
- Zur Vermeidung von aufwändigen Messungen (In-situ-Messungen oder Probenentnahmen), wenn bei bekanntem Nuklidvektor schon rasterartige Messungen auf den Verdachtsflächen hinreichende Aussagen über den Kontaminationsgrad gestatten.

Das Verfahren erlaubt bezüglich des Kontaminationsgrades nur qualitative Aussagen. Diese sind immer stark von den Umgebungs- und Messbedingungen beeinflusst. Besonders zu beachten sind die Oberflächenbeschaffenheit des Bodens und die herrschenden meteorologischen Bedingungen. Um interpretierbare Messwerte zu erhalten, ist daher eine Protokollierung aller Messbedingungen (Beispiel eines Messprotokolls siehe Anlage) unumgänglich.

Die Messergebnisse können für α -strahlende Nuklide lediglich ihre An-, nicht aber ihre Abwesenheit beweisen. Die Reichweite und Abschirmbarkeit, z.B. durch den Bewuchs, von α -Strahlern machen den Ausschluss der Abwesenheit unmöglich. Im Falle von β/γ -Strahlern sind bezüglich des Kontaminationsgrades auch Aussagen wie beispielsweise „stark“, „gering“ oder „unbedenklich“ möglich.

Nach einer qualifizierten Beurteilung der Messwerte ist für die interessierenden Flächen die Oberflächenkontamination mittels In-situ-Spektrometrie oder Probenentnahme mit anschließender Laborauswertung quantitativ zu bestimmen.



2 Messgröße und Maßeinheit

Bei dem hier beschriebenen Screening handelt es um ein Relativmessverfahren. Messgröße ist die Anzahl der Impulse pro Zeiteinheit, die Maßeinheit ist demzufolge z.B. Impulse/Sekunde [ips].

Der Messwert ist abhängig vom

- verwendeten Messgerätetyp (bedeutsame Merkmale sind z.B. Detektorart, Detektorfläche),
- von den gewählten Messbedingungen (bedeutsame Kenngrößen sind z. B. der Abstand von der Bodenoberfläche, die Flächenmasse des Strahleneintrittsfensters),
- von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche und
- von den meteorologischen Verhältnissen.

Die Messwerte der einzelnen Punkte im Raster einer Verdachtsfläche ergeben Relativwerte, die als Grundlage für eine erste Lagebeurteilung bezüglich der Kontaminationssituation dienen können. Aussagen über die tatsächliche Bodenkontamination an definierten Orten in den Maßeinheiten Bq/cm² oder Bq/m² können nur über Probenentnahmen mit anschließender spektrometrischer Auswertung oder Messungen mittels der In-situ-Gammaspektrometrie getroffen werden.

Aufgrund der Messbedingungen bei Feldmessungen ist die Herleitung von Korrekturfaktoren für eine Umrechnung von Messwerten in der Maßeinheit ips in Flächenaktivitätsangaben mit der Maßeinheit Bq/cm² oder Bq/m² problematisch und nicht allgemeingültig darstellbar. Hierbei können Fehler in nicht vertretbaren Größenordnungen auftreten.

3 Messmethodik

3.1 Strategien bei der Durchführung des Screenings

Die Auswahl der Messorte, ihre Anzahl und deren räumliche Zuordnung richten sich zunächst nach den Vorgaben vorhandener Pläne des Katastrophenschutzes.

- Je nach Situation sind die Planvorgaben eventuell durch zusätzliche Messpunkte zu ergänzen.
- Ist die Verdachtsfläche in keinem derartigen Plan erfasst, sollte die Messstrategie anhand folgender Kriterien entwickelt werden:
 - Bei flächenmäßig begrenzten Gebieten mit gleichartiger Oberflächenbeschaffenheit ist eine Unterteilung in gleichgroße Rasterflächen für jeden Messpunkt vorzunehmen. Die Größe dieser Teilflächen richtet sich nach
 - der gewünschten Genauigkeit,
 - der für das Messprogramm zur Verfügung stehenden Zeit und
 - der Entstehungsgeschichte der Verdachtsfläche (Quellterm, Ausbreitungsbedingungen, Niederschläge).
 - Bei flächenmäßig begrenzten Gebieten mit wechselnder Oberflächenbeschaffenheit und starker Strukturierung (Bebauung u.ä.) ist eine Unterteilung in angepasste Rasterflächen unumgänglich. Ihre Größe muss in Bereichen starker Oberflächen- bzw. Strukturveränderung verkleinert werden, so dass für die Verdachtsfläche ein Raster sinnvoll angepasster, ungleichmäßiger Messflächen entsteht. Des Weiteren gelten die Prämissen des vorigen Abschnitts.
 - Bei großräumigen Verdachtsflächen nach kerntechnischen Stör- und Unfällen sind bei der Einteilung des Gebiets in Messflächen neben den bereits erwähnten Grundsätzen auch „zivilisatorische Aspekte“ (wie z. B. Bevölkerungsdichte, Verkehrswege) zu berücksichtigen. Abhängig von der jeweiligen Lage sind zeitliche Prioritäten in Bezug auf die Mess-/Untersuchungsreihenfolge zu setzen.



Allgemein gilt:

Alle Messpunkte sind hinsichtlich ihrer Lage und der Topographie eindeutig zu beschreiben. Die Messpunkte in den einzelnen Rasterflächen sind vorzugsweise durch GPS-Koordinaten festzulegen; ist dies nicht möglich, sind markante Punkte eindeutig zu beschreiben.

- Ist mit höheren Kontaminationen im Messgebiet zu rechnen, muss eine unzulässig hohe Exposition des Messpersonals sowie eine Aktivitätsverschleppung, z. B. über die Verkehrswege, durch geeignete Maßnahmen verhindert werden [2].

3.2 Durchführung der Messungen

Der für das vorgesehene Screening-Messprogramm ausgewählte Kontaminationsmonitor ist vor Messbeginn sorgfältig auf Betriebsfähigkeit zu prüfen:

- Komplette Funktionskontrolle des Messgeräts,
- Ladezustand der Batterien/Akkus und der Ersatzbestückung,
- Kontrolle des Gasvorrates,
- Kontrolle des Gerätenulleffektes und Vergleich mit früheren „Standardwerten“, um eine mögliche Kontamination des Messgerätes auszuschließen.

Auswahl der Messvariante:

- Festlegung des Messabstandes von der Bodenoberfläche,
- Entscheidung darüber, ob die Messungen unter Verwendung einer Schutzfolie zur Kontaminationsvermeidung erfolgen sollen,
- Festlegung des Verfahrens zur Bestimmung der allgemeinen Umgebungsstrahlung vor Ort (entweder durch eine Messung unter Verwendung einer geeigneten Abschirmung gegen die von der Bodenoberfläche ausgehende Direktstrahlung oder durch eine Freiluftmessung in definiertem Abstand zum Boden, indem man z. B. das Gerät am ausgestreckten Arm nach oben hält).
- Festschreibung, nach welcher Anzahl von Messungen zur Bestimmung der radioaktiven Ablagerungen auf dem Boden spätestens wieder eine Messung der allgemeinen Umgebungsstrahlung zu erfolgen hat.

Alle diese Festlegungen sowie die Gerätenulleffekt- und Kontrollmesswerte sind vor Beginn der Feldmessungen in einem Protokoll zu dokumentieren.

Im Plan für die Durchführung der Messungen sind an Hand der konkreten Situation folgende Aspekte zu berücksichtigen und entsprechende Anweisungen zu erteilen:

- Minimierung der Strahlenbelastung des Messpersonals,
- Verhinderung einer Kontamination der Messgeräte,
- Verhinderung einer Aktivitätsverschleppung,
- Angabe von Messorten hoher Priorität, für die das übliche Prinzip „Messung von außen nach innen“ nicht gelten soll.

3.3 Anforderungen an einen Kontaminationsmonitor für die Durchführung von Screeningverfahren

In Kontaminationsmonitoren werden unterschiedliche Strahlungsdetektoren zur Messung verwendet. Die verschiedenen Geräte haben unterschiedliche Ansprechwahrscheinlichkeiten gegenüber Photonen- oder Teilchenstrahlung. Dadurch kann bei hoher γ -Umgebungsstrahlung die Kontaminationserkennung erschwert werden. Die Abhängigkeit einzelner Detektortypen von den meteorologischen Bedingungen (z.B. Temperatur) kann ihren Einsatz genauso einschränken wie technische Randbedingungen (z.B. hoher Stromverbrauch, häufig notwendiger Gasersatz).

Ein für Übersichtsmessungen an Bodenoberflächen geeigneter Kontaminationsmonitor sollte folgende Eigenschaften besitzen:

- hohes Ansprechvermögen gegenüber β -Strahlung und energiearmer Photonenstrahlung,
- geringes Ansprechvermögen für Photonenstrahlung oberhalb 0,7 MeV,
- Alphastrahlung sollte nachweisbar sein,



- großer linearer Messbereich, keine „Übersprecheffekte“ zwischen den Messkanälen,
- geringer Gerätenulleffekt,
- Einsetzbarkeit der Geräte bei niedrigen Temperaturen,
- geringe Abhängigkeit der Messempfindlichkeit von Temperaturschwankungen,
- robuster, technisch sicherer Aufbau:
 - hohe Standzeit der Stromversorgung,
 - einfacher Wechsel von Komponenten wie Akkus, Gasfüllung, Detektorfolien,
 - Klima- und Stoßfestigkeit,
- Bedienungsfreundlichkeit:
 - Geringe Masse, einfache Handhabbarkeit auch mit Handschuhen,
 - leichte Ablesbarkeit auch bei Dunkelheit oder bei Sonnenschein,
 - deutliches akustisches Signal ggf. auch über Ohrhörer,
 - leichte Dekontaminierbarkeit.

In Tabelle 1 wurden die Eigenschaften von vier Detektortypen zusammengestellt, die in Kontaminationsmonitoren üblicherweise Verwendung finden.

Tab. 1 Eigenschaften der in Kontaminationsmessgeräten eingesetzten Detektoren

Detektorart	Ansprechvermögen für			Einstreuung α - in β -Kanal	Gamma- störeinfluss	Temperatur- bereich [°C]	Zählgas- verbrauch
	α	β	γ/X				
Proportional-Zählrohre gasgefüllt (Xenon)	kein	gut	gut	---	hoch	-15 bis +50	nein
gasgespült (Butan, P10)	sehr gut	sehr gut	schlecht	---	gering	0 bis +50	ja
Szintillationszähler							
Zinksulfid (ZnS)	sehr gut	sehr gut	gut	gering	mittel	-20 bis +40	kein ZG
Plastikszintillator in Kombination mit ZnS	gut	gut	gut	hoch	hoch	-10 bis +40	kein ZG

3.4 Bewertung der Ergebnisse von Screeningmessungen an der Bodenoberfläche

Die einer Bewertung zu Grunde liegenden Impulsraten (ips-Werte) sind nur Relativwerte. Sie hängen vom Ansprechvermögen des Messgeräts, von der Art der Kontamination des Bodens, dessen Oberflächenbeschaffenheit, der vorhandenen Umgebungsstrahlung und den Messbedingungen ab.

Unter den folgenden Voraussetzungen können graphische Darstellungen „Impulsrate (ips) am Messpunkt“ erstellt werden:

- Der Nuklidvektor in der Verdachtsfläche ist konstant,
- es wurden gleichartige Kontaminationsmonitoren benutzt,
- die Messgeometrie (Abstand vom Boden; Fensterdicke des Monitors) war immer gleich.

Experten können diese Darstellungen dann unter Berücksichtigung der folgenden, im Messprotokoll festgehaltenen Daten interpretieren:

- Gerätenulleffekt (meist vernachlässigbar),
- Höhe der Umgebungsstrahlung (beeinflusst die Erkennbarkeit von örtlichen Bodenkontaminationen),
- vorhandene Oberflächenstruktur (wesentlichste Einflussgröße),
- meteorologische Situation (z.B. starke Temperaturunterschiede oder einsetzender Niederschlag).



Eine Interpretation wird deutlich erschwert, wenn unterschiedliche Kontaminationsmonitoren zum Einsatz kommen mussten und/oder die Messgeometrie nicht einheitlich gewählt wurde. Um dann die Impulsraten (ips-Werte) verschiedener Messreihen vergleichen zu können, sind vergleichende Messungen an Testflächen zu empfehlen.

Aus den auf diese Weise evaluierten Messwerten können Schlussfolgerungen abgeleitet werden, in welchen Gebieten Proben genommen oder in-situ-spektrometrische Messungen durchgeführt werden müssen. Dann erst können nuklidspezifische Messwerte der Oberflächenkontamination in Bq/m^2 oder der Aktivitätskonzentration in Bq/kg angegeben werden.

Eine schematische, lineare Extrapolation einer für einen Messort ermittelten Relation zwischen Impulsrate und Oberflächenkontamination (ips pro Bq/m^2) auf andere Messorte ist nicht ohne Weiteres möglich und sollte nur in Ausnahmefällen vorgenommen werden. Insbesondere unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheiten der Messflächen und/oder Variation im Nuklidvektor können zu völlig falschen Aussagen führen.

Die Auswertung der Feldmessungen mit Kontaminationsmonitoren kann durch die Ergebnisse spektrometrischer Messverfahren oder durch Messungen der Ortsdosisleistung (ODL) mit tragbaren Geräten unterstützt, vereinfacht und/oder verbessert werden. Besonders vorteilhaft sind dabei Messsysteme, die eine Kopplung zu GPS oder schon selbst solche Empfänger besitzen.

Allerdings haben die empfindlichen ODL-Messgeräte den Nachteil, bei hohem Umgebungsstrahlungspegel für derartige Screeningmessungen nicht mehr einsetzbar zu sein.

4 Dokumentation

Die an einem Messpunkt ermittelten Impulsraten (ips-Werte) und möglichst detaillierte Angaben über die Messbedingungen sind so zu protokollieren, dass keine wichtigen Informationen fehlen, missverständlich sind oder bei einer Weitergabe verloren gehen oder verfälscht werden können.

Ein Messprotokoll muss unbedingt folgende Angaben enthalten:

- Gerätetyp,
- Geräte-Nulleffekt,
- Funktionstest,
- GPS-Koordinaten bzw. andere genaue Ortsangaben des Messortes,
- Messwert der Impulsrate in ips am Messort,
- Umgebungsstrahlungsmesswert in ips im Messgebiet (Angaben zur Ermittlungsweise der Umgebungsstrahlung, der angegebene Wert sollte eine Mittelung über mehrere Messorte sein),
- Messbedingungen (Abstand zur Bodenoberfläche, ggf. Angaben über eventuelle Detektorabdeckung),
- Beschaffenheit der Bodenoberfläche am Messort (für das Protokoll empfiehlt sich eine Standardisierung der Formulierungen),
- meteorologische Verhältnisse bei der Messung (ggf. Angaben standardisieren),
- durchgeführte zusätzliche Messungen (z.B. ODL-Messungen).

In der Anlage wird ein Beispiel für die Gestaltung eines Protokolls gegeben.

5 Bewertung des Verfahrens

Feldmessungen mit Kontaminationsmonitoren zur Bestimmung radioaktiver Ablagerungen auf Bodenoberflächen sind unter zwei Gesichtspunkten zu bewerten.

- a. Sie ermöglichen ein rasches Screening von ggf. großräumigen Verdachtsflächen auch durch nur wenig ausgebildete Messtrupps. Dabei werden nur qualitative Ergebnisse des Kontaminationsgrades (Messgröße: Impulsrate in ips am Messpunkt) ermittelt.



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

Blatt: 3.2.5.1

Seite: 6 von 7

Stand: Oktober 2008

Die Auswertung der erhaltenen Relativwerte für die einzelnen Rasterflächen des Verdachtsgebietes durch qualifiziertes Fachpersonal erlaubt dann die Festlegung einer sich anschließenden Messstrategie (In-situ-Gammaspektrometrie und / oder Probenentnahme mit anschließender nuklidspezifischer Messung im Labor) zur Bestimmung der realen Bodenkontamination als Aktivität/Flächeneinheit oder Aktivität/Masseneinheit.

- b. Nach diesen nuklidspezifischen Messungen können nach entsprechenden Kalibrierungsmessungen unter Umständen Korrekturfaktoren zur Umrechnung der Relativwerte aus dem Screening in Kontaminationswerte in Bq/cm² ermittelt werden.

Voraussetzungen dafür sind:

- Es liegt ein bekannter, konstanter Nuklidvektor vor,
- definierte, gleichartige Oberflächenverhältnisse sind vorhanden,
- konstante Messgeometrien können realisiert werden,
- gleichartiges Absorptionsverhalten der Nuklide im Boden ist voraussetzbar,
- Umgebungsstrahlung und Witterungseinflüsse können berücksichtigt werden.

Bei dieser Verfahrensweise handelt es sich um eine – nicht unproblematische - Übertragung der Standardlabormessverfahren auf nicht adäquate Feldbedingungen. Diese Tatsache muss sich dann bei der Angabe der Messunsicherheiten widerspiegeln.

6 Literaturhinweise

- [1] Empfehlungen zur Überwachung der Umweltradioaktivität. Loseblattsammlung des Arbeitskreises Umweltüberwachung des Fachverband für Strahlenschutz e.V., FS-78-15-AKU; ISSN 1013-4506, Loses Blatt 3.3.2, Messstrategie für die Umgebungsüberwachung bei kerntechnischen Stör- und Unfällen
- [2] s. o. [1] Loses Blatt 3.3.4, Merkpostenliste für die Probenentnahme und Probenaufarbeitung bei einer erhöhten Kontamination der Umwelt
- [3] s. o. [1] Loses Blatt 3.4.5.1, In-situ-Gammaspektrometrie zur Überwachung der Umweltradioaktivität
- [4] s. o. [1] Loses Blatt 3.4.5.2, Empfehlungen zur Praxis der In-situ-Gammaspektrometrie
- [5] „Rahmenempfehlungen für den Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen“, http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/rahmenempfehlung_katastrophenschutz.pdf, Erstveröffentlichung: GMBI. 1999, S. 538 -587
- [6] „Radiologische Grundlagen für die Entscheidung über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei unfallbedingten Freisetzungen von Radionukliden“ GMBI, Nr. 28/29 S. 538-587 vom 12.11.99 http://www.bmu.de/strahlenschutz/radiologischer_notfallschutz/doc/6893.php
- [7] A. Klett, W. Reuter, P. Haefner Comparison of Scintillation and Gas filled Detectors for Contamination Monitoring; Second European IRPA Congress on Radiation Protection, Paris, France, May 15-19, 2006, Conference Proceedings, P-293
- [8] B. Dörschel, V. Schuricht, J. Steuer, Praktische Strahlenschutzphysik; Spektrum –Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin New York 1992

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



7 Anlage

Messprotokoll vom: „Datum“

Bezeichnung der Messkampagne: _____

Ausführender (Name/Organisationseinheit): _____

Messgerät: „Name 1“ (P10 gespültes Großflächenproportionalzählrohr)
 „Name 2“ (Szintillationsdetektor)
 „Name 3“ (Xe – Detektor)

Prüfung des Messgerätes:

Datum der letzten wiederkehrenden Prüfung:

Batteriespannung: i.O.: ja Ersatzbatterie vorhanden: ja

Gasvorrat: i.O.: ja Gerät gespült: ja

Gasreserve: Flaschen

Anzeige Einheit Einstellung: ips: ja

Zeitkonstante / Dämpfung: s: (Sollwert ... s) Messzeit: s (Sollwert s)

Gerätenulleffekt (vor dem Einsatz): α : (Sollwert ips) β : (Sollwert ips)

Messungen mit Prüfquellen: α : (Sollwert ips) β : (Sollwert ips)

Gerät einsatzbereit: ja Signum des Prüfers:

Nr.	Messpunkt / Bezeichnung	Koordinaten / Lagebeschreibung	Mess- art *	Beschreibung Messpunkt **	Zählrate α (ips)	Zählrate β (ips)
Kontrollmessung Umgebungsstrahlung Ermittlungsweise:					N _{Umg.} :	
1						
2						
3						
4						
5						
Kontrollmessung Umgebungsstrahlung Ermittlungsweise:					N _{Umg.} :	
6						
7						
8						
9						
10						
Kontrollmessung Umgebungsstrahlung Ermittlungsweise:					N _{Umg.} :	
11						
12						
13						
14						
15						

* Messart

- A → Messung aufgesetzt
- B → mit Schutzfolie
- C → mit Abstandsrahmen / Messrahmen
- D → mit cm Abstand
- E →
- F →

** Beschreibung des Messpunktes

- a → eben, glatt
- b → Sand
- c → Erde
- d → Waldboden
- e → Wiese gemäht, Rasen
- f → Wiese ungemäht
- g → versiegelte Oberfläche (Beton, Pflaster o.ä.)
- h → Holz
- i → porös
- k → feucht
- l → nass
- m →
- n →

Meteorologische Situation zu Messbeginn: Temperatur:.....Wetterlage:.....

Änderung der meteorologischen Bedingungen ab der Messung → Nr.:.....

Art der Änderung:

Zusätzliche Messungen: ja → Wenn ja: Art/Ort und Ergebnisse siehe gesondertes Protokoll:.....

Messart und Beschreibungskriterien sind bei Bedarf durch die Ausführenden zu ergänzen.

Ausführender: Datum, Unterschrift:
 Protokoll geprüft: Datum, Unterschrift:
 Protokoll freigegeben: Datum, Unterschrift: