



## Überwachung der $\gamma$ -Ortsdosisleistung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen

Bearbeiter: A. Beutmann, VKTA – Strahlenschutz, Analytik Entsorgung Rossendorf e. V.  
B. Bucher, Eidgenössisches Nukleares Sicherheitsinspektorat Brugg, Schweiz  
T. Ernst, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern,  
Stralsund  
M. Kaden, VKTA – Strahlenschutz, Analytik Entsorgung Rossendorf e. V.

### Inhaltsverzeichnis

1	Zweck der Überwachungsmaßnahmen.....	1
2	Messgröße, Nachweisgrenzen und Messunsicherheiten.....	1
2.1	Bestimmung der „Brutto“-Dosisleistung .....	2
2.2	Ermittlung des anlagenbedingten Beitrags zur Dosisleistung.....	2
3	Messmethodik.....	3
3.1	Detektoren und deren Kalibrierung .....	3
3.2	Messstrategien .....	5
3.3	Datenübertragung und Stromversorgung.....	6
3.4	Messwertverarbeitung und –speicherung.....	6
4	Dokumentation und Berichterstattung.....	7
5	Literatur .....	8

### 1 Zweck der Überwachungsmaßnahmen

Zweck der Überwachungsmaßnahmen ist die Kontrolle der Gamma-Ortsdosisleistung ( $\gamma$ -ODL) in der Umgebung kerntechnischer Anlagen. Dabei soll eine durch den Betrieb der betreffenden Anlage bedingte Erhöhung der  $\gamma$ -ODL festgestellt und kontinuierlich registriert werden. Bei Berücksichtigung der  $\gamma$ -ODL des natürlichen Strahlungsfeldes (terrestrische und kosmische Komponente) ist dann der Nettowert der  $\gamma$ -ODL-Erhöhung berechenbar. Es ist hierbei zu beachten, dass sich die Energien der natürlichen und der ggf. aus der kerntechnischen Anlage stammenden Strahlung stark unterscheiden können.

Die Überwachung der Umgebung kerntechnischer Anlagen umfasst die Ermittlung der  $\gamma$ -ODL lt. Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) in der Umgebung von Kernkraftwerken, von Brennelement-Zwischenlagern sowie von Forschungsreaktoren  $\geq 1 \text{ MW}_{\text{th}}$  [1]. Dabei wird die Kontrolle der Einhaltung von Grenzwerten der Umgebungs-Äquivalentdosis gemäß § 46 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) [2] durch zeitlich differentielle Informationen ergänzt (vgl. [3]). Zusätzlich werden einige Aspekte der ODL-Überwachung von Beschleuniger-Anlagen in der Medizin oder in Forschungseinrichtungen im Blatt angesprochen.

Dieses lose Blatt beschäftigt sich nur mit der kontinuierlichen  $\gamma$ -ODL-Überwachung mittels automatischer Systeme; zu Kurzzeitmessungen der  $\gamma$ -ODL siehe LB 3.2.2 „Überwachung der Gamma-Ortsdosisleistung bei Messfahrten“ [5]. Dieses lose Blatt behandelt auch nicht die Überwachung der Umwelt gemäß § 2 des StrVG [4], die Überwachung der Umgebung von Anlagen des Uranerzbergbaues und ihrer Sanierung durch Messungen der  $\gamma$ -ODL, nicht die Überwachung von Anlagen, in denen ausschließlich mit sonstigen radioaktiven Stoffen (§ 2 Abs. 1) umgegangen wird, auch nicht die Kontrolle von Gütern auf unzulässige Kontaminationen mit radioaktiven Stoffen (Spürmessungen). Weiterhin werden auch keine speziellen Fragen zu  $\gamma$ -ODL-Messungen für die Arbeitsplatzüberwachung behandelt. Grundsätzliche Aussagen sind jedoch auch für diese in diesem losen Blatt nicht behandelten Fragen anwendbar.

### 2 Messgröße, Nachweisgrenzen und Messunsicherheiten

Die Messgröße der Ortsdosisleistung für durchdringende Strahlung wie Gammastrahlung ist die Umgebungs-Äquivalentdosisleistung  $\dot{H}^*(10) = dH^*(10)/dt$ , ihre Angabe erfolgt z. B. in mSv/h.



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

**Blatt:** 3.1.1.2

Seite: 2 von 9

Stand: August 2017

Da die Umgebungs-Äquivalentdosis im allgemeinen einen konservativen Schätzwert für die effektive Dosis  $E$  einer Person beim Aufenthalt am Messort darstellt, weiterhin beim bestimmungsgemäßen Betrieb der kerntechnischen Anlage nur sehr geringe Dosiswerte zu erwarten sind, kann auch auf eine Umrechnung von  $\dot{H}^*(10)$  in  $\dot{E}$  verzichtet werden.

Die Forderungen für die Überwachung der  $\gamma$ -ODL in der Umgebung kerntechnischer Anlagen, nach der REI [1] und ihren Anhängen sowie der KTA 1501 sind in der Anlage 1 zusammengestellt.

Damit rechtzeitig signifikante anlagenbedingte Beiträge zur  $\gamma$ -Ortsdosis erkannt werden können, wird in der REI [1] eine untere Nachweisgrenze für  $\gamma$ -ODL-Messungen von 50 nSv/h gefordert. Geräte mit dieser Empfindlichkeit gestatten bei „hinreichend langem Beobachtungsintervall“ (ca. 10 min Integrationszeit) sowohl die normale Untergrundstrahlung als auch eine anlagenbedingte Erhöhung um 10 nSv/h (entspricht 0,1 mSv/a) sicher zu messen.

Als obere Grenze des Messbereichs für den Normalbetrieb ist ein Wert von 10 mSv/h ausreichend. Für die Störfallinstrumentierung oder für Messungen in Sperrbereichen ist ein Messbereich bis 1 Sv/h vorzusehen.

Eine Berechnung der auftretenden Messunsicherheiten ist lediglich für die zählenden Kernstrahlungsmessungen möglich (Typ-A-Standardmessunsicherheit). Zur Ermittlung der Messunsicherheiten der analytischen Parameter Brutto- und Netto-Dosisleistung bedarf es darüber hinaus der Festlegung von Typ-B-Standardmessunsicherheiten. Die Typ-B-Standardmessunsicherheiten hängen von dem Gang der Auswertung und dem Bezug der analytischen Parameter ab:

#### 2.1 Bestimmung der „Brutto“-Dosisleistung

Eine „Brutto“-Dosisleistung enthält, bezogen auf den Messort, sowohl den anlagenbedingten Beitrag, als auch die standortbedingten natürlichen Komponenten. Zu letzteren gehören Strahlungsbeiträge terrestrischen Ursprungs, Fallout/Washout von Radon-Folgeprodukten, Schneebedeckung des Bodens und Strahlungsbeiträge kosmischer Herkunft. Weiterhin können Beiträge aus den in der Nähe befindlichen Baustoffen auftreten (vgl. auch [6]).

Im Vergleich zum nachfolgend erläuterten Differenzverfahren wird hier ein deutlich höherer Dosisleistungswert mit geringerer Standardabweichung erhalten. In die Gesamtmessunsicherheit gehen hier die Unsicherheiten der Kernstrahlungsmessung und die Unsicherheitbeiträge der Verfahrensweise ein. Alle Beiträge zur Dosisleistung oberhalb der Nachweisgrenze werden bei dieser Methode als Zusatzdosisleistung interpretiert, gleich welchen Ursprungs sie sind. Je geringer die Nachweisgrenze ist, umso mehr Schwankungen in der Umgebungsstrahlung können ermittelt werden. Aus dem zeitlichen Verlauf der  $\gamma$ -ODL muss dann unter Nutzung von Zusatzinformationen anschließend geschlussfolgert werden, ob ein relevantes Ereignis der kerntechnischen Anlage angenommen werden kann, oder ob naturbedingte Schwankungen auftraten.

#### 2.2 Ermittlung des anlagenbedingten Beitrags zur Dosisleistung

Unter dem anlagenbedingten Beitrag zur Dosisleistung sind in diesem Zusammenhang ausschließlich Beiträge der Direktstrahlung sowie skyshine und durch Submersion infolge luft- und wassergetragener Abgabe radioaktiver Stoffe zu verstehen.

Bei dieser Methode ist eine Differenzbildung von ermittelten Ortsdosisleistungs- und Untergrunddosisleistungsmesswerten erforderlich. Nachteilig bei dieser Methode ist die aus der Differenzbildung von vergleichbaren Werten resultierende große Messunsicherheit, die der anlagenbedingten Dosisleistung zugeschrieben werden muss. Problematisch bei diesem Verfahren ist die Bestimmung der aktuellen Untergrunddosisleistung, die nicht am Messort der Überwachung vorgenommen werden kann. Die Schwankungen der natürlichen Untergrundstrahlung am Messort, müssten somit auch am Referenzort in



gleicherweise hervorgerufen und ermittelt werden. Dadurch wird das Verfahren in der Praxis schwer anwendbar. Die technisch zu realisierende Lösung, stets einen konstanten, messorttypischen Untergrundwert und den Eigennulleffekt der Sonde zu subtrahieren, kann nur zu einem genäherten anlagenbedingten Beitrag führen. Dieses Verfahren hat die höchste Genauigkeit, wenn der betreffende Untergrundmesswert durch Langzeitmessungen vor der Inbetriebsetzung der Anlage gewonnen wurde und mit den aktuellen Messreihen ständig verglichen wird.

Unabhängig davon, welcher Wert bei der Berichterstattung angegeben und interpretiert wird, ist davon auszugehen, dass im Normalfall nur mit  $\gamma$ -ODL-Messwerten in der Größenordnung des natürlichen Untergrundes zu rechnen ist. Ohne Ableitung der Messunsicherheiten aus einer Vielzahl Messungen am Mess- und Referenzort ist ein Beitrag zur Dosisleistung durch die kerntechnische Anlage schwer zu belegen. Der Grund liegt in den hohen Messunsicherheiten für Einzelmessungen (vgl. Tab. 1) und den auftretenden Schwankungen der Dosisleistung am Mess- und Referenzort.

### **3 Messmethodik**

#### **3.1 Detektoren und deren Kalibrierung**

Die zu ermittelnde Messgröße ist die richtungsunabhängige Umgebungs-Äquivalentdosis  $H^*$  (10). Sie wird über Qualitätsfaktoren aus der im Detektor deponierten Energie (Energiedosis) ermittelt. Ziel der Umgebungs-Äquivalentdosis ist die konservative Abschätzung der effektiven Dosis, die jedoch stark von der Energie der Strahlung und der räumlichen Ausprägung des Strahlenfeldes abhängig ist. Eine Kalibrierung ist lediglich über idealisierte Strahlungsfelder, die aus der interessierenden Strahlung am Aufpunkt abzuleiten sind, möglich. Für die Auswahl geeigneter Detektoren ist das Energieübertragungsvermögen der Strahlung oder das der durch die Strahlung erzeugten Sekundärteilchen entscheidend. Je nach Messprinzip und vorherrschendem oder erwartetem Strahlungsfeld sind erhebliche Unterschiede der von den Detektoren ausgewiesenen Umgebungs-Äquivalentdosis  $H^*$  (10) möglich.

Es ist zwischen gasgefüllten Detektoren, Szintillationszählern und Halbleiterdetektoren zu unterscheiden. Szintillatoren und Halbleiterdetektoren sind in der Lage, Spektren zu generieren, die die Ursache des Strahlungsfeldes aufklären können. Sie sind das Mittel der Wahl, wenn mit unterschiedlichsten Strahlungskomponenten zu rechnen ist.

Gasgefüllte Detektoren sind erst aufgrund ihrer Ummantelung in der Lage,  $\gamma$ -Strahlung zu detektieren. Die Ummantelung des Detektors bestimmt darüber hinaus das Ansprechvermögen gegenüber  $\beta$ -Strahlung, was bei der Ermittlung der reinen  $\gamma$ -Strahlungskomponente zu berücksichtigen ist. Gasgefüllte Detektoren sind in der Regel preiswert und leicht zu betreiben. Es werden Ionisationskammern, Proportionalzähler und Geiger-Müller-Zählrohre unterschieden.

Ionisationskammern besitzen keinen Verstärkungseffekt durch Zählgas. Sie besitzen daher keine Totzeit und zählen die Ereignisse unabhängig von deren Energiegehalt und zeitlichem Auftreten. Damit sind sie vor allem bei gepulster Strahlung und für weite Bereiche der Intensität und des Energiespektrums der Strahlung einsetzbar. Für die Erzielung hinreichend geringer Nachweisgrenzen der Umgebungsüberwachung eignen sich in der Regel Hochdruck-Ionisationskammern. Eine verstärkende Elektronik bleibt obligatorisch, was die Zählrohre teuer machen kann.

Proportionalzählrohre erzielen Zählraten, die proportional zur Anzahl und Energie der einfallenden Strahlung sind. Sie liefern somit auch bei unterschiedlicher Energie der  $\gamma$ -Quanten verlässliche Dosisleistungswerte und sind das Mittel der Wahl bei Strahlungsfeldern mit wechselnden Strahlungsenergien. Gegenüber den Ionisationskammern besitzen sie einen Verstärkungsfaktor, der durch Stoßionisation des Zählgases entsteht. Bei hoher Strahlungsintensität wird somit eine Totzeitkorrektur notwendig. In der Totzeit ist das Zählrohr unempfindlich gegenüber neu eintretenden Ereignissen. Die Totzeit liegt im Bereich von 10  $\mu$ s.



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

**Blatt: 3.1.1.2**

Seite: 4 von 9

Stand: August 2017

Geiger-Müller-Zählrohre besitzen einen hohen Verstärkungseffekt, verlieren aber jegliche Information über die Strahlungsart, da jedes Ereignis eine vollständige Gasentladung auslöst. Sie sind deshalb nur bei bekannten Strahlungsfeldern für die Ermittlung der Ortsdosis oder als Warngeräte einsetzbar. Ihr Vorteil ist die hohe Empfindlichkeit trotz hoher Totzeit im Bereich von 100  $\mu$ s. Wegen der Totzeiten werden in der Regel mehrere Detektoren für die zu erwartenden Strahlungsintensitäten eingesetzt.

Folgende Punkte bei der Auswahl der Detektoren sind zu beachten:

- Hinreichend geringe Nachweisgrenzen,
- Stabiles Signal/Rauschverhältnis oder stabile Nullzählraten,
- Stabiler Messbereich der Messgröße einschließlich Linearität und relativer Empfindlichkeit,
- Langzeitstabilität des Detektors in Bezug auf das Ansprechvermögen,
- Geringe Richtungsabhängigkeit des Ansprechvermögens.

Technische Entwicklungen finden zurzeit vor allem bei Szintillations- und Halbleiterdetektoren statt. So sind dank Einsatz neuer Materialien und hochspezifischer Software spektrometrisch messende Szintillationssonden erhältlich, die anorganische NaI(Tl)- oder LaBr<sub>3</sub>(Ce)-Szintillatoren verwenden. Dabei beruht die Ermittlung der ODL auf Entfaltung des gemessenen Spektrums in Energiegruppen. Die sich ergebenden Gruppen-Flussdichten werden mit den ODL/Flussdichte-Konversionsfaktoren multipliziert und aufsummiert, womit sich die integrale ODL ergibt. Der große Vorteil besteht in der (zumindest temporären) Speicherung der Messspektren, die bei erhöhten ODL im Nachhinein auswertbar sind, was für die Überwachung sehr wertvoll sein kann. Möglich ist auch das vorherige Setzen von „Regions of Interest“ und deren automatische Überwachung. Der recht neue LaBr<sub>3</sub>(Ce)-Szintillator bietet den Vorteil einer ständigen automatischen Energiekalibrierung auf Basis der Eigenaktivität (Gamma- und X-Emission von La-138). Der nach oben begrenzte Messbereichs (ca. 1 mSv/h) kann durch optional integrierte GM-Zählrohre erweitert werden. Heutzutage lassen sich derartige Sonden auch in automatische Messnetze integrieren, da sie auch autark mit verschiedensten Kommunikationsmöglichkeiten verfügbar sind.

In Tab. 1 sind auszugsweise die Anforderungen für  $\gamma$ -ODL-Messeinrichtungen in der Weise zusammengestellt, wie sie in der Tabelle 5-1 der KTA 1501 [7], für den bestimmungsgemäßen Betrieb von KKW definiert sind.

Tab. 1: Anforderungen an  $\gamma$ -ODL –Messeinrichtungen

<b>Einflussgröße</b>	<b>Nenngebrauchsbereich</b>	<b>Bezugswert der Einflussgröße</b>	<b>Relative Messunsicherheit</b>
Photonenenergie	40 ... 3000 keV	662 keV (Cs-137)	$\pm 40$ % bis 3 MeV; darüber hinaus muss die Änderung des Ansprechvermögens bekannt sein
Strahlungseinfallrichtung	Vorzugsrichtung $\pm 45$ °	Vorzugsrichtung	$\pm 30$ %
Umgebungstemperatur	- 30 ... 50 °C *)	+ 20 °C	$\pm 20$ %
rel. Luftfeuchte	30 % bis 100 %, kondensierender Dampf	60 %	$\pm 20$ %

\*) für Aufstellung im Freien; in Räumen ist 10 ... 50 °C hinreichend



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

**Blatt:** 3.1.1.2  
 Seite: 5 von 9  
 Stand: August 2017

Für den Einsatz der Sonden in Messnetzen außerhalb von Gebäuden über viele Monate sind vor allem folgende Kriterien zu beachten:

- Temperaturabhängigkeit; die meisten Hersteller bieten Sonden mit einer weitgehenden Temperaturkompensation an.
- Die Störanfälligkeit durch elektromagnetische Felder (z. B. durch Sender, Mobiltelefone, Radaranlagen, Blitzschlag etc.) ist zu beachten, vor allem bei der Auswahl des Aufstellungsortes. Es empfiehlt sich stets eine Prüfung der konkreten Umgebungssituation.
- Die mechanische Festigkeit (Wasserdichtigkeit, Witterungsbeständigkeit, Resistenz gegen Eisbildung) ist bei Außenbetrieb entscheidend für die Betriebsdauer, auch die Kabelzuführung und die Befestigung sind zu beachten.
- Die Sonden sollten sicher gegen unbefugte Zugriffe angebracht sein.

Die Kalibrierung oder eine Prüfung der Sonden im Rahmen von wiederkehrenden Prüfungen sollte z. B. mit einem Cs-137-Prüfstrahler mindestens einmal jährlich erfolgen, wobei die Hersteller meist konkrete Prüfvorschriften für ihre Sonden anbieten (z. B.: Empfehlungen zur Prüfquelle, definierter Prüfpunkt an der Sonde). Bei Neuausstattung von Messnetzen mit einem einheitlichen Sondentyp ist ein gemittelter Kalibrierfaktor aus den Herstellerangaben für alle Sonden hinreichend. Hier sollte auch darauf geachtet werden, ob die Messergebnisse des alten Messnetzes mit dem des neuen übereinstimmen, so dass ein „Sprung“ vermieden wird oder erklärt werden kann. Sollten Messvergleiche zwischen Messgeräten mit unterschiedlichen Detektoren durchgeführt werden, ist der Anteil der kosmischen Komponente separat auszuweisen. Die Hersteller verfügen meist über eine höhenabhängige Kalibrierung ihrer Detektoren.

### 3.2 Messstrategien

Zur Erreichung der Zweckbestimmung gemäß geltendem Regelwerk lassen sich die  $\gamma$ -ODL-Messungen verschiedenen Aufgabenstellungen zuordnen (siehe Tab. 2). Neben dem Einsatz ortsfester Monitore werden mobile Einrichtungen operativ und bei Ereignissen mit Zeiträumen von wenigen Minuten bis Stunden oder bis Wochen eingesetzt, um zusätzliche Informationen zu liefern.

Tab. 2:  $\gamma$ -ODL-Messsysteme bei der Umgebungsüberwachung kerntechnischer Anlagen im bestimmungsgemäßen Betrieb sowie im Störfall / Unfall

Art des Messsystems	Beispiele von Systemen/Messnetzen [10]
Automatisch arbeitende On-line-Messsysteme an <u>ortsfesten</u> Positionen (Messnetze) mit kontinuierlicher Registrierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anlageneigene Messnetze</li> <li>- Kernreaktorfernüberwachung</li> <li>- KFÜ- (D)</li> <li>- Automatische (-ODL-Messnetze)</li> <li>- MADUK (CH)</li> <li>- BfS-ODL (D)</li> </ul>
<u>Mobile</u> Messeinrichtungen, s. a. [5] (Einsatz an vorgegebenen Orten, auf definierten Routen und für bestimmte Szenarien)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\gamma</math>-ODL-Monitor mit Ortskoordinatenaufzeichnung (GPS)</li> <li>- In-situ <math>\gamma</math>-Spektrometer mit Ortskoordinatenaufzeichnung (Ermittlung nuklidspezifischer <math>\gamma</math>-ODL)</li> <li>- Montage von Spektrometern in PKW oder Hubschraubern; auch Einsatz von Handgeräten für die <math>\gamma</math>-ODL-Messung</li> </ul>

Die in Tab. 2 erwähnte Ermittlung der nuklidspezifischen  $\gamma$ -ODL erfolgt über die  $\gamma$ -spektrometrische In-situ-Messung und Berechnung der  $\gamma$ -ODL für das einzelne Radionuklid unter bestimmten Annahmen [9].



Für die Durchführung der Messungen werden Vorgaben in den entsprechenden Richtlinien und Vorschriften gegeben, z.B. REI [1]. Ortsfeste Detektoren sollten an repräsentativen Standorten aufgestellt werden [10]. Für die Strahlenexposition eines Menschen im Freien ist ein Standort in 1 m Höhe über dem Boden in offenem Gelände und ohne den störenden Einflüssen von Bauwerken (Abstand > 20 m) und größerem Bewuchs (Bäume, Sträucher) repräsentativ.

Zur Vermeidung von unbefugten Manipulationen oder Entwendung werden aber ortsfeste automatisch arbeitende Sonden vielfach auf Dächern öffentlicher Gebäude oder an Messstationen zugriffssicher installiert, um eine ständige Verfügbarkeit von exakten Messwerten zu garantieren. Bei solchen Standorten steht die Frühwarnfunktion der Sonden im Vordergrund. Die Daten von derartigen Standorten sind nur eingeschränkt mit Daten von Sonden vergleichbar, die beispielsweise auf Grünland stationiert sind. Von großer Bedeutung ist deshalb eine ausreichende Dokumentation und Bewertung der Standorte.

Für mobile Messungen, die in der Regel durch Personal betreut werden, lassen sich die in der REI geforderten Bedingungen gemäß [5] verwirklichen.

### 3.3 Datenübertragung und Stromversorgung

Messnetze zur  $\gamma$ -ODL-Überwachung für kerntechnische Anlagen können aus unterschiedlich vielen Sonden bestehen. Entsprechend ist der Aufwand für eine derartige Messaufgabe unterschiedlich. Insbesondere sind dabei Fragen wie Stromversorgung und Datenübertragung zu beachten.

Für die Datenübertragung von den ODL-Sonden zu einem Datenlogger oder -rechner werden

- serielle Datenleitungen (Telefonleitungen; Standards RS232, RS485),
- Datenübertragungen per Datennetz (z. B. Ethernet) für Gelände mit ausgebauter Infrastruktur oder
- Datenübertragungen per Funk oder Mobilfunk bei entlegenen Standorten

verwendet.

Zur Gewährleistung der Ausfallsicherheit sollte die Stromversorgung möglichst autark (akku- und/oder solarbetrieben als Voraussetzung für entlegene Standorte) oder zumindest per unterbrechungsfreie Stromversorgung gepuffert realisiert werden.

### 3.4 Messwertverarbeitung und -speicherung

Im Folgenden soll die Messwertverarbeitung und -speicherung für kontinuierlich messende  $\gamma$ -ODL-Sonden diskutiert werden:

Moderne Sonden sind mit integrierter Messelektronik ausgerüstet und können zum Beispiel Impulsraten in Messwerte verrechnen, den Kalibrierfaktor verwalten, Plausibilitätstests durchführen, Temperaturschwankungen kompensieren, Feuchteinbruch melden. Sie sind für den Fall einer gestörten Datenabfrage meist mit einem Messwertspeicher ausgerüstet. Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik ist eine automatische Eigendiagnose im Messnetz sinnvoll. Dazu gehört z. B. das Erkennen eines defekten Zählrohres, eine Alarmierung nur dann, wenn eine reelle Dosiserhöhung vorliegt oder eine Prüfung, ob ggf. benachbarte Sonden ebenfalls erhöhte Werte anzeigen.

Für die Momentanwertanzeige ist eine Integrationszeit von 10 Minuten hinreichend. Der zeitliche Verlauf der  $\gamma$ -ODL sollte sowohl anhand der 10-Minuten-Werte (z. B. 24 h vorhalten, dann löschen) als auch anhand der gemittelten 1-h- und Tageswerte ausgewertet und archiviert werden. Ist zusätzlich eine Anzeige des aktuellen Wertes der  $\gamma$ -ODL direkt am Aufstellungsort der Sonde erforderlich, ist ein Ratemeterbetrieb mit 1-Minuten-Mittelwertbildung sinnvoll. Um die Datenmenge bei der Übertragung zu reduzieren, kann man Sonden einsetzen, die nur dann Daten übertragen, wenn sich die Messwerte signifikant geändert haben; solche „schlafende“ Sonden gibt es derzeit schon auf dem Markt. Darüber hinaus ist es möglich, bei Überschreitung



von vordefinierten Schwellwerten die Integrationszeiten zu verkürzen, um eine verbesserte zeitliche Auflösung der Ereignisse zu ermöglichen.

Für die Auswertung und Interpretation der Messwerte der Sonden kann die "Czarnecki-Methode" in Betracht gezogen werden, weil sie die Berechnung von Nettodosen unter Berücksichtigung ortsspezifischer und zeitabhängiger Parameter ermöglicht [11]. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die Berücksichtigung mittlerer Tagesverläufe der  $\gamma$ -ODL.

Zu einer Überwachung der  $\gamma$ -ODL im Freien gehört eine Korrelationsbetrachtung zu Niederschlägen zur Vermeidung von Fehlinterpretationen. Verschiedene Sonderbauformen von Sonden besitzen eine definierte Richtungsabhängigkeit zum Erkennen von Bodendepositionen oder eine geeignete Energiediskriminierung, die den Nachweis von Xenon-Emissionen aus KKW gestattet. Bei Kenntnis des Energiespektrums natürlicher Radionuklide und der daraus resultierenden Impulshöhenverteilung im Detektor ist auch mit Hilfe einer Szintillationsmesssonde durch gezielte Auswertung bestimmter Energiebereiche des aktuellen Spektrums der Nachweis künstlicher Radionuklide möglich [12].

Schon mit dem Aufbau eines Messnetzes sollte an die spätere Validierung der Daten gedacht werden.

#### **4 Dokumentation und Berichterstattung**

Die Dokumentation muss eine Beschreibung der Messorte und der messwertrelevanten Daten enthalten.

Zur Beschreibung eines Messortes gehören:

- Koordinaten im Messnetz, möglichst geographisch sowie bezogen auf die Anlage,
- topographische und orographische Beschreibung,
- Erreichbarkeit des Messortes (Zuwegung),
- Fotografie des Messortes,
- radiologische Beschaffenheit der Bodenoberfläche oder Gesteinsformation,
- Ergebnisse von In-situ- und/oder Proben-Gammaspektrometrie (Tiefenprofil),
- Messwerte der  $\gamma$ -ODL vor Inbetriebnahme der Anlage oder vor einem radiologischen Ereignisfall.

Messwertrelevante Daten sind:

- Angaben zu Messbedingungen (z. B. Sondenparameter, Temperatur, Niederschlag),
- Angaben zu Auswertebedingungen,
- Originalmesswerte (Uraufzeichnungen),
- Korrekturfaktoren,
- $\gamma$ -ODL-Messwerte und ihre Messunsicherheiten,
- Berechnungsverfahren zur Ermittlung von Nettodosisleistungswerten.

Die Dokumentation und Archivierung der Messwerte und Aufzeichnungen dazu ist nach behördlichen Vorgaben vorzunehmen. So schreibt die REI eine Archivierungszeit hierfür von 30 Jahren vor. Für die Berichterstattung kerntechnischer Anlagen gibt es in der REI ebenfalls Vorgaben im Punkt 5 und in den Anlagen.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit einer größeren Einrichtung sollten heutzutage ausgewählte Daten, dazu gehören neben meteorologischen Daten auch ODL-Daten, auch im Internet publiziert werden. Für Behörden sind die Vorschriften des Informationsfreiheitsgesetzes [13] und des Umweltinformationsgesetzes [14] maßgeblich.



**5 Literatur**

- [1] Richtlinie für Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen (REI) vom 07.12.2005; GMBI. Nr. 14-17 vom 23.03.2006, S. 254
- [2] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung-StrlSchV) vom 20.07.2001 (BGBl I S. 1714 I 2002 S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24.02.2012, BGBl I S. 212)
- [3] Überwachung der Gamma-Ortsdosis mit Festkörperdosimetern, LB 3.1.1.1 der Loseblattsammlung FS-78-15-AKU, 12/2002
- [4] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz) - StVG), 19.12.1986, Bundesgesetzblatt 1986, I, S. 2610 zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2008 (BGBl. I S. 686)
- [5] Überwachung der Gamma-Ortsdosisleistung bei Messfahrten, LB 3.2.2. der Loseblattsammlung FS-78-15-AKU, 08/2012
- [6] „Grundlagen und Hinweise zur Messung von Ortsdosis und Ortsdosisleistung, [OD/ODL-GRUNDL-01]“; Messanleitungen des Bundes zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Oktober 2000
- [7] Ortsfestes System zur Überwachung von Ortsdosisleistungen innerhalb von Kernkraftwerken; Sicherheitstechnische Regel des KTA 1501, 11/2010
- [9] In-situ-Gammaspektroskopie zur Überwachung der Umweltradioaktivität, LB 3.4.5. der Loseblattsammlung FS-78-15-AKU, 08/2012
- [10] M. Zähringer, G. Pfister "Representativeness and comparability of dose rate measurements: Description of site-specific uncertainties and data bias"; Kerntechnik 63 (1998) S. 178-184
- [11] Bestimmung der Nettodosisleistung mittels Thermolumineszenz-Umgebungsdosimetern und automatischen Dosisleistungsmessnetzen, LB 3.4.1 der Loseblattsammlung FS-78-15-AKU, 12/2007
- [12] M. Iwatschenko-Borho, L. Dederichs, F. Nürbchen, W. Schiefer, W. Rieck: Schnellerkennung von künstlichen Gammastrahlern mit dem NBR-Verfahren in 10. Fachgespräch zur Überwachung der Umweltradioaktivität, Hamburg, 28.-30. 4. 1998, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), S. 157-162
- [13] Informationsfreiheitsgesetz (IFG) vom 5. September 2005 (BGBl. I S. 2722), das durch Artikel 2 Absatz 6 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist
- [14] Umweltinformationsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Oktober 2014 (BGBl. I S. 1643)

---

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





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

**Blatt: 3.1.1.2**  
 Seite: 9 von 9  
 Stand: August 2017

**Anlage 1 Erforderliche Nachweisgrenze, Messbereiche und Messumfang bei  $\gamma$ -ODL-Messungen in kerntechnischen Anlagen entsprechend Vorgaben in Richtlinien und Regeln**

Regelwerk	Normalbetrieb		Störfall/Unfall	
	Betreiber	Unabhängige Messstelle	Betreiber	Unabhängige Messstelle
<b>REI Anhang A „Kernkraftwerke“</b>	<b>50 nSv/h</b> je 1 Messort im Bereich der ungünstigsten Einwirkungsstelle für Dosisbeiträge durch äußere Bestrahlung und in der zweithäufigsten Ausbreitungsrichtung	nicht gefordert	<b>100 nSv/h ... 1 Sv/h</b> Zentralzone: 5...20 Messorte  Mittelzone: je 3...6 Messorte  monatliches Training in je 1 Sektor	<b>100 nSv/h ... 1 Sv/h</b> Mittel-/Außenzone je 3...6 Messorte  halbjährliches Training in je 1 Sektor
<b>REI Anhang B „Brennelementfabriken“</b>	nicht gefordert		<b>50 nSv/h ... 10 mSv/h</b> Zentralzone: 5...20 Messorte	<b>50 nSv/h ... 10 mSv/h</b> Mittel-/Außenzone je 1 Messort
<b>REI Anhang C „Brennelementzwischenlager, Endlager für radioaktive Abfälle“</b>	<b>50 nSv/h</b> an 2 Messorten und am Referenzort kontinuierlich		<b>50 nSv/h</b> 12 Messorte in unmittelbarer Umgebung  halbjährliches Training an wechselnden Orten	<b>50 nSv/h</b> je 1x in den Sektoren (Gebiet A)  halbjährliches Training in je 3 Sektoren
<b>REI Anhang D „Sonderfälle“</b>	Festlegung unter Anwendung des Verhältnismäßigkeitsmaßstabs ausgehend von den Regelungen in Anhang A			
<b>KTA 1501</b>	<b>1 <math>\mu</math>Sv/h ... 10 mSv/h</b> (außerhalb Sperrbereichen)  <b>0,1 mSv/h ... 1 Sv/h</b> (in Sperrbereichen)	-	<b>0,1 mSv/h ... 1 Sv/h</b> (Maschinenhaus einer Anlage mit Siedewasserreaktor)	-
<b>Vorschriften Schweiz</b>	Regelwerke in der Schweiz zu diesem Thema:  Strahlenschutzverordnung, Messmittelverordnung, Verordnung des EJPD über Messmittel für ionisierende Strahlung, Richtlinie G-13 des ENSI. Diese enthalten keine spezifischen Nachweisgrenzen, Messbereiche etc. sondern machen diese von der Zielsetzung der Messungen abhängig			