



**Berichterstattung gemäß der Richtlinie  
zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen**

Bearbeiter: W. Kukla, Kernkraftwerk Obrigheim, Obrigheim  
J. Narrog, Hesel, ehem. Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg  
A. Neu, Durmersheim, ehem. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden -  
Württemberg, Karlsruhe  
E. Rose, Jülich, ehem. Forschungsanlage Jülich  
H. Weiß, ESN EnergieSystemeNord GmbH, Schwentinental  
A. Wicke, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe  
M. Winter, Stutensee, ehem. Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

**Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung.....	1
2	Übergreifende Gesichtspunkte zur Berichterstattung der Emissions- und Immissionsüberwachung.....	2
3	Berichte zur Emissionsüberwachung.....	2
3.1	Quartalsberichte.....	3
3.2	Jahresberichte.....	3
3.3	Papierlose Berichterstattung.....	4
4	Berichte zur Umgebungsüberwachung.....	5
4.1	Quartalsberichte.....	5
4.2	Jahresberichte.....	5
4.3	Einsatz elektronischer Datenverarbeitung.....	8
<b>Anlage 1</b>	Grundlagen zur Berechnung der Erkennungs- und Nachweisgrenze, der Messunsicherheit und empfohlene statistische Kenngrößen.....	10
<b>Anlage 2</b>	Beispiel eines Berichtsbogens für Kernkraftwerke als Teil des Quartalsberichts der Emissionsüberwachung (Fortluft).....	21
<b>Anlage 3</b>	Beispiel eines Berichtsbogens für Kernkraftwerke als Teil des Jahresberichts der Emissionsüberwachung (Fortluft).....	22
<b>Anlage 4</b>	Beispiel eines Berichtsbogens für Kernkraftwerke als Teil des Quartalsberichts der Emissionsüberwachung (Wasser).....	23
<b>Anlage 5</b>	Beispiel eines Berichtsbogens für Kernkraftwerke als Teil des Jahresberichts der Emissionsüberwachung (Wasser).....	24
<b>Anlage 6</b>	Hinweise für die graphische Darstellung der Messergebnisse der Emissionsüberwachung im Jahresbericht.....	25
<b>Anlage 7</b>	Beispiel für den Aufbau einer IMIS-Tabelle für einen Jahresbericht zur Umgebungsüberwachung.....	26

**1 Einleitung**

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat in der Neufassung der "Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen" vom 23. März 2006, GMBI. Nr. 14-17 (2006) S. 554 ff., festgelegt, dass Betreiber von kerntechnischen Anlagen sowohl Emissions- als auch Immissionsüberwachung durchzuführen haben. Darüber hinaus sind unabhängige Messstellen mit der Kontrolle der Eigenüberwachung der Emissionen sowie kontrollierenden und ergänzenden Messungen in der Umgebung zu beauftragen. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Quartals- und Jahresberichten darzustellen. Im folgenden wird empfohlen, in welcher Form und in welchem Umfang über die Überwachungsergebnisse zu berichten ist, um sowohl den einschlägigen Vorgaben der "Richtlinie zur Emissions- und Immissionsüberwachung kerntechnischer Anlagen" (REI), der Sicherheitstechnischen Regeln des Kerntechnischen Ausschusses KTA 1503.1 und KTA 1504, der DIN 25482 und DIN 1319 zu ge-



nügen als auch das Ziel zu erreichen, Ergebnisse verschiedener Berichtersteller untereinander vergleichbar zu machen.

## 2 Übergreifende Gesichtspunkte zur Berichterstattung der Emissions- und Immissionsüberwachung

Messwerte sind mit nicht mehr als zwei signifikanten Ziffern anzugeben. Für alle Einzel-Messergebnisse und für die daraus gebildeten Summen oder Mittelwerte ist die Messunsicherheit anzugeben. Die Messunsicherheit ist nach DIN 1319, Teil 3, Seite 5 gleich der halben Weite des Vertrauensbereiches. Sie ist für jedes Überwachungsergebnis als einfache Standardabweichung anzugeben, zweckmäßigerweise als relative Messunsicherheit in Prozent. Bei der Nutzung von REA (Radioaktivitätsmessdaten-Erfassungs- und -Auswertesystem, siehe Abschn. 3.3) oder IMIS (Integriertes Mess- und Informationssystem, siehe Abschnitt 4.3) ist die Angabe in Prozent zwingend vorgeschrieben. Die gesamte Messunsicherheit  $u$  setzt sich aus der Zufallskomponente  $u_z$  und der unbekannt systematischen Komponente  $u_s$  zusammen, wobei die Repräsentativität der entnommenen Einzelprobe für die Gesamtheit des überwachten Mediums außer Betracht bleibt. Bekannte systematische Abweichungen sind bei der Ermittlung des Messergebnisses als Korrektur zu berücksichtigen und gehen deshalb nicht in die Messunsicherheit ein. Die unbekannt systematische Komponente  $u_s$  kann im Allgemeinen nur anhand ausreichender experimenteller Erfahrung, u. a. auch durch Auswertung von Ringversuchen, abgeschätzt werden. Deshalb reicht ihre einmalige Angabe. Die Zufallskomponente  $u_z$  kann in ihrer Gesamtheit nur experimentell durch eine ausreichende Anzahl von Messungen (mindestens 20) abgeschätzt werden. Einen mathematisch definierten und in vielen Fällen dominanten Beitrag zur Zufallskomponente  $u_z$  liefert die zählstatistische Messunsicherheit. Ist letzteres der Fall, kann auf die experimentelle Ermittlung von  $u_z$  verzichtet werden.

Über sämtliche im Rahmen der Überwachungsmaßnahmen nachgewiesenen künstlichen Radionuklide ist zu berichten. Grundsätzlich ist auch über natürliche Radionuklide zu berichten, sofern ihr verstärktes Auftreten in Abluft-, Abwasser- oder Umweltproben eine Folge genehmigungsbedürftiger Tätigkeiten ist.

Jeder Bericht muß folgende Angaben enthalten:

- Überwachte Anlage,
- Messinstitution,
- Überwachungszeitraum,
- überwachtes Medium,
- Probenentnahmeort / Messort,
- Messergebnis mit Messunsicherheit.

Die Ergebnisse von Aktivitätsmessungen sind grundsätzlich auf den Zeitpunkt der Probenentnahme oder die Mitte des Sammelzeitraumes entsprechend der Halbwertszeit zurückzurechnen. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Überwachungszeitraum auf die Halbwertszeit der zu überwachenden Radionuklide abgestimmt und die Messung unverzüglich nach der Probenentnahme durchgeführt wurde. Wenn zwischen dem Zeitpunkt der Probenentnahme und der Messung mehr als sechs Halbwertszeiten liegen und bei der Messung keine Aktivität nachgewiesen werden konnte, entfällt auch die Angabe der Nachweisgrenze.

Die Quartalsberichte sind innerhalb von zwei Monaten nach Quartalsende, die Jahresberichte innerhalb von drei Monaten nach Jahresende der zuständigen Behörde vorzulegen.

## 3 Berichte zur Emissionsüberwachung

Nach den Vorgaben der REI sind für Kernkraftwerke die Festlegungen der KTA-Regeln bzgl. Dokumentation und Berichterstattung zu beachten. Dies ist in den folgenden Empfehlungen berücksichtigt worden.



Für sämtliche zu überwachenden Radionuklide und Radionuklidgruppen ist jeweils die maximale Erkennungsgrenze in den Berichtsbögen über die Ableitung radioaktiver Stoffe anzugeben (Berechnung der Erkennungsgrenze siehe Anlage 1). In der Spalte „abgeleitete Aktivität“ der Berichtsbögen sind nur Werte anzugeben, die aus Messwerten oberhalb der Erkennungsgrenze berechnet wurden.

Auf den Berichtsbögen über die Ableitung radioaktiver Stoffe (siehe Anlagen 2 bis 5) ist für die Summe von Aktivitäten unterschiedlicher Radionuklide keine Messunsicherheit anzugeben, da bereits diese Summenbildung fragwürdig erscheint und für Dosisberechnungen nicht relevant ist. Ausnahme ist die Summe der Edelgase (siehe Anlagen 2 und 3) bei Gesamt- $\beta$ -Messung, da aufgrund des Verfahrens die Summe der Edelgasaktivitäten integral gemessen wird. Zur Bestimmung des Radionuklidvektors werden stichprobenartig gammaspektrometrische Messungen durchgeführt. Bei den dabei nachgewiesenen Radionukliden werden die unter Bezug auf das Ergebnis der Gesamt- $\beta$ -Messung rein rechnerisch bestimmten Einzelnuklidableitungen ohne Angabe einer Messunsicherheit berichtet. In allen anderen Fällen ist die Messunsicherheit von Einzelnuklidaktivitäten anzugeben. Für andere kerntechnische Anlagen sind die Vorgaben in den Anhängen B, C und D der REI zu beachten.

### 3.1 Quartalsberichte

Die Quartalsberichte der Genehmigungsinhaber bestehen aus Formblättern, die folgende Angaben enthalten müssen:

- Überwachte Anlage,
- Messinstitution,
- zu überwachendes Medium (Fortluft oder Wasser),
- Emissionsstellen (Ort der Aktivitätsabgabe an die Umwelt),
- Volumen der Fortluftableitung oder Wasserableitung im Berichtszeitraum und seit Jahresanfang,
- zu überwachende Radionuklide und Radionuklidgruppen,
- Aktivitätsabgabe im Berichtszeitraum und seit Jahresanfang (Beispiele für Kernkraftwerke siehe Anlagen 2 und 4). Die Messergebnisse sind entsprechend den Halbwertszeiten der Radionuklide auf die Mitte des Sammelzeitraumes zu korrigieren.
- Angabe der Messunsicherheit,
- Angabe der maximalen Erkennungsgrenzen im Berichtszeitraum (eine Angabe der minimalen Erkennungsgrenzen nach KTA ist nicht sinnvoll),
- Angabe der Genehmigungswerte (von der zuständigen Behörde festgelegte maximal zulässige Aktivitätsabgaben), ggf. saisonale Werte,
- Bemerkungen (z. B. Überschreitungen von Genehmigungswerten, Besonderheiten bei bestimmten Messungen).

### 3.2 Jahresberichte

Die Jahresberichte der Genehmigungsinhaber bestehen u. a. aus einer tabellarischen Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Emissionsüberwachung gemäß den Anforderungen für Quartalsberichte. Es wird empfohlen, die Jahresberichte entsprechend der folgenden Inhaltsübersicht zu gestalten:



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 4 von 26  
 Stand: September 2010

Inhaltsübersicht	Erläuterungen zu den Angaben in den Jahresberichten
Einleitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Angaben zur rechtlichen Grundlage</li> <li>– Genehmigungsbestimmungen, Bewilligungen und Erlaubnisse (einschließlich wasserrechtlicher Erlaubnisbescheide) der zuständigen Behörde</li> <li>– nähere Erläuterungen zu den überwachten Anlagen, z.B. Teilbetriebsstätten, Doppelblockanlagen und dergl.</li> <li>– Betriebszustand der Anlage, ggf. mit Angabe des Revisionszeitraumes</li> </ul>

Inhaltsübersicht	Erläuterungen zu den Angaben in den Jahresberichten
Beschreibung der Maßnahmen zur Emissionsüberwachung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fortluft</li> <li>– Wasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kurzbeschreibung der angewandten Probenentnahme- und Messverfahren mit den im Berichtszeitraum verfahrenstypisch erreichten Nachweisgrenzen einschließlich Besonderheiten bei der Durchführung der Messungen</li> <li>– übersichtliches Verfahrensschema, das Probenentnahme- und Messorte enthält</li> </ul>
Messergebnisse aus den überwachten Bereichen <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fortluft</li> <li>– Wasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– eventuelle Sondermessungen</li> <li>– Angabe der Ableitungen radioaktiver Stoffe in Tabellenform gemäß Abschnitt 3.1 (Beispiele für Kernkraftwerke siehe Anlagen 3 und 5)</li> <li>– zusammenfassende graphische Darstellung der Monats- oder Quartals- und Jahreswerte der Messergebnisse (Hinweise siehe Anlage 6)</li> </ul>
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Darlegung, zu welchem Bruchteil die maximal zulässigen (Kurzzeit- oder Langzeit-) Aktivitätsabgaben in Anspruch genommen wurden</li> <li>– Überschreitungen von Genehmigungswerten</li> <li>– Vergleich mit den Vorjahren (s. Anlage 6)</li> </ul>

### 3.3 Papierlose Berichterstattung

Für den nach REI geforderten Einsatz elektronischer Datenverarbeitung bei der Datenerfassung und Berichterstattung hat das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) das Programmsystem REA bereitgestellt. Dieses erlaubt es, Analysenergebnisse im Messzyklus zu erfassen und zu Berichten über verschiedene Berichtszeiträume wie Monat, Quartal oder Jahr zu aggregieren. Ferner kann es Berichtsbögen in vorschriftsmäßiger Form erstellen. Eine Überführung der Ergebnisse in eine bundesweite Datenbank erfolgt bisher nicht und ist auch bis auf weiteres nicht vorgesehen. Die Benutzung des Programms ist nicht obligatorisch, die Berichte können auch mit anderer Software erstellt werden, sofern die Vorgaben in Abschn. 3.1 erfüllt werden.

Die Berichterstattung soll papierlos über das IMIS erfolgen. Dazu sind die Berichte in Form von pdf-Dateien in das IMIS-Dokumentensystem zu importieren. Hierfür steht im IMIS-Hotline-Bereich ein Menüpunkt zur Verfügung. Mittels einer Eingabemaske werden die Informationen zusammengestellt, die für eine korrekte Benennung des Dokuments und seine richtige Einordnung in das Dokumentensystem des IMIS erforderlich sind. Der Import kann auch direkt über das Dokumentensystem erfolgen, dann sind die vorgenannten „Properties“ jedoch manuell zu setzen. Nach der Erfassung der Berichte und Bereitstellung für die Aufsichtsbehörde erfolgt eine Freigabe durch die zuständige Landesbehörde, das BfS und das BMU sowie die Bereitstellung im Dokumentensystem unter „IMIS-World“ in der Rubrik „REI-Berichte“. Dort sind sie



allen berechtigten IMIS-Nutzern zugänglich. Voraussetzung für den Zugriff auf Dokumentensystem und Hotline ist ein entsprechend den Maßgaben des BfS gesicherter Zugang.

Die Details der Berichtsform, insbesondere für andere Anlagen als Kernkraftwerke, werden in der Regel von der zuständigen Behörde festgelegt.

#### **4 Berichte zur Umgebungüberwachung**

Die Quartalsberichte sollten so gestaltet werden, dass sie als Teile des Jahresberichts verwendet werden können. Hinsichtlich der Berichterstattung sind die Vorgaben der REI unmittelbar anzuwenden. Für nicht nachgewiesene zu überwachende Radionuklide (Messwerte < Erkennungsgrenze) ist jeweils die erreichte Nachweisgrenze (NWG) mit vorangestelltem Kleinerzeichen anzugeben. Ein vollständiger Satz von erreichten Nachweisgrenzen für alle zu überwachenden Radionuklide ist in jedem Bericht nur einmal anzugeben (z. B. als Anhang). Zu überwachende Radionuklide sind mindestens die in den Anhängen der REI angegebenen Radionuklide.

##### **4.1 Quartalsberichte**

Die Quartalsberichte (Genehmigungsinhaber, unabhängige Messstellen) bestehen aus Formblättern, die folgende Angaben enthalten müssen (Beispiele siehe Anlage 7):

- Überwachte Anlage,
- Messinstitution,
- Programmpunkt des Überwachungsprogramms,
- überwachter Umweltbereich, Medium, Strahlenart,
- Art der Messung, Messgröße (z.B. zu überwachende Radionuklide),
- Probenentnahme- bzw. Messorte,
- Probenentnahmedatum bzw. Sammelzeitraum oder Messdatum bzw. Messzeitraum,
- Messergebnis mit Angabe der Maßeinheit und Messunsicherheit; bei Aktivitätsmessungen korrigiert auf die Mitte des Sammelzeitraumes,
- die mit dem Messverfahren erreichte Nachweisgrenze (sofern der Messwert unter der Erkennungsgrenze liegt; bei Aktivitätsmessungen korrigiert auf den Probenentnahmezeitpunkt oder auf die Mitte des Sammelzeitraumes,
- bei registrierenden Maßnahmen sind für den Kalendermonat Mittelwert, Minimum und Maximum der Messwerte anzugeben,
- Bemerkungen (z. B. Hinweise auf erhöhte Messwerte und ihre Ursache, Abweichungen vom Überwachungsprogramm).

##### **4.2 Jahresberichte**

Die Jahresberichte (Genehmigungsinhaber, unabhängige Messstellen) bestehen u. a. aus einer tabellarischen Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Immissionsüberwachung gemäß den Anforderungen für Quartalsberichte. Sofern in den einzelnen Überwachungsprogrammen die Überwachung der einzelnen Medien vorgeschrieben ist, gilt für Jahresberichte die folgende Inhaltsübersicht in nachstehender Reihenfolge:



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 6 von 26  
 Stand: September 2010

<b>Inhaltsübersicht</b>	<b>Erläuterungen zu den Angaben in den Jahresberichten</b>
Einleitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Angaben zur rechtlichen Grundlage</li> <li>– Auflagen der zuständigen Behörde</li> <li>– Erlasse zu Sondermessungen</li> <li>– Beginn der jeweiligen Messungen (z.B. Nullpegelmessung). Die Zusammenstellung sollte mindestens Angaben zum Beginn der Messreihen der in aktuellen Messprogrammen aufgeführten Medien und Messorten enthalten.</li> <li>– Betriebszustand der Anlage, ggf. mit Angabe des Revisionszeitraums</li> </ul>
Maßnahmen zur Überwachung der Umgebung der kerntechnischen Anlage/ Betriebsstätte	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Programm gemäß Auflage / Auftrag der zuständigen Behörde unter Berücksichtigung lokaler Besonderheiten in tabellarischer Form</li> <li>– Topographische Karte zur Erläuterung des Programms. Hierbei ist folgendes zu beachten:             <ul style="list-style-type: none"> <li>– übliche Maßstäbe verwenden</li> <li>– Eindrucken einer Messlatte statt des zahlenmäßigen Maßstabs</li> <li>– Verwendung von leicht verständlichen Symbolen oder Piktogrammen</li> <li>– Symbole oder Piktogramme auch nach Schwarz/weiß-Kopie deutlich unterscheidbar</li> <li>– Karte im hinteren Teil des Berichtes einbinden, um Zuordnung von Karte und Messergebnis während des Lesens des Berichtes zu erleichtern</li> </ul> </li> </ul>
Durchführung der Maßnahmen	<p>Angaben zur praktischen Durchführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– zeitlicher Ablauf</li> <li>– eingesetzte Probenentnahmeverfahren (Kurzbeschreibung oder Literaturhinweis, ausführliche Beschreibung bei neu eingeführten Verfahren)</li> <li>– eingesetzte Messverfahren (Kurzbeschreibung oder Literaturhinweis, ausführliche Beschreibung bei neu eingeführten Verfahren)</li> <li>– Ausfälle an Überwachungseinrichtungen</li> <li>– Inbetriebnahme von neuen Probenentnahme- und Messgeräten</li> <li>– Änderungen im Überwachungsprogramm</li> </ul>



<b>Inhaltsübersicht</b>	<b>Erläuterungen zu den Angaben in den Jahresberichten</b>
<p>Messergebnisse aus den überwachten Umweltbereichen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Luft               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gamma-Strahlung (Ortsdosisleistung und Ortsdosis)</li> <li>– Neutronen-Strahlung (Ortsdosisleistung und Ortsdosis am Zaun)</li> <li>– Aerosole</li> <li>– gasförmiges Jod</li> </ul> </li> <li>– Niederschlag</li> <li>– Boden/-Oberfläche               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Boden</li> <li>– Ablagerung auf Oberflächen</li> </ul> </li> <li>– Pflanzen / Bewuchs</li> <li>– Futtermittel               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gras / Heu</li> <li>– Futterrüben</li> </ul> </li> <li>– Ernährungskette Land</li> <li>– Milch und Milchprodukte</li> <li>– Oberirdische Gewässer               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Oberflächenwasser</li> <li>– Sediment, Seston, Wasserpflanzen</li> </ul> </li> <li>– Ernährungskette Wasser               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Fischfleisch</li> </ul> </li> <li>– Grundwasser</li> <li>– Trinkwasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Messergebnisse sind gemäß den Vorgaben für die Berichterstattung über die Ergebnisse aus der Immissionsüberwachung zu dokumentieren.</li> <li>– Die Mitwirkung fremder Institutionen an der Messwertgewinnung sollte ersichtlich sein.</li> <li>– Falls die Messergebnisse unter der Erkennungsgrenze liegen, ist die NWG für die im Programm vorgeschriebenen charakteristischen Radionuklide anzugeben. Bei der Gammaskopimetrie ist mindestens ein charakteristisches Radionuklid anzugeben.</li> <li>– Bei der Angabe der Niederschlagsergebnisse sind Aktivitätskonzentration und Radionukliddeposition im Berichtszeitraum anzugeben.</li> <li>– Bei Veröffentlichungen ist zu prüfen, ob Belange des personenbezogenen Datenschutzes, z. B. bei Koordinatangaben zu beachten sind.</li> </ul>
<p>Ausbreitungsverhältnisse</p>	<p>Zur Beurteilung der radiologischen Auswirkungen von Emissionen im bestimmungsgemäßen Betrieb sowie im Störfall/Unfall sind die für die Ausbreitung und Ablagerung radioaktiver Stoffe bedeutsamen meteorologischen und hydrologischen Parameter standortspezifisch anzugeben. Die Parameter sind möglichst jährlich zu aktualisieren.</p> <p>Zur Darstellung der meteorologischen Ausbreitungsverhältnisse eignet sich in besonderer Weise die nach KTA 1508 zu erstellende Wetterstatistik (4-parametrig oder 3-parametrig mit zusätzlicher Darstellung der Niederschlagswindrose), da diese die Eingangsdaten für eine dem Stand der Richtliniengebung entsprechende Ausbreitungsrechnung enthalten. Alternativ ist das Ergebnis einer entsprechenden Ausbreitungsrechnung geeignet.</p> <p>Im gültigen Berechnungsmodell für die Exposition über den Wasserpfad ist der einzige variable Parameter die jährliche Abflussmenge des Vorfluters. Diese wird aber von den Kraftwerken nicht selbst gemessen. Deshalb kann auf die Darstellung der hydrologischen Ausbreitung in den Jahresberichten verzichtet werden.</p>



Bewertung der Messergebnisse

Die Ergebnisse sollen bewertet werden und von der unabhängigen Messstelle Vergleiche mit Vorjahreswerten und langjährigen Mittelwerten gezogen werden. Außerdem sind mögliche Einflüsse durch erhöhte Vorbelastung oder Fallout aufzuzeigen und zu kommentieren.

#### 4.3 Einsatz elektronischer Datenverarbeitung

Der in der REI geforderte Einsatz elektronischer Datenverarbeitung soll in der Weise erfolgen, dass die Daten in das „Integrierte Mess- und Informationssystem“ (IMIS) eingegeben werden. Dazu stehen neben einer Handeingabe, der sogenannten „manuellen Datenerfassung“ (MDE) auch verschiedene Datenaustauschformate, insbesondere zu bestimmten Laborsystemen, zur Verfügung. Die Freigabe der Daten bis zur allgemeinen Sichtbarkeit für berechnete IMIS-Nutzer erfolgt über ein mehrstufiges System, in dem die beteiligten Institutionen die Daten plausibilisieren und damit zur Einsichtnahme durch die jeweils nächste Instanz freigeben. Ausnahmen, bei denen die Eingabe in IMIS unterbleiben darf, sind einzeln geregelt. Zusätzlich sind die Quartals- und Jahresberichte zusätzlich in der unter 3.3 beschriebenen Weise in das IMIS-Dokumentensystem einzustellen.

Die Details der Berichtsform, insbesondere für andere Anlagen als Kernkraftwerke, werden in der Regel von der zuständigen Behörde festgelegt.

##### Messdatenerfassung:

In der Regel werden die Messprogramme als Stammdaten im IMIS hinterlegt und daraus die im Laufe der Überwachung zu erstellenden Messdatensätze als vorausgefüllte Rahmen generiert, in die dann die Ergebnisse als variable Informationen einzufügen sind. Für ein erfolgreiches Erfassen sind über den Berichtsumfang nach REI hinaus zusätzliche Informationen erforderlich wie insbesondere der Zeitpunkt der Messung.

Für die Bewertung der Ergebnisse erforderliche Zusatzinformationen sollten möglichst als Probenzusatzbeschreibung erfasst werden. Da diese nicht auf den Berichtsbögen mit ausgedruckt werden, müssen sie in jedem Falle im Kommentarfeld eingetragen werden. Dies betrifft z. B. die Niederschlagsmenge im Sammelzeitraum bei Regenwasser, die Tiefe der beprobten Schicht bei Bodenproben, die nähere Spezifizierung von pflanzlichen Nahrungsmittel usw.

Es müssen neben den Messwerten für alle nachgewiesenen Radionuklide und deren prozentualer Unsicherheit auch die Nachweisgrenzen für die sogenannten Pflichtnuklide angegeben werden. Dies sind die überwachten Radionuklide bei nuklidspezifischen Messungen, die Radionuklide, für die eine erforderliche Nachweisgrenze in den Anhängen der REI angegeben ist sowie bei gamma-spektrometrischen Messungen Cs-137 und K-40.

##### Quartalsberichte:

Die vom IMIS erstellten Quartalsberichte sind unmittelbar zur Weitergabe innerhalb des Systems geeignet, wenn sie unter Verwendung der jeweils aktuellen vom BfS bereitgestellten Berichtsvorlagen erstellt worden sind. Dann sind auch die unter 3.3 erwähnten Properties bereits eingetragen, so dass die Berichte nach erfolgter Qualitätssicherung direkt innerhalb des Dokumentensystems an „IMIS-World“ weitergegeben werden können. Dies entspricht dem Import über das „Hotline-Tool“. Wird ein Bericht außerhalb des IMIS weiterbearbeitet, z. B. durch Anbringung von zusätzlichen Bewertungen, muss er über das „Hotline-Tool“ erneut importiert werden.

Messungen, die seltener als vierteljährlich oder zu unregelmäßigen Zeitpunkten erfolgen, werden automatisch nach dem Probenentnahmezeitpunkt dem jeweiligen Quartal zugeordnet. Quartalsübergreifende Misch- oder Sammelproben werden entsprechend der Mitte des Sammelzeitraums einem Quartalsbericht zugeordnet. Daher erscheinen z. B. die Auswertungsergebnisse der Ortsdosimeter im Regelfall im zweiten oder dritten Quartalsbericht. Wenn es dadurch zu Ergänzungen von Quartalsberichten kommt, soll dies nicht durch Nachträge erfolgen. Stattdessen soll der jeweilige Quartalsbericht neu erstellt werden. Er muss





in seinem Namen eindeutig als revidierte Fassung gekennzeichnet werden. Der Austausch der überholten Fassung durch die neue erfolgt manuell durch die Administration des IMIS.

**Jahresberichte:**

Die meisten Teile der Jahresberichte können nicht innerhalb des IMIS erstellt werden. Es ist lediglich die Jahres-Datensammlung analog zu den Quartalsberichten in den Jahresbericht einzubinden. Der fertige Bericht im PDF-Format wird über das „Hotline-Tool“ importiert. Die Datensammlung soll nicht aus den vier Quartalsberichten bestehen, da die nicht intuitive Zuordnung von quartalsübergreifenden Proben die Übersichtlichkeit stört. Stattdessen muss ein entsprechender Bericht für den Auswertzeitraum eines Kalenderjahres erstellt werden. In Anlage 7 ist ein Beispiel einer IMIS-Tabelle für den Jahresbericht aufgeführt.



**Anlage 1** Grundlagen zur Berechnung der Erkennungs- und Nachweisgrenze, der Messunsicherheit und empfohlene statistische Kenngrößen

Inhaltsübersicht	Seite
1 Definitionen .....	10
1.1 Erkennungsgrenze .....	10
1.2 Nachweisgrenze .....	10
1.3 Messunsicherheit .....	10
1.4 Bedeutung der Formelzeichen .....	11
2 Berechnung der Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Messunsicherheit .....	12
2.1 Allgemeine Formeln .....	12
2.2 Faktoren für die statistische Sicherheit für die im Rahmen der REI in Frage kommenden Messverfahren .....	13
2.3 Berechnung der benötigten Standardabweichungen .....	13
3 Berichterstattung von Mittelwerten bei Vorliegen von Messwerten kleiner Erkennungsgrenze .....	14
4 Fehlerfortpflanzung der Unsicherheit bei verschiedenen Einflüssen, Summen- und Mittelwertbildung .....	16
4.1 Fehlerfortpflanzung der Unsicherheit von Summen und Mittelwerten .....	16
4.1.1 Unsicherheit einer Summe .....	17
4.1.2 Unsicherheit eines Mittelwertes .....	17
4.2 Experimentelle Ermittlung der Gesamtunsicherheit einer Einzelmessung .....	17
5 Beispiele an Hand von Berichterstattungen .....	18
5.1 Berichte aus der Emissionsüberwachung (Fortluft) .....	18
5.2 Berichte aus der Umgebungsüberwachung .....	19

1 Definitionen

1.1 Erkennungsgrenze

Die Erkennungsgrenze ( $G_E$ ) dient zur Entscheidung, ob bei einer Radioaktivitätsmessung ein Beitrag des untersuchten Mediums oder lediglich Nulleffekt vorliegt. Die Erkennungsgrenze für ein bestimmtes Radionuklid oder Radionuklidgemisch ist derjenige Wert der Messgröße, der unter Festlegung der Faktoren für die statistische Sicherheit in Abschn. 2.2 nach den im folgenden aufgeführten Gleichungen zu berechnen ist. Wird ein Wert gemessen, der größer ist als die Erkennungsgrenze ( $x > G_E$ ), so liegt ein positiver Befund vor.

1.2 Nachweisgrenze

Die Nachweisgrenze ( $G_N$ ) dient zur Kennzeichnung der Eignung eines Messverfahrens für einen vorgegebenen Messzweck. Sie gibt an, welcher Beitrag einer Radioaktivitätsmessung eines zu untersuchenden Mediums mit hinreichender Sicherheit nachweisbar ist. Die Nachweisgrenze für ein bestimmtes Radionuklid oder Radionuklidgemisch ist derjenige Wert der Messgröße, der unter Festlegung der Faktoren für die statistische Sicherheit in Abschn. 2.2 nach den im folgenden aufgeführten Gleichungen zu berechnen ist.

1.3 Messunsicherheit

Die Messunsicherheit ( $u$ ) setzt sich aus einer Zufallskomponente  $u_Z$  und einer unbekannt systematischen Komponente  $u_S$  zusammen.



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

**Blatt: 2.4**

Seite: 11 von 26

Stand: September 2010

#### 1.4 Bedeutung der Formelzeichen

Bei den aufgeführten Gleichungen sind unter Berücksichtigung der in DIN 25482 verwendeten Formelzeichen und Gleichungen und in Abänderung der in den KTA-Regeln KTA 1503.1 und KTA 1504 verwendeten Formelzeichen und Gleichungen aus Gründen der Systematik und Übersicht einige Änderungen bzw. Umstellungen in der Schreibweise und Anordnung vorgenommen worden. Diese bedeuten jedoch substantiell keine Änderung des Sachverhalts.

Tab. 1: Bedeutung der Formelzeichen

Formelzeichen	Bedeutung	Einheit (z. B.)
$a_i$	Messwert einer Einzelmessung (Aktivitätskonzentration)	Bq/L
$A_i$	Messwert einer Einzelmessung (Aktivität)	Bq
$A$	Summe aus $n$ Einzelmesswerten (Aktivitäten)	Bq
$f$	Kalibrierfaktor	Bq/s <sup>-1</sup>
$G_E$	Erkennungsgrenze	Bq, Bq/L
$G_{E,MW}$	Erkennungsgrenze des Mittelwertes	Bq/L
$G_N$	Nachweisgrenze	Bq, Bq/L
$G_{N,MW}$	Nachweisgrenze des Mittelwertes	Bq/L
$k_E$	Faktor für die statistische Sicherheit bei der Erkennungsgrenze, Quantil der standardisierten Normalverteilung (Zahlenwerte s. Abschn. 2.2); $k_E$ entspricht $k_{1-\alpha}$ in DIN 25482	---
$k_N$	Faktor für die statistische Sicherheit bei der Nachweisgrenze (Zahlenwerte s. Abschn. 2.2); $k_N$ entspricht $k_{1-\alpha} + k_{1-\beta}$ in DIN 25482	---
$k_V$	Faktor für die statistische Sicherheit beim Vertrauensbereich, Quantil der standardisierten Normalverteilung (Zahlenwerte s. Abschn. 2.2); $k_V$ entspricht $k_{1-\gamma/2}$ in DIN 25482	---
MW	Mittelwert aus $n$ Einzelmesswerten	Bq, Bq/L
$n$	Anzahl der Messwerte für Summen- oder Mittelwertbildung	---
$R_b$	Bruttozählrate der Aktivitätsmessung	s <sup>-1</sup>
$R_0$	Nulleffektzählrate	s <sup>-1</sup>
$s$	Standardabweichung	s <sup>-1</sup> , Bq
$s_{n,zs}$	zählstatistisch bedingte Standardabweichung der Nettozählrate	s <sup>-1</sup>
$s_{EN}$	Standardabweichung der Nettozählrate im Bereich von $G_E$	s <sup>-1</sup>
$t_0$	Messdauer des Nulleffekts	s
$t_b$	Messdauer der Probe bzw. des Messmediums (Bruttomessung)	s
$u$	Messunsicherheit	Bq
$u_{MW}$	Unsicherheit des Mittelwertes aus Einzelmesswerten	Bq
$u_s$	Systematische Komponente der Messunsicherheit	Bq
$u_z$	Zufallskomponente der Messunsicherheit	Bq
$u_{z,zs}$	Zufallskomponente der Messunsicherheit durch Zählstatistik	Bq
$w_i$	Wichtungsfaktor (z.B. Probenmenge (Niederschlag, Luftdurchsatz u. ä.))	L, m <sup>3</sup>



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

**Blatt: 2.4**

Seite: 12 von 26

Stand: September 2010

2 Berechnung der Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Messunsicherheit

2.1 Allgemeine Formeln

Erkennungsgrenze  $G_E = f \cdot k_E \cdot s_{EN}$  (1a)

Nachweisgrenze  $G_N = f \cdot k_N \cdot s_{EN}$  (1b)

Messunsicherheit  $u = \sqrt{u_z^2 + u_s^2}$  (2a)

Eine spezielle Zufallskomponente bei der Aktivitätsmessung ist die zählstatistische Unsicherheit  $u_{z,zs}$ . Diese wird wie folgt berechnet, sofern die Unsicherheit des Kalibrierfaktors  $f$  vernachlässigbar gegenüber der zählstatistischen Unsicherheit ist:

$$u_{z,zs} = f \cdot k_V \cdot s_{n,zs} \quad (2b)$$

Für die Berechnung der Unsicherheit von Summen und Mittelwerten ist bei Einzelmesswerten unterhalb der Erkennungsgrenze die Unsicherheit gleich Null zu setzen. Diese Konvention gilt nur für die Berechnung von Summen und Mittelwerten aus Messwerten unterschiedlicher Proben.

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien nachfolgend häufig vorkommende Komponenten der Zufallsmessunsicherheit  $u_z$  aufgeführt.

- Probenentnahme:  
Fortluftvolumen/-Volumenstrom, entspr. für Teilluftstrom, Abscheidegrad, Isokinetik, Rohrfaktor, Abwassermenge, Probenmenge, Bezugsdatum bzw. -zeitraum  
Gewichtsverlust bei Proben (z. B. Verdampfen von Niederschlägen)
- Probenvorbereitung im Labor:  
Wägungen, Pipettieren, Feuchtegehalt von Proben,  
Herstellung von Teilproben aus Gesamtpuben,  
Chemische Ausbeute, Rückhaltegrade von Filtern, Reproduzierbarkeit der Bedingungen beim Analyseverfahren, Sorptionseffekte an Gefäßwandungen, Fällungen bei Anwesenheit anderer chem. Elemente
- Kalibrierung:  
Unsicherheit der Aktivität des Kalibrierpräparates, Homogenität des Kalibrierpräparates,  
Messung des Kalibrierpräparates
- Messung:  
Änderungen des Kalibrierfaktors, Schwankungen in der Zusammensetzung des Zählgases, Netzschwankungen, Witterungseinflüsse, Homogenität des Messgutes, Selbstabsorption

Zur Fehlerfortpflanzung der einzelnen Komponenten in die Gesamtmessunsicherheit siehe Abschn. 4. Dabei sind die Standardabweichungen für die im Rahmen der REI in Frage kommenden Messverfahren nach den Hinweisen in Abschn. 2.3 zu berechnen.



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

**Blatt: 2.4**  
Seite: 13 von 26  
Stand: September 2010

2.2 Faktoren für die statistische Sicherheit für die im Rahmen der REI in Frage kommenden Messverfahren

Tabelle 2 enthält eine Zusammenstellung der zu verwendenden Faktoren. Diese sind die auf 2 signifikante Stellen gerundeten Zahlenwerte der in den KTA-Regeln KTA 1504 Abschn. 4.1.3 und KTA 1503.1 Abschn. 5.3 genannten Faktoren.

Tab. 2: Faktoren für die statistische Sicherheit

	$k_E$	$k_N$	$k_V$
Emissionsüberwachung kontinuierliche Messungen	1,6	3,2	$\pm 1,0$
Emissionsüberwachung Bilanzierungs- und Entscheidungsmessungen	3,0	4,6	$\pm 1,0$
Immissionsüberwachung	3,0	4,6	$\pm 1,0$

2.3 Berechnung der benötigten Standardabweichungen

Die Gleichungen (3) und (4) für die Standardabweichungen  $s_{EN}$  und  $s_{n,zs}$  stellen Näherungsgleichungen für den praktischen Gebrauch dar und gelten nur für integrale, zählende Messungen ohne Probenbehandlungseinfluß. Besteht der Verdacht, dass eine Näherung nicht zutrifft, ist DIN 25482-1 anzuwenden.

Für die Berechnung der Erkennungs- und Nachweisgrenze:

$$s_{EN} = \sqrt{R_0 \cdot \left( \frac{1}{t_b} + \frac{1}{t_0} \right)} \quad (3)$$

Für die Berechnung der Messunsicherheit:

$$s_{n,zs} = \sqrt{\frac{R_0}{t_0} + \frac{R_b}{t_b}} \quad (4)$$

Für andere Messverfahren können folgende Regelwerke zur Berechnung von  $s_{EN}$  angewendet werden:

- Zählende Messungen ohne Probenbehandlungseinflüsse (klein gegenüber zählstatistischer Streuung): DIN 25 482-1
- Zählende Messungen bei vorhandenen Probenbehandlungseinflüssen: DIN 25 482-6
- Gamma-Spektrometrie: DIN 25 482-2 bzw. 25 482-5
- Alpha-Spektrometrie: DIN 25 482-4 bzw. DIN 38 404-20, DIN 38 404-21

3 Berichterstattung von Mittelwerten bei Vorliegen von Messwerten unterhalb der Erkennungsgrenze

Zur Bildung von Mittelwerten aus gemischten Datenkollektiven, bestehend aus Messwerten oberhalb und unterhalb der messtechnischen Erkennungsgrenze, ist eine Konvention zur rechnerischen Behandlung der Messwerte unterhalb der Erkennungsgrenze erforderlich. In Übereinstimmung mit der bei der Emissionsüberwachung angewandten Konvention werden daher bei der Berechnung von Mittelwerten Einzelwerte unterhalb der Erkennungsgrenze generell gleich Null gesetzt. Diese Konvention ist gerechtfertigt, weil diese Werte statistisch nicht von Null zu unterscheiden sind.

Unter Nullsetzen der Messwerte unterhalb der Erkennungsgrenze  $G_E$  ergibt sich der Mittelwert:

$$MW = \frac{1}{n_1 + n_2} \cdot \left\{ \sum_{i=1}^{n_1} A_i (A_i > G_E) + n_2 \cdot 0 (A_i < G_E) \right\} \quad (5)$$

mit  $n = n_1 + n_2$  und  $n_1 =$  Anzahl der Werte  $> G_E$  und  $n_2 =$  Anzahl der Werte  $< G_E$

Bei Datenkollektiven, bei denen sichergestellt ist, dass sie angenähert normalverteilt sind, ist für den Mittelwert eine eigene Erkennungs- bzw. Nachweisgrenze  $G_{E,MW}$  bzw.  $G_{N,MW}$  zu berechnen. Ist der nach Gleichung (5) berechnete Mittelwert MW kleiner als diese Erkennungsgrenze  $G_{E,MW}$  des Mittelwertes, so wird die Nachweisgrenze  $G_{N,MW}$  des Mittelwertes mit vorangestelltem Kleinerzeichen berichtet. Sind die Daten nicht normalverteilt, so ist analog zu DIN 25482-1 zu verfahren.

Für integrale zählende Messungen erfolgt die Berechnung von  $G_{E,MW}$  analog zu Gleichung (3), indem an Stelle von  $t_b$  die Summe der Messzeiten  $t_b$  (im allgemeinen  $n \cdot t_b$ ) und für  $R_0$  ggf. ein geeigneter geschätzter Mittelwert  $MW(R_0)$  eingesetzt wird:

$$G_{E,MW} = \sqrt{MW(R_0) \cdot \left( \frac{1}{\sum t_{b,i}} + \frac{1}{t_0} \right)} \quad \text{bzw.} \quad G_{E,MW} = \sqrt{MW(R_0) \cdot \left( \frac{1}{(n \cdot t_b)} + \frac{1}{t_0} \right)} \quad (6a,b)$$

Sind die Erkennungsgrenzen für die Einzelmesswerte bereits angegeben und kann als Näherung für den praktischen Gebrauch die Abschätzung der Erkennungs- und Nachweisgrenze des Mittelwertes nach den folgenden Gleichungen (6c) bis (6f) vorgenommen werden, wobei bei Messverfahren mit unterschiedlichen Probenmengen (z. B. Niederschlag, siehe Beispiel Abschn. 5.2) eine Wichtung der Erkennungs- und Nachweisgrenzen der Einzelmessungen entsprechend den Probenmengen vorzunehmen ist.

$$G_{E,MW} = \frac{\sqrt{\sum (w_i \cdot G_{E,i})^2}}{\sum w_i} \quad \text{bzw.} \quad G_{E,MW} = \frac{\sqrt{\sum (G_{E,i})^2}}{n}, \quad \text{wenn } w_1 = w_2 = \dots = w_n \quad (6c,d)$$

$$G_{N,MW} = \frac{\sqrt{\sum (w_i \cdot G_{N,i})^2}}{\sum w_i} \quad \text{bzw.} \quad G_{N,MW} = \frac{\sqrt{\sum (G_{N,i})^2}}{n}, \quad \text{wenn } w_1 = w_2 = \dots = w_n \quad (6e,f)$$

wobei  $\sqrt{\frac{\sum (G_{E,i})^2}{n}}$  die typische  $G_E$  bzw.  $\sqrt{\frac{\sum (G_{N,i})^2}{n}}$  die typische  $G_N$  des Verfahrens ist.

Für die Berechnung müssen in diese Gleichungen die einzelnen Erkennungs- bzw. Nachweisgrenzen aller Einzelwerte, d. h. auch diejenigen der Messwerte  $> G_E$  einbezogen werden. Die Anzahl der Einzelwerte, die zum Mittelwert beigetragen haben, ist anzugeben.



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 15 von 26  
 Stand: September 2010

Die Gleichungen (6c) - (6f) gelten nur unter folgenden Voraussetzungen:

1. Die Datenkollektive, sowie die einzelnen Erkennungsgrenzen  $G_{E,i}$  bzw. Nachweisgrenzen  $G_{N,i}$  müssen mit den gleichen Messverfahren im gleichen Labor gewonnen worden sein. Die Varianzen müssen annähernd gleich sein, und der Nulleffekt darf keinen signifikanten Schwankungen unterliegen.
2. Bei der Bestimmung des Nulleffekts, der der Ermittlung von  $G_{E,i}$  bzw.  $G_{N,i}$  zugrunde liegt, muß die dafür verwendete Messdauer  $t_0$  groß gegenüber der Summe der Messzeiten der für die Berechnung des Mittelwertes verwendeten Einzelmesswerte ( $t_0 \gg \sum t_{b,i}$ ) bzw. die Anzahl der Nulleffektmesswerte  $n_0$ , die der Ermittlung von  $G_{E,i}$  bzw.  $G_{N,i}$  zugrunde liegt, muß groß gegenüber der für die Berechnung des Mittelwertes verwendeten Einzelmesswerte sein ( $n_0 \gg n_b$ ).
3. Die einzelnen Erkennungs- und Nachweisgrenzen  $G_{E,i}$  bzw.  $G_{N,i}$  dürfen nicht allzu weit auseinander liegen, sondern sollten im Rahmen einer Normalverteilung streuen. Andernfalls besteht die Möglichkeit, sie analog zu Gleichungen (9a, b) gewichtet zu mitteln.

Die Bedingungen 2 können bei guten Messverfahren als gegeben angesehen werden. Falls sie nicht erfüllt sind, sind sie nachzuholen. Es sollte dabei mindestens  $t_0 \geq 3 \cdot \sum t_{b,i}$  bzw.  $n_0 \geq 3 \cdot n_b$  angestrebt werden.

Die Proben müssen repräsentativ für das zu untersuchende Medium und für die jeweilige Fragestellung sein.

**Beispielrechnung 1:**

6 Messungen eines Quartals mögen folgende Aktivitätskonzentrationen  $a_i$  ergeben haben. Die mit Kleinereichen versehenen Werte bedeuten hier, dass ein Messergebnis unterhalb der Erkennungsgrenze ( $< G_E$ ) vorliegt.

$a_i$ in Bq/L	10	<12	<13	<14	12	<14
$G_{E,i}$ in Bq/L	9	12	13	14	11	14

Nullsetzen der Werte  $<$  Erkennungsgrenze:

$a_i$ in Bq/L	10	0	0	0	12	0
---------------	----	---	---	---	----	---

Mittelwert:  $MW = \sum a_i / n = 22/6 \text{ Bq/L} = 3,7 \text{ Bq/L}$

Erkennungsgrenze des Mittelwertes nach Gleichung (6d):  $G_{E,MW} = 5,0 \text{ Bq/L}$

Nachweisgrenze des Mittelwertes nach Gleichung (6f):  $G_{N,MW} = 7,7 \text{ Bq/L}$

Der Mittelwert (3,7 Bq/L) ist kleiner als die Erkennungsgrenze des Mittelwertes (5,0 Bq/L). Es ist daher  $< G_{N,MW}$  ( $< 7,7 \text{ Bq/L}$ ) zu berichten. Die Berechtigung zu dieser Angabe ergibt sich daraus, dass nur wenige Messwerte und diese auch nur knapp über den Erkennungsgrenzen festgestellt wurden, so dass davon auszugehen ist, dass eigentlich alle Werte zum Nulleffekt gehören und die Werte über der Erkennungsgrenze nur zufallsbedingt erkannt worden sind.

Anmerkung: Bei dieser Berechnung ist zu prüfen, ob nicht Gleichung (6a) oder (6b) verwendet werden muß, weil  $t_0$  möglicherweise nicht mehr groß gegen  $n \cdot t_b$  ist.

Für zu berechnende Unsicherheiten von Summen und Mittelwerten muß bei der Fehlerfortpflanzung für die Einzelmesswerte unterhalb der Erkennungsgrenze die Messunsicherheit  $u_i$  gleich Null gesetzt werden.



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 16 von 26  
 Stand: September 2010

Beispielrechnung 2:

6 Messungen eines Quartals mögen folgende Aktivitätskonzentrationen  $a_i$  ergeben haben. Die mit Klein-erzeichen versehenen Werte bedeuten hier, dass ein Messergebnis unterhalb der Erkennungsgrenze ( $< G_E$ ) vorliegt.

$a_i$ in Bq/L	10	<12	18	<14	12	14
$u_i$ in %	$\pm 65$		$\pm 20$		$\pm 50$	$\pm 40$
$u_i$ in Bq/L	$\pm 6,5$		$\pm 3,6$		$\pm 6,0$	$\pm 5,6$
$G_{E,i}$ in Bq/L	9	12	13	14	11	14

Nullsetzen der Werte  $<$  Erkennungsgrenze:

$a_i$ in Bq/L	10	0	18	0	12	14
---------------	----	---	----	---	----	----

Mittelwert:  $MW = \sum a_i / n = 54/6 \text{ Bq/L} = 9,0 \text{ Bq/L}$

Erkennungsgrenze des Mittelwertes nach Gleichung (6d):  $G_{E,MW} = 5,0$

Der Mittelwert liegt über der Erkennungsgrenze des Mittelwertes und wird folglich berichtet.

Für die Messunsicherheit des Mittelwertes werden die Unsicherheiten  $u_i$  der Messungen mit Messwerten unterhalb der Erkennungsgrenze gleich Null gesetzt.

$u_i$ in Bq/L	$\pm 6,5$	0	$\pm 3,6$	0	$\pm 6,0$	$\pm 5,6$
---------------	-----------	---	-----------	---	-----------	-----------

Messunsicherheit des Mittelwertes nach Gleichung (10b):  $u_{MW} = \sqrt{\sum u_i^2} / n = 11,1/6 \text{ Bq/L} = 1,8 \text{ Bq/L}$

Der Quartalsmittelwert ergibt sich also zu:  $9,0 \text{ Bq/L} \pm 1,8 \text{ Bq/L} (\pm 20\%)$

4 Fortpflanzung der Messunsicherheit bei verschiedenen Einflüssen, Summen- und Mittelwertbildung

Die Einflüsse verschiedener Unsicherheiten auf Einzelwerte sowie die Unsicherheiten von Summen und Mittelwerten werden nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz behandelt. Auch hierbei ist zu beachten, ob die Einzelmesswerte unterhalb der Erkennungsgrenze lagen oder darüber. In analoger Anwendung der Konvention, *bei Berechnung von Summen oder Mittelwerten deren Einzelwerte unterhalb der Erkennungsgrenze gleich Null zu setzen*, wird auch bei der Ermittlung der Unsicherheit einer Summe oder eines Mittelwertes eine solche Konvention angewandt:

*Unsicherheiten von Einzelmesswerten unterhalb der Erkennungsgrenze werden bei der Berechnung der Unsicherheit der Summe und des Mittelwertes gleich Null gesetzt.*

Mit diesen Konventionen sind zwar eine Unterschätzung der Summen und Mittelwerte und deren Unsicherheiten verbunden, die sich jedoch im - ohnehin unvermeidbaren - Streubereich des Nulleffekts bewegt.

4.1 Fehlerfortpflanzung der Unsicherheit von Summen und Mittelwerten

Zur Anwendbarkeit der folgenden Formeln muss vorausgesetzt werden, dass alle Einflüsse und deren Unsicherheiten bekannt und voneinander statistisch unabhängig sind. Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, ist für die Ermittlung der Gesamtunsicherheit von Einzelwerten gemäß Abschn. 4.2 zu verfahren.





#### 4.1.1 Unsicherheit einer Summe

Die Unsicherheit  $u$  einer Summe  $A$  mit

$$A = \sum A_i = A_1 + A_2 + A_3 + \dots \quad (7)$$

beträgt nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz:

$$u = \sqrt{\sum u_i^2} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + \dots} \quad (8)$$

wobei  $A_i = A_1, A_2, A_3, \dots$  die einzelnen Summanden und  $u_i = u_1, u_2, u_3, \dots$  deren Unsicherheiten sind. Dabei ist für Summanden unterhalb der Erkennungsgrenze ( $A_i < G_E$ ) die Unsicherheit  $u_i$  gleich Null zu setzen.

#### 4.1.2 Unsicherheit eines Mittelwertes

Die Unsicherheit  $u_{MW}$  eines Mittelwertes  $MW$  mit

$$MW = \frac{\sum w_i \cdot a_i}{\sum w_i} \quad \text{bzw.} \quad MW = \frac{\sum a_i}{n}, \quad \text{wenn } w_i = w_1 = w_2 = \dots = w_n \quad (9a,b)$$

beträgt nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz unter den o. a. Voraussetzungen:

$$u_{MW} = \frac{\sqrt{\sum (w_i \cdot u_i)^2}}{\sum w_i} \quad \text{bzw.} \quad u_{MW} = \frac{\sqrt{\sum u_i^2}}{n}, \quad \text{wenn } w_i = w_1 = w_2 = \dots = w_n \quad (10a,b)$$

wobei  $a_i = a_1, a_2, a_3, \dots$  die einzelnen Summanden der Summe und  $u_i = u_1, u_2, u_3, \dots$  deren Unsicherheiten sind. Bei Messverfahren mit unterschiedlichen Probenmengen  $w_i$  (z.B. Niederschlag, siehe Beispiel Abschn. 5.2) ist eine Wichtung der Einzelmesswerte und deren Unsicherheiten entsprechend den Probenmengen vorzunehmen.

Dabei ist für Summanden unterhalb der Erkennungsgrenze ( $a_i < G_E$ ) die Unsicherheit  $u_i$  gleich Null zu setzen.

#### 4.2 Experimentelle Ermittlung der Gesamtunsicherheit einer Einzelmessung

Sind nicht alle Unsicherheiten bekannt und statistisch voneinander unabhängig, so lässt sich die Gesamtunsicherheit durch Messung hinreichend vieler (mindestens 20) Proben experimentell ermitteln. Eine solche experimentelle Ermittlung der Gesamtunsicherheit sollte unter Einbeziehung aller realistisch möglichen Einflüsse durchgeführt werden. Dabei kann auf Messungen aus der Vergangenheit zurückgegriffen werden. So kann man beispielsweise, sofern keine besseren Anhaltspunkte vorliegen, zur Ermittlung der Unsicherheiten von Quartalsmittelwerten wie folgt vorgehen:

Aus den in der Vergangenheit unter gleichen Messbedingungen angefallenen Quartalsmittelwerten werden alle diejenigen zusammengefasst, bei denen die Annahme besteht, dass sie einen "normalen" Betrieb hinreichend gut repräsentieren könnten. Diese werden gemittelt und die zugehörige Unsicherheit der Einzelmittelwerte bestimmt. Bei Unsicherheiten anderer Messgrößen ist analog zu verfahren. Die ermittelte Unsicherheit geht dann ihrerseits bei der Fehlerfortpflanzung in die Unsicherheiten von Summen und Mittelwerten ein (Abschn. 4.1).



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 18 von 26  
 Stand: September 2010

5 Beispiele an Hand von Berichterstattungen

5.1 Berichte aus der Emissionsüberwachung (Fortluft)

In Tabelle 3 ist ein Berechnungsbeispiel zur Ermittlung der Quartalssumme einer wöchentlich bilanzierten Ableitung von Tritium angegeben. Bei gemessenen Aktivitäten unterhalb der Erkennungsgrenze ist die Erkennungsgrenze  $G_E$  ( $k_E=3,0$ ; siehe Tabelle 2) mit vorangestelltem Kleinerzeichen angegeben (siehe Spalte 2). KTA-gemäß werden diese bei der Bilanzierung gleich Null gesetzt (siehe Spalte 6).

Bei der Berechnung der Gesamtunsicherheit  $u$  (Gleichung 2a) wird im vorliegenden Beispiel lediglich die Messunsicherheit der Aktivitätsmessung  $u_{z,zs}$  (Gleichung 2b) ohne Einbeziehung der systematischen Unsicherheit  $u_s$  berücksichtigt. Andere Unsicherheiten, die sich aus Volumenstrommessung, Probenentnahme etc. ergeben, müssen - sofern sie nicht vernachlässigt werden können und statistisch unabhängig sind - für eine korrekte Berichterstattung entsprechend dem Fehlerfortpflanzungsgesetz einbezogen werden (siehe Gleichung 8).

Die Messunsicherheit der Summe ergibt sich aus der Quadratwurzel der Summe der Quadrate der einzelnen Messunsicherheiten (Spalte 8). Dabei wird die Messunsicherheit für Werte unterhalb der Erkennungsgrenze entsprechend der Konvention gleich Null gesetzt.

Tab. 3: Berechnungsbeispiel aus der Emissionsüberwachung

1	2	3	4		5	6	7		8
Woche	gemessene Aktivität Bq	relative Messunsicherheit %	Volumenstrom		abgeleitete Aktivität Bq	absolute Messunsicherheit			
			Kamin m <sup>3</sup>	Teilstrom m <sup>3</sup>		(einfach) Bq	(quadratisch) Bq <sup>2</sup>		
1	< 5,0		6,61E+06	0,700	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
2	18,5	23%	6,57E+06	0,695	1,75E+08	4,02E+07	1,61E+15		
3	8,40	43%	6,55E+06	0,684	8,04E+07	3,49E+07	1,22E+15		
4	17,9	23%	6,55E+06	0,711	1,65E+08	3,87E+07	1,50E+15		
5	9,37	40%	6,53E+06	0,723	8,46E+07	3,37E+07	1,13E+15		
6	7,67	47%	6,54E+06	0,700	7,17E+07	3,40E+07	1,16E+15		
7	< 5,1		6,52E+06	0,683	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
8	9,90	38%	6,51E+06	0,675	9,55E+07	3,65E+07	1,33E+15		
9	7,62	51%	6,53E+06	0,720	6,91E+07	3,49E+07	1,22E+15		
10	< 5,1		6,51E+06	0,695	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		
11	16,9	24%	6,48E+06	0,652	1,68E+08	4,11E+07	1,69E+15		
12	19,1	22%	6,49E+06	0,706	1,76E+08	3,94E+07	1,55E+15		
13	9,82	38%	6,45E+06	0,692	9,15E+07	3,50E+07	1,23E+15		

Werte der Summe:  
 Messunsicherheit:

1,18E+09 ±10%	←	1,36E+16 1,17E+08
------------------	---	----------------------



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

**Blatt: 2.4**  
Seite: 19 von 26  
Stand: September 2010

5.2 Berichte aus der Umgebungsüberwachung

In Tabelle 4 ist ein Berechnungsbeispiel zur Berichterstattung für die Umgebungsüberwachung dargestellt. Die H-3-Aktivitätskonzentration im Niederschlag wird zweimal monatlich gemessen, jedoch der Monatsmittelwert berichtet.

Zu jeder Einzelmessung ist die Niederschlagsmenge  $w_i$  in mm und die auf den Monat bezogene relative Niederschlagsmenge  $r_i = w_i/\Sigma w_i$  angegeben (Spalten 3 und 4). Dieser Relativwert  $r_i$  wird als Wichtungsfaktor für die Berechnung des Monatsmittelwertes nach Gleichung (9a) eingesetzt. Analog werden die Unsicherheiten der Einzelwerte in Gleichung (10a) gewichtet. In den Spalten 5 und 6 folgen der Messwert  $a_i$  und die prozentuale Messunsicherheit  $u_i/a_i$  der Einzelmessung, sofern der Messwert über der Erkennungsgrenze liegt. Die Spalten 7 und 8 enthalten die zur Einzelmessung dazugehörige Erkennungsgrenze  $G_E$  und die Nachweisgrenze  $G_N$ . Entsprechend der Vorschrift zur Mittelwertbildung (siehe Abschn. 4.1.2) gehen in die Berechnung die gewichteten Werte  $a_i \cdot r_i$  und  $u_i \cdot r_i$  (Spalten 9 und 10) ein. Die Zeile "Mittelwert" enthält für jeden Monat die Erkennungs- und Nachweisgrenze des Mittelwertes sowie den Monatsmittelwert und dessen Unsicherheit.

Tab. 4: Berechnungsbeispiel aus der Umgebungsüberwachung  
(H-3-Aktivitätskonzentration im Niederschlag)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Monat		Menge mm $w_i$	Menge relativ $r_i = w_i/\Sigma w_i$	$a_i$ Bq/L	$u_i/a_i$ % ( $k_v = \pm 1,0$ )	$G_E$ Bq/L ( $k_E = 3,0$ )	$G_N$ Bq/L ( $k_N = 4,6$ )	$a_i \cdot r_i$ Bq/L	$u_i \cdot r_i$ Bq/L
Januar	I. Hälfte	7,8	0,13	3,3	$\pm 17$	1,35	2,07	0,43	$\pm 0,07$
	II. Hälfte	51,8	0,87	1,5	$\pm 47$	1,33	2,04	1,30	$\pm 0,61$
	Summe bzw. Mittelwert <sup>1)</sup>	59,6	1,00			1,17	1,79	<b><u>1,73</u></b>	<b><u><math>\pm 0,61</math></u></b>
Februar	I. Hälfte	18,6	0,48	$< G_E$ <sup>2)</sup>		1,33	2,04	0,00	0,00
	II. Hälfte	19,8	0,52	3,4	$\pm 17$	1,39	2,13	1,75	$\pm 0,29$
	Summe bzw. Mittelwert <sup>1)</sup>	38,4	1,00			0,96	1,48	<b><u>1,75</u></b>	<b><u><math>\pm 0,29</math></u></b>
März	I. Hälfte	20,6	0,18	$< G_E$ <sup>2)</sup>		1,33	2,04	0,00	0,00
	II. Hälfte	93,2	0,82	$< G_E$ <sup>2)</sup>		1,29	1,99	0,00	0,00
	Summe bzw. Mittelwert <sup>1)</sup>	113,8	1,00			1,09	<b><u>1,67</u></b>	0,00	
April	I. Hälfte	3,2	0,07	2,6	$\pm 22$	1,46	2,24	0,17	$\pm 0,04$
	II. Hälfte	44,6	0,93	$< G_E$ <sup>2)</sup>		1,51	2,32	0,00	0,00
	Summe bzw. Mittelwert <sup>1)</sup>	47,8	1,00			1,42	<b><u>2,17</u></b>	0,17	

1) Summe der Probenmengen, Erkennungs- und Nachweisgrenze des Monatsmittelwertes berechnet nach Gln. (1a) und (6c,e) sowie Monatsmittelwert und absolute Unsicherheit berechnet nach Gln. (5), (9a), (10a)

2) Der ermittelte Messwert lag unter der messtechnischen Erkennungsgrenze, deshalb ist im Berechnungsbeispiel  $< G_E$  angegeben.



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

**Blatt: 2.4**  
Seite: 20 von 26  
Stand: September 2010

Tabelle 5 ist ein Beispiel zu Tabelle 4 für die Darstellung der Mittelwerte in einem Bericht zur Umgebungsüberwachung.

Tab. 5: Berichtsbeispiel aus der Umgebungsüberwachung  
(H-3-Aktivitätskonzentration im Niederschlag)

Monat	Niederschlags- menge in mm	Aktivitäts- konzentration *) in Bq/L	Mess- unsicherheit in %	Deposition **) in Bq/m <sup>2</sup>
Januar	60	1,7	±35	102
Februar	38	1,8	±17	68
März	114	<1,7		<194
April	48	<2,2		<106

\*) Monatsmittelwert aus zwei Einzelwerten

\*\*) Produkt aus Niederschlagsmenge und Aktivitätskonzentration



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 21 von 26  
 Stand: September 2010

**Anlage 2** Beispiel eines Berichtsbogens für Kernkraftwerke als Teil des Quartalsberichts der Emissionsüberwachung (Fortluft)

REA - EMISSIONEN V.4.23

18.12.2009

Berichtsbogen über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Fortluft im 3. Quartal 2009		Blatt 1 von 1					
Kerntechnische Anlage / Ort: KKW Becquerelstut							
Therm. Leistung:		XXXX MW		Elektr. Leistung:		XXXX MW	
Fortluftmenge:		im Quartal: 3,36E+08 m <sup>3</sup>			seit Jahresanfang: 9,51E+08 m <sup>3</sup>		
Nuklid	Erkennungsgrenze [Bq/m <sup>3</sup> ]		im Quartal [Bq]	abgeleitete Aktivität		Genehmigungswert [Bq/a]	Bemerkungen
	min	max		rel. Messunsicherheit	seit Jahresbeginn [Bq]		
Edelgase:							
Ar-41	3,90E+00	1,00E+01					
Kr-85	8,20E+02	2,10E+03					
Kr-85m	6,70E+00	1,20E+01					
Kr-87	0,98E+01	1,60E+01					
Kr-88	1,70E+01	3,20E+01					
Kr-89	3,00E+02	1,00E+03					
Xe-131m	2,20E+02	4,30E+02					
Xe-133	2,60E+01	5,10E+01					
Xe-133m	4,00E+01	7,40E+01					
Xe-135	4,30E+00	8,40E+00					
Xe-135m	1,20E+01	2,70E+01					
Xe-137	1,60E+02	4,20E+02					
Xe-138	2,90E+01	5,70E+01					
Sonstige:							
Summe 1):							
Jod:							
I-131 gasf. el.	7,40E-05	1,50E-04					
I-131 gasf. org.	1,20E-04	2,20E-04					
I-131 aerosolg.	1,10E-04	1,90E-04					
Summe I-131:						9,25E+09	
Sonst. (gasf., ges.)							
I-133	4,20E-04	1,80E-03					
Aerosole:							
Cr-51	7,10E-04	1,20E-03					
Mn-54	8,20E-05	1,50E-04	5,07E+05	10,1%	5,19E+06	3,8%	
Fe-59	1,90E-04	3,30E-04					
Co-57	5,20E-05	8,10E-05					
Co-58	8,90E-05	1,40E-04					
Co-60	8,30E-05	1,50E-04	3,03E+06	3,9%	1,87E+07	2,4%	
Zn-65	1,80E-04	3,50E-04	8,28E+05	11,7%	1,10E+07	3,8%	
Zr-95	1,60E-04	2,70E-04					
Nb-95	8,90E-05	1,40E-04					
Ru-103	8,70E-05	1,40E-04					
Ru-106	7,70E-04	1,40E-03					
Ag-110m	7,70E-05	1,50E-04					
Sb-124	1,60E-04	2,80E-04					
Cs-134	8,80E-05	1,90E-04					
Cs-137	8,90E-05	1,80E-04	1,76E+05	18,5%	1,53E+06	6,4%	3,70E+09
Ba-140	3,60E-04	6,10E-04					
La-140	9,80E-05	1,60E-04					
Ce-141	1,20E-04	1,80E-04					
Ce-144	4,10E-04	6,60E-04					
Sonstige:							
Y-91	3,30E-02	6,10E-02					
Sb-125	2,30E-04	3,90E-04					
Te-123m	6,20E-05	9,40E-05					
Np-239	4,00E-04	6,40E-04					
Summe:			4,54E+06		3,64E+07		1,48E+10
Sr-89	3,50E-05	3,50E-05					
Sr-90	1,30E-05	1,30E-05					1,85E+07
H-3	1,80E-01	1,80E-01	1,04E+09	3,9%	4,37E+09	1,9%	7,40E+12
Alpha-Strahler:							
Pu-238/Am-241	6,80E-07	6,80E-07					
Pu-239/240	1,30E-06	1,30E-06					
Cm-242	6,80E-07	6,80E-07					
Cm-244	5,60E-07	5,60E-07					
Sonstige:							
Summe:							
C-14	1,60E-01	1,60E-01	1,39E+09	2,1%	2,74E+09	4,3%	
Sonstige gasf.:							

1) Bei kontinuierlicher nuklidspezifischer Messung zur Bilanzierung.  
 n.n.: nicht nachgewiesen



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 22 von 26  
 Stand: September 2010

**Anlage 3** Beispiel eines Berichtsbogens für Kernkraftwerke als Teil des Jahresberichts der Emissionsüberwachung (Fortluft)

REA - EMISSIONEN V.4.23

11.03.2009

Berichtsbogen über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Fortluft im Jahr 2008					Blatt 1 von 1	
Kerntechnische Anlage / Ort: KKW Becquerelstust						
Therm. Leistung:		XXXX MW		Elektr. Leistung: XXX MW		
Fortluftmenge: im Jahr: 2,78E+09 m <sup>3</sup>						
Nuklid	Erkennungsgrenze [Bq/m <sup>3</sup> ]		abgeleitete Aktivität im Jahr [Bq]	rel. Messunsicherheit	Genehmigungswert [Bq/a]	Bemerkungen
	min	max				
radioaktive Gase:						
Edelgase:						
Ar-41		1,30E+01	3,46E+09	5,8%		
Kr-85		4,30E+03	1,21E+11	12,8%		
Kr-85m		2,10E+01	4,00E+08	5,0%		
Kr-87		4,20E+01	6,52E+08	15,6%		
Kr-88		7,30E+01	2,01E+08	13,3%		
Kr-89		1,00E+02	1,20E+08	27,0%		
Xe-131m		9,40E+02	1,20E+09	26,0%		
Xe-133		5,90E+01	1,24E+11	1,8%		
Xe-133m		1,90E+02	1,45E+09	11,3%		
Xe-135		1,90E+01	1,92E+11	0,9%		
Xe-135m		2,20E+01	1,92E+11	0,9%		
Xe-137		8,60E+01	1,05E+11	1,9%		
Xe-138		5,10E+01	8,95E+10	1,6%		
Sonstige:						
Summe 1):			8,30E+11		1,10E+15	
Tritium:						
H-3		2,20E-01	2,71E+10	1,5%		
Kohlenstoff 14:						
C-14 CO <sub>2</sub>		7,80E-02	4,28E+11	2,5%		
C-14 s. Gase			4,28E+11			
Summe C14:						
Summe radioakt.			1,29E+12			
Jod:						
I-131 gasf. el.		4,12E-04	1,68E+07	0,8%		
I-131 gasf. org.		4,09E-04	1,04E+07	2,2%		
I-131 aerosolg.		1,80E-04	6,46E+05	2,5%		
Summe I-131:			2,78E+07		1,80E+10	
schwebst.-gebund Aerosole:						
Cr-51		1,10E-03	9,22E+06	4,7%		
Mn-54		1,30E-04	2,18E+05	4,0%		
Fe-59		2,90E-04				
Co-57		9,10E-05				
Co-58		1,30E-04	2,36E+05	3,9%		
Co-60		1,40E-04	1,05E+06	2,0%		
Zn-65		3,00E-04	1,14E+06	2,6%		
Zr-95		3,00E-04				
Nb-95		1,40E-04	5,40E+04	7,3%		
Ru-103		1,40E-04	1,63E+04	14,5%		
Ru-106		1,20E-03				
Ag-110m		1,90E-04				
Sb-124		2,70E-04	2,00E+04	9,0%		
Cs-134		1,70E-04				
Cs-137		1,80E-04	2,04E+05	7,1%		
Ba-140		6,20E-04	1,52E+06	3,2%		
La-140		1,70E-04	9,04E+05	1,8%		
Ce-141		1,70E-04	2,22E+04	18,8%		
Ce-144		6,80E-04	3,30E+04	31,0%		
Sonstige:						
Summe:			1,46E+07		3,70E+10	
Strontium:						
Sr-89		3,00E-05	5,60E+05	14,4%		
Sr-90		2,00E-05	4,20E+04	24,9%		
Alpha-Strahler:						
Pu-238/Am-241		2,00E-06	n.n.			
Pu-239/240		3,00E-06	n.n.			
Cm-242		3,00E-07	n.n.			
Cm-244		4,00E-07	n.n.			
Sonstige:						
Summe:			n.n.			
Summe schwebst.-			1,52E+07			

1) Bei kontinuierlicher nuklidspezifischer Messung zur Bilanzierung.  
 n.n.: nicht nachgewiesen



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 23 von 26  
 Stand: September 2010

**Anlage 4** Beispiel eines Berichtsbogens für Kernkraftwerke als Teil des Quartalsberichts der Emissionsüberwachung (Wasser)

REA - EMISSIONEN V.4.23

18.12.2009

**Berichtsbogen über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser im 3. Quartal 2009** **Blatt 1 von 1**

**Kerntechnische Anlage / Ort:** || KKW Becquerelslust

**Therm. Leistung** || XXXX MW || **Elektr. Leistung:** || XXX MW

**Wasserabgabe:** || **im Quartal:** 1,47E+03 m<sup>3</sup> || **seit Jahresanfang:** 4,02E+03 m<sup>3</sup>

Nuklid	Erkennungsgrenze [Bq/m <sup>3</sup> ]		abgeleitete Aktivität				Genehmigungswert [Bq/a]	Bemerkungen
	min	max	im Quartal [Bq]	rel. Messunsicherheit	seit Jahresbeginn [Bq]	rel. Messunsicherheit		
Gamma-Strahler								
Cr-51	1,30E+03	1,50E+03						
Mn-54	2,20E+01	1,60E+02	2,97E+05	24,9%	1,73E+06	13,3%		
Fe-59	2,50E+02	3,10E+02						
Co-57	1,10E+02	1,20E+02						
Co-58	1,30E+02	1,70E+02						
Co-60	1,20E+02	1,60E+02	3,48E+06	6,0%	1,62E+07	3,0%		
Zn-65	2,50E+02	3,50E+02	1,66E+06	22,1%	1,14E+07	7,7%		
Zr-95	2,20E+02	2,90E+02						
Nb-95	1,20E+02	1,70E+02						
Ru-103	1,40E+02	1,70E+02						
Ru-106	1,20E+03	1,50E+03						
Ag-110m	1,20E+02	1,50E+02						
Sb-124	2,30E+02	3,10E+02						
Sb-125	3,80E+02	4,30E+02						
Te-123m	1,30E+02	1,40E+02						
I-131	2,10E+02	2,60E+02						
Cs-134	1,40E+02	1,90E+02						
Cs-137	1,40E+02	1,80E+02	1,51E+06	17,4%	4,54E+06	8,5%		
Ba-140	6,40E+02	7,90E+02						
La-140	1,30E+02	2,30E+02						
Ce-141	2,30E+02	2,70E+02						
Ce-144	8,40E+02	9,50E+02						
Sonstige:								
Y-91	3,90E+04	5,60E+04						
Sr-89	2,90E+00	5,80E+00						
Sr-90	1,50E+00	3,70E+00	2,90E+04	5,2%	5,26E+04	3,5%		
Summe:			6,98E+06		3,39E+07		1,85E+11	
H-3	1,70E+04	1,80E+04	3,37E+09	1,5%	1,07E+10	0,8%	3,70E+13	
Ges. Alpha	9,30E+01	9,30E+01						

n.n.: nicht nachgewiesen



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 24 von 26  
 Stand: September 2010

**Anlage 5** Beispiel eines Berichtsbogens für Kernkraftwerke als Teil des Jahresberichts der Emissionsüberwachung (Wasser)

REA - EMISSIONEN V.4.23

11.03.2009

Berichtsbogen über die Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser im Jahr 2008 Blatt 1 von 1

Kerntechnische Anlage / Ort: KKW Becquerelslust

Therm. Leistung: XXXX MW Elektr. Leistung: XXX MW

Wasserabgabe: im Jahr: 1,18E+04 m<sup>3</sup>

Nuklid	Erkennungsgrenze [Bq/m <sup>3</sup> ]		abgeleitete Aktivität im Jahr [Bq]	rel. Messunsicherheit	Genehmigungswert [Bq/a]	Bemerkungen
	min	max				
Gamma-Strahler						
Cr-51		6,80E+03	1,00E+06	32,0%		
Mn-54		4,00E+02	1,87E+06	9,8%		
Fe-59		9,70E+02				
Co-57		4,00E+02				
Co-58		4,20E+02	4,70E+06	7,0%		
Co-60		4,00E+02	2,08E+07	1,9%		
Zn-65		9,30E+02	2,78E+06	11,8%		
Zr-95		7,50E+02	3,30E+05	17,6%		
Nb-95		6,30E+02	1,53E+06	8,8%		
Ru-103		5,60E+02	6,20E+04	29,0%		
Ru-106		3,50E+03				
Ag-110m		5,70E+02	6,40E+04	23,0%		
Sb-124		9,30E+02	1,30E+06	11,0%		
Sb-125		1,20E+03				
Te-123m		3,80E+02	1,40E+05	23,6%		
I-131		6,00E+03				
Cs-134		5,10E+02				
Cs-137		4,20E+02	1,93E+07	2,2%		
Ba-140		6,60E+03				
La-140		1,60E+03				
Ce-141		1,10E+03				
Ce-144		2,90E+03	1,20E+06	33,0%		
Sonstige:						
Sr-89		1,00E+02	n.n.			
Sr-90		5,00E+01	n.n.			
Summe:			5,50E+07		5,50E+10	
H-3		1,00E+04	1,73E+13	2,6%	4,80E+13	
Ges. Alpha		1,00E+02	n.n.			
Alpha-Strahler						
Pu-238/Am-241						
Pu-239/240						
Cm-242						
Cm-244						
Summe:						
sonst. Beta-Strahler						
P-32						
Fe-55		3,00E+02	9,00E+06	15,0%		
Ni-63		3,00E+02	1,30E+07	15,0%		

n.n.: nicht nachgewiesen



**Anlage 6** Hinweise für die graphische Darstellung der Messergebnisse der Emissionsüberwachung im Jahresbericht

Die graphische Darstellung soll sämtliche Radionuklide oder Radionuklidgruppen umfassen, für die Genehmigungsgrenzwerte existieren. Dabei ist die Zusammenfassung mehrerer Messgrößen in einer Graphik möglich.

Für das Berichtsjahr sind Monats- oder Quartalswerte darzustellen (siehe Beispiel Abb. 1a). Der Vergleich der Jahreswerte sollte mindestens fünf Jahre umfassen (siehe Beispiel Abb.1b). Die Skalierung der Ordinate sollte logarithmisch sein und den Bereich von der erreichten Nachweisgrenze bis zum jeweiligen Genehmigungswert darstellen. Soweit die Messwerte unterhalb der Erkennungsgrenze liegen, sind sie nicht darzustellen.

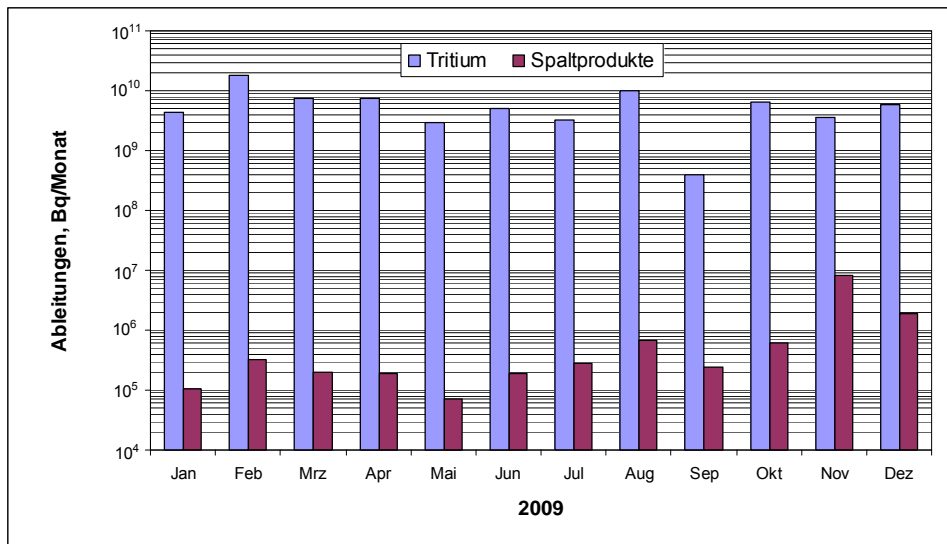


Abb.1a: Ableitungen von Tritium und Spaltprodukten mit dem Abwasser im Berichtsjahr

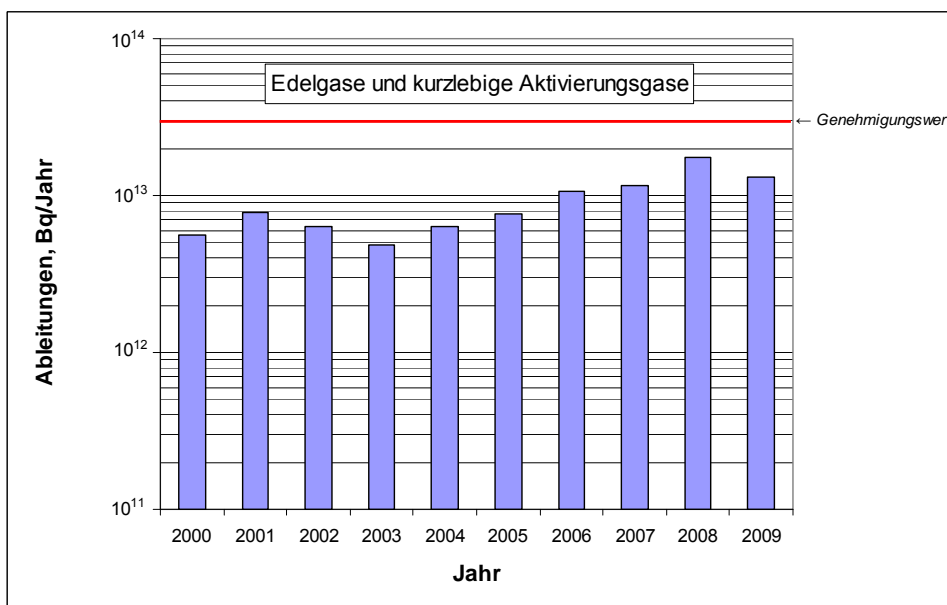


Abb.1b: Ableitungen von Edelgasen und Aktivierungsgasen in den Jahren 2000 - 2009



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

**Blatt: 2.4**  
 Seite: 26 von 26  
 Stand: September 2010

**Anlage 7** Beispiel für den Aufbau einer IMIS-Tabelle für einen Jahresbericht zur Umgebungsüberwachung

REI-Immissionsbericht des Jahres 2009 für die Kerntechnische Anlage Becquerelstut (Genehmigungsinhaber)

Überwachte Anlage / Tätigkeit: Becquerelstut								
Messlabor: <b>08011: Becquerelstut</b>								
REI Prg.-Pkt.: <b>D1:1.1b</b> Luft/äußere Strahlung: <b>Gamma-Ortsdosis; Sonderfälle, best.gem. Betrieb, Gen.inhaber</b>								
Messmethode / Messgröße: <b>Gamma-OD</b>								
Probeentnahme-/ Messort		Probeentnahme-/ Messung		Messgröße	Messwert/ erzielte NWG	Maß- einheit	Mess- unsich. in %	Bemerkungen
Messpunkt	Gemeinde	Beginn	Ende					
TLD-H09	Eggenstein-Leopoldshafen	12.01.2009 – 14.04.2009		Gamma-OD-Brutto	1,8E-01	mSv	17	
		14.04.2009 – 15.07.2009		Gamma-OD-Brutto	1,9E-01	mSv	16	
		15.07.2009 – 14.10.2009		Gamma-OD-Brutto	1,9E-01	mSv	21	
		14.10.2009 – 14.01.2010		Gamma-OD-Brutto	1,9E-01	mSv	16	
TLD-H10	Eggenstein-Leopoldshafen	12.01.2009 – 14.04.2009		Gamma-OD-Brutto	1,6E-01	mSv	19	
		14.04.2009 – 15.07.2009		Gamma-OD-Brutto	1,7E-01	mSv	18	
		15.07.2009 – 14.10.2009		Gamma-OD-Brutto	1,7E-01	mSv	18	
		14.10.2009 – 14.01.2010		Gamma-OD-Brutto	1,7E-01	mSv	18	
TLD-H11	Eggenstein-Leopoldshafen	12.01.2009 – 14.04.2009		Gamma-OD-Brutto	1,8E-01	mSv	17	
		14.04.2009 – 15.07.2009		Gamma-OD-Brutto	1,9E-01	mSv	16	
		15.07.2009 – 14.10.2009		Gamma-OD-Brutto	1,8E-01	mSv	17	
		14.10.2009 – 14.01.2010		Gamma-OD-Brutto	2,0E-01	mSv	20	
TLD-H12	Eggenstein-Leopoldshafen	12.01.2009 – 14.04.2009		Gamma-OD-Brutto	1,8E-01	mSv	17	
		14.04.2009 – 15.07.2009		Gamma-OD-Brutto	1,9E-01	mSv	16	
		15.07.2009 – 14.10.2009		Gamma-OD-Brutto	1,8E-01	mSv	17	
		14.10.2009 – 14.01.2010		Gamma-OD-Brutto	1,9E-01	mSv	16	
TLD-H13	Eggenstein-Leopoldshafen	12.01.2009 – 14.04.2009		Gamma-OD-Brutto	1,8E-01	mSv	17	
		14.04.2009 – 15.07.2009		Gamma-OD-Brutto	1,8E-01	mSv	17	