

# Aufgaben und Arbeitsablauf im Routinebetrieb und im Intensivbetrieb

Herbert Wershofen\*

## Unsere Aufgaben

Die Spurenmessstelle hat die Aufgabe, radioaktive Spurenstoffe in der bodennahen Luft zu messen. Das geschieht zur Überwachung radioaktiver Stoffe in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (StrVG) [1]. Auftraggeber ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Mit der Organisation und Durchführung ist das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) beauftragt. Das Messprogramm wird in zwei Betriebsarten durchgeführt, die in einer Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum [Integrierten Mess- und Informations-System \(IMIS\)](#), der AVV-IMIS [2] im Einzelnen geregelt sind. Der normale Betrieb wird „Routinebetrieb“ genannt, während der Messbetrieb im Fall einer großräumigen Kontamination der Umwelt als „Intensivbetrieb“ bezeichnet wird. Die Messprogramme sind in Anhängen zur AVV-IMIS detailliert vorgegeben [3, 4]. Dort sind auch die Aufgaben der Spurenmessstellen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), des BfS und der PTB festgelegt. Im IMIS wird „Spurenmessung“ auch als „Spurenanalyse“ bezeichnet und durch die Forderung definiert, dass bei den Messungen eine „[Nachweisgrenze](#) unter  $100 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ “ erreicht wird. Diese Angabe gilt für das künstliche [Radionuklid](#) Cobalt (Co-60) als Bezugspunkt. Für andere Radionuklide können die erreichbaren Nachweisgrenzen wegen deren abweichender Zerfallseigenschaften deutlich höher liegen.

## Messstrategie bei der Spurenmessung

Grundsätzlich wird im IMIS eine möglichst gute Vergleichbarkeit der Messergebnisse angestrebt, weil sie für die realistische Beurteilung einer radiologischen Lage nötig ist. So muss sichergestellt sein, dass alle [Aktivitätskonzentrationen](#) künstlicher Radionuklide in der Luft für denselben Zeitraum gelten. Dieser Zeitraum ist im Routinebetrieb die Kalenderwoche mit bundeseinheitlichem Filterwechsel am frühen Montagmorgen. Im Intensivbetrieb ist grundsätzlich eine tägliche Probenahme vorgesehen. Das Messprogramm erlaubt allerdings auch eine flexible Anpassung der

Probenahmedauer und der Art und Häufigkeit der Messungen in Abhängigkeit vom Ereignis und von der Entwicklung der radiologischen Lage.

So wurde nach dem Unfall des Kernkraftwerkes Fukushima Daiichi kein eigentlicher Intensivbetrieb ausgelöst, da in Deutschland außer der Luft keines der übrigen Umweltmedien direkt betroffen war. Für die Beobachtung der von weit her mit der Luft herangetragenen Kontamination wurde daher nur die Spurenmessstellen in einen „intensivierten Betrieb“ versetzt. Im Verlauf der Messungen wurde von täglicher auf Probenahme über mehrere Tage umgestellt (vgl. Kapitel „Radioökologische Beobachtungen bei der Spurenmessung und dosimetrische Bewertung radioaktiver Spuren in der Luft“), als keine kurzfristigen Änderungen mehr zu erwarten waren. Radioaktive Edelgase wurden nur im BfS Freiburg gemessen. Radiochemische Analysen zur Bestimmung von Alpha- oder Betastrahlen emittierenden Radionukliden waren in Deutschland nicht erforderlich.

## Messungen für das Integrierte Mess- und Informationssystem des Bundes

Neben der Messung künstlicher Radionuklide im Luftstaub messen die Spurenmessstellen die Aktivitätskonzentration der radioaktiven Edelgase Krypton-85 (Kr-85) und Xenon-133 (Xe-133). Die Proben werden zeitgleich mit den Luftstaubproben entnommen. Kr-85 und Xe-133 entstehen auf natürliche Weise durch Kernreaktionen der kosmischen Höhenstrahlung mit Atomen der Luft-hülle und aus der Spontanspaltung des in Boden und Gestein enthaltenen Urans. Der natürliche Pegel des Kr-85 in der Luft liegt bei  $1 \text{ Bq}/\text{m}^3$  und der des Xe-133 in der Nähe der Nachweisgrenze von wenigen  $\text{mBq}/\text{m}^3$ . Die Beobachtung dieser Radionuklide ist daher zwar keine Spurenmessung im eigentlichen Sinn des IMIS, dennoch ist die Aufgabe notwendig, weil die beiden Edelgasisotope bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie freigesetzt werden. Die Spurenmessstellen des DWD und der PTB führen die Probenahme und eine Probenvorreinigung durch. Alle weiteren Arbeiten und die Messungen erfolgen zentral im Bundesamt für Strahlenschutz in Freiburg.

\* Dr. Herbert Wershofen, Arbeitsgruppe „Umweltradioaktivität“, E-Mail: herbert.wershofen@ptb.de

## Messungen für die Europäische Kommission

Für die Berichterstattung der Spurenmessstellen an die Europäische Kommission gemäß Art. 35 und Art. 36 des EURATOM-Vertrages ist für die Messzwecke des ausgedünnten EU-Messnetzes (engl.: sparse net) gefordert an ausgewählten Orten „repräsentativ“ für die zugehörige Region des EU-Mitgliedslandes und „so empfindlich wie möglich“ zu messen. Damit sollen „alte“ Kontaminationen auch europaweit möglichst lange beobachtbar bleiben und für die Nullpegel-Ermittlung nach einer „frischen“ Kontamination bereitstehen. Die Messergebnisse von Be-7 und Cs-137 werden mit den übrigen Messergebnissen an die Leitstelle übermittelt und von dort an die Europäische Kommission weitergeleitet.

### Die Messziele

Eine wöchentliche Beprobung der Luft reicht zur Beobachtung des Langzeitverhaltens der gegenwärtig messbaren Radionuklide sowie zur Nullpegelbestimmung vollkommen aus. Im Intensivbetrieb liegt jedoch das Hauptinteresse auf der Erkennung kurzfristiger Änderungen, weshalb dann eine tägliche Probenahme gefordert ist. Somit kann schnell und flexibel auf eine sich verändernde Lage reagiert werden. Die gleiche Überlegung gilt auch für alle anderen im IMIS erfassten Umweltbereiche sowie für die im IMIS betriebenen Notfall-Messsysteme.

Die IMIS-Forderung „Nachweisgrenze unter  $100 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ “ grenzt die Spurenmessungen in der Luft von den Notfall-Messungen ab. Die Notfall-Messsysteme messen bewusst etwas unempfindlicher, um schnell, d. h. innerhalb von ein bis zwei Stunden, auch kurzfristige Änderungen zu erkennen, die für die Bewältigung einer Notsituation wichtig sind. Bei der automatischen Messung der Gamma-Ortsdosisleistung ( $\gamma$ -ODL) an bundesweit derzeit ca. 1800 Stationen sind Messzyklen von einigen Minuten möglich, die bedarfsgerecht zu Stundenmittelwerten oder Zweistundenmittelwerten zusammengefasst werden. Die im  $\gamma$ -ODL-Messnetz erhobenen Messergebnisse sind im Internet öffentlich verfügbar [5]. Diese Ergebnisse geben i. Allg. keinen Aufschluss über die Nuklidzusammensetzung der  $\gamma$ -ODL verursachenden Radionuklide, sodass gerade im Fall einer Kontamination der Luft mit Spuren künstlicher Radionuklide die nuklidspezifischen Messungen der Spurenmessstellen benötigt werden.

Informationen über IMIS und weiterführende Links sind auf der Homepage des BMUB [6] und des BfS [7] verfügbar.

## Standortauswahl

Für eine gute Vergleichbarkeit der Messergebnisse von verschiedenen Probenentnahmeorten in Deutschland wäre es theoretisch notwendig, an allen Standorten ideale Bedingungen vorzuhalten, die jedoch in der Realität meist nicht gegeben sind. Ideal wäre eine freie Anströmung der Luft aus allen Richtungen, keine Wälder oder Gebäude in der näheren Umgebung und eine Entnahmhöhe der Aerosole in ca. 1,5 m bis 1,8 m über dem Erdboden. Das entspricht etwa der Höhe, in der die Menschen ihre Atemluft einatmen. Wegen der notwendigen Energieversorgung, der Bedienung durch Fachpersonal und zum Schutz vor unbefugtem Zugriff oder gar Vandalismus stehen die Aerosolsammler jedoch auf umzäunten Geländen von Instituten oder Behörden. Dadurch sind gewisse Unterschiede in den Anströmungsverhältnissen der Luft nicht zu vermeiden.

Geographisch bedingte Unterschiede der Luftmassen (Küste, Stadt, Land, Gebirge, Industrieregion usw.), die den Staubgehalt bestimmen, sind unvermeidbar. Damit die Staubpartikel möglichst vollständig auf dem Filter abgeschieden werden, müssten alle Aerosolsammler technisch gleich sein und identische Abscheideeigenschaften für den Luftstaub besitzen. Die Abscheideeigenschaften sind allerdings auch von der Probe selbst abhängig, nämlich u. a. von der Luftfeuchtigkeit oder von der Korngrößenverteilung des Staubes. Außerdem verringert sich die Strömungsgeschwindigkeit der Luft innerhalb des Filters mit wachsender Staubmenge im Verlauf der Probenahme. Trotz dieser Einschränkungen ist die Vergleichbarkeit der Messergebnisse für die Zwecke des IMIS mehr als ausreichend. Für weitergehende wissenschaftliche oder radioökologische Untersuchungen müssen technische oder standortspezifische Unterschiede jedoch berücksichtigt werden.

### Luftstaub-Probenahme

Ein Hochvolumen-Luftstaubsammler, wie er auf dem Gelände der PTB in Braunschweig steht, ist im Prinzip ein „dicker Staubsauger“. Er soll möglichst viel Staub auf einem Filter abscheiden. Je mehr Staub in der Probe ist, desto höher ist die daran haftende Aktivität eines Radionuklids. Je größer die Aktivität, desto leichter und zuverlässiger ist sie messbar. Oder mit anderen Worten: Bei der bauartbedingten Messempfindlichkeit der eingesetzten Detektorsysteme werden die erreichbaren Nachweisgrenzen besser (= kleiner!), je mehr Luftstaub in der Probe enthalten ist. Folglich gilt es bei der Spurenmessung bei größtmöglichem Luftvolumen möglichst viel Staub, und zwar den lungengängigen Anteil, möglichst verlustfrei zu sammeln. Zu diesem Zweck werden Filtermaterialien benutzt, die sonst im Atemschutz eingesetzt sind.

Das Bild 1 zeigt den Standort der Aerosol-sammler am Rand des PTB-Geländes auf einer halbkreisförmigen Lichtung, die von der Luft aus östlicher Richtung über freie Felder erreichbar ist. Im Westen ist die Wiese von einem niedrigen Wald umgeben, der aus Umweltschutzgründen nicht weiter gerodet werden darf. Details der Luftstaub-sammler sind in Bild 3 und Bild 4 im im Artikel „50 Jahre Spurenmessung in der PTB“ am Anfang dieses Heftes gezeigt. Der Volumenstrom von ca. 900 m<sup>3</sup>/h wird bei üblichen Staubgehalten der Luft über eine gesamte Woche annähernd konstant gehalten. Der mit steigender Staubbelegung des Filters steigende Strömungswiderstand wird durch eine parallel dazu steigende Saugleistung der Turbine ausgeglichen. Nur in wenigen Fällen muss innerhalb einer Woche ein frisches Filter aufgelegt werden. Diese Situation tritt z. B. auf, wenn die Luft bei der Getreideernte sehr viel Staub enthält oder bei winterlichen Inversionswetterlagen der Flug-staub aus den Holzöfen und -heizungen in Wohn-häusern spürbar wird.

### Edelgas-Probenahme

Die radioaktiven Edelgase werden an einem tiefge-kühlten Aktivkohleadsorber gesammelt. Wegen der chemischen Reaktionsträgheit der Edelgase kann die Saugleitung bis zum Adsorber lang sein, sodass der Edelgassammler nicht im Freiland betrieben werden muss. In der PTB steht er in einem Keller-raum, wohin die in etwa einem Meter Höhe über dem Erdboden entnommene Außenluft durch einen Kunststoffschlauch geleitet wird. Dieser Typ Edel-gassammler hat sich gut bewährt und wird schon seit Jahrzehnten vom BfS sogar weltweit eingesetzt [8]. Zur Kühlung der Aktivkohle auf 77 °K wird flüssiger Stickstoff eingesetzt, in den der Adsorber eingetaucht ist. Mit dem vom BfS entwickelten Aktivkohleadsorber werden Krypton und Xenon aus 10 m<sup>3</sup> Luft quantitativ zurückgehalten. Wasser-dampf und Kohlendioxid werden im oberen Teil des Adsorbers selektiv ausgefroren und gelangen praktisch nicht in die Aktivkohle. Das Verfahren ist daher nicht nur eine reine Probenahme, sondern stellt bereits einen ersten Anreicherungsschritt dar. Bei einer Sammelzeit von einer Woche beträgt der Durchfluss etwa 60 Liter pro Stunde.

### Probenvorbehandlung

Auch vor einer direkten radiometrischen Messung oder einer radiochemischen Analyse ist eine Vor-behandlung der frisch vom Staubsammler entnom-menen Luftstaubproben erforderlich. Sie hängt von der Art der anschließenden Messung oder der vorgesehenen radiochemischen Verfahren ab. Für Luftstaubfilter ist die Vorbehandlung je nach den messtechnischen Vorgaben oder den angewandten



Bild 1: Staubprobensammler der PTB-Spurenmessstelle.

analytischen Verfahren bei den Spurenmessstellen des BfS, des DWD und der PTB unterschiedlich. Es ist üblich, ein Filter entweder zu einer zylin-derförmigen „Tablette“ zu pressen oder es in ein ringförmiges Messgefäß zu füllen. Gegebenenfalls muss das Filter vorher an der Luft getrocknet werden, bevor die gammaspktrometrische Messung erfolgt.

Die radioaktiven Edelgase, die an einem tiefgekühlten Aktivkohleadsorber gesammelt wurden, werden durch fraktionierte Desorption von abgeschiedenem Wasser, Kohlendioxid, Sau-erstoff und Stickstoff getrennt (s. Bild 2). Dieser Teil der Arbeiten erfolgt bereits in der PTB. Die vorgereinigte Edelgasfraktion wird in einer Aluminium-Druckdose zum BfS nach Freiburg geschickt. Dort erfolgt eine weitere Reinigung sowie die Auftrennung in die Kr-Fraktion und die Xe-Fraktion. Die getrennt gemessenen Aktivitäten von Kr-85 und Xe-133 werden schließlich als Aktivitätskonzentrationen in der Luftprobe in Bq/m<sup>3</sup> berichtet.

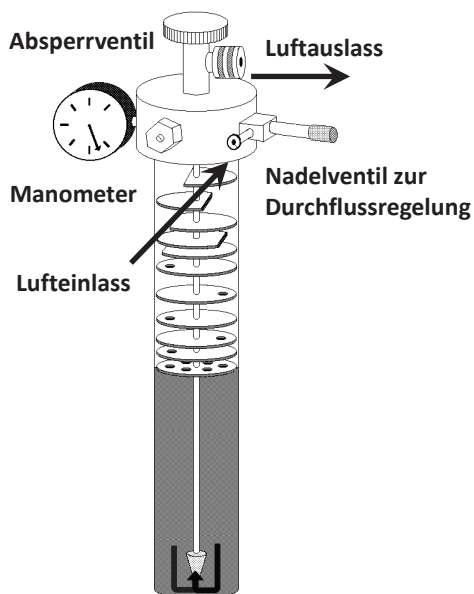


Bild 2 : Aufbau des Edelgas-adsorbers mit Aktivkohlebett (unten, 77 °K) und Prallblechen zur Abscheidung von Wasser und Kohlendioxid im oberen Teil. (Quelle: BfS, Freiburg)

### Gammaskpektrometrische Messungen am Luftstaub

In der PTB wird ein mit Staub beladenes Filter nach der Entnahme vom Sammler möglichst schnell einer ersten Messung mit einem Gammaskpektrometer unterzogen, damit eine frische Kontamination mit künstlichen Radionukliden so früh wie möglich entdeckt wird. Zur Steigerung der Messempfindlichkeit, fachlich: „Senkung der Nachweisgrenze“, wird diese Messung nach etwa einem halben Arbeitstag wiederholt. Dann sind die kurzlebigen natürlichen Radionuklide, die die Messempfindlichkeit beeinträchtigen, schon zu einem größeren Teil zerfallen. Mit dieser Messung, die bis zum frühen Morgen des folgenden Tages dauert, werden Nachweisgrenzen von wenigen  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$  für Iod-131 (I-131) und Caesium-137 (Cs-137) erreicht. Damit ist die Forderung des IMIS von „Nachweisgrenze unter  $100 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ “, die die Spurenmessungen von Notfallmessungen abgrenzt, deutlich erfüllt.

Im nächsten Schritt, der zur Erhöhung der Messempfindlichkeit beiträgt, entweichen die Iod-Isotope wegen der Flüchtigkeit des Iods aus der Aerosolprobe. Daher kann dieser Schritt erst nach der

Messung der Iod-Isotope erfolgen. Es wird eine Veraschung des staubbeladenen Filters bei einer Temperatur von etwa  $400 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $450 \text{ }^\circ\text{C}$  durchgeführt. Die Temperaturbegrenzung auf  $450 \text{ }^\circ\text{C}$  verhindert mögliche Verluste bei den übrigen Radionukliden. Die nach etwa einem Tag erhaltene Asche wird zu Tabletten gepresst, die anschließend in einem Bohrloch-Reinstgermaniumspektrometer gammaskpektrometrisch gemessen werden. Nach einer Messdauer von meist einer Woche erreichen wir mit dieser Methode Nachweisgrenzen von weniger als  $5 \cdot 10^8 \text{ Bq}/\text{m}^3$ , also unter  $50 \text{ nBq}/\text{m}^3$  für die meisten Gammastrahler.

Als Beispiel für die höhere Messempfindlichkeit der Asche-Messung im Vergleich zu der Filtermessung der Luftstaubprobe vom 23. März 2011, in der erstmalig in Braunschweig frische Spaltprodukte aus dem Kernreaktor in Fukushima Daiichi messbar waren, zeigt Bild 3 einen Ausschnitt des Gammaskpektrums des Luftstaub-Filters. Der entsprechende Ausschnitt des Luftstaub-Aschespektrums, das etwa drei Wochen nach dem ersten Spektrum gemessen wurde, ist in Bild 4 gezeigt. Im Filter-Spektrum ist die Gammalinie des I-131 bei  $364,5 \text{ keV}$  bereits deutlich zu sehen, während die Gammalinie des

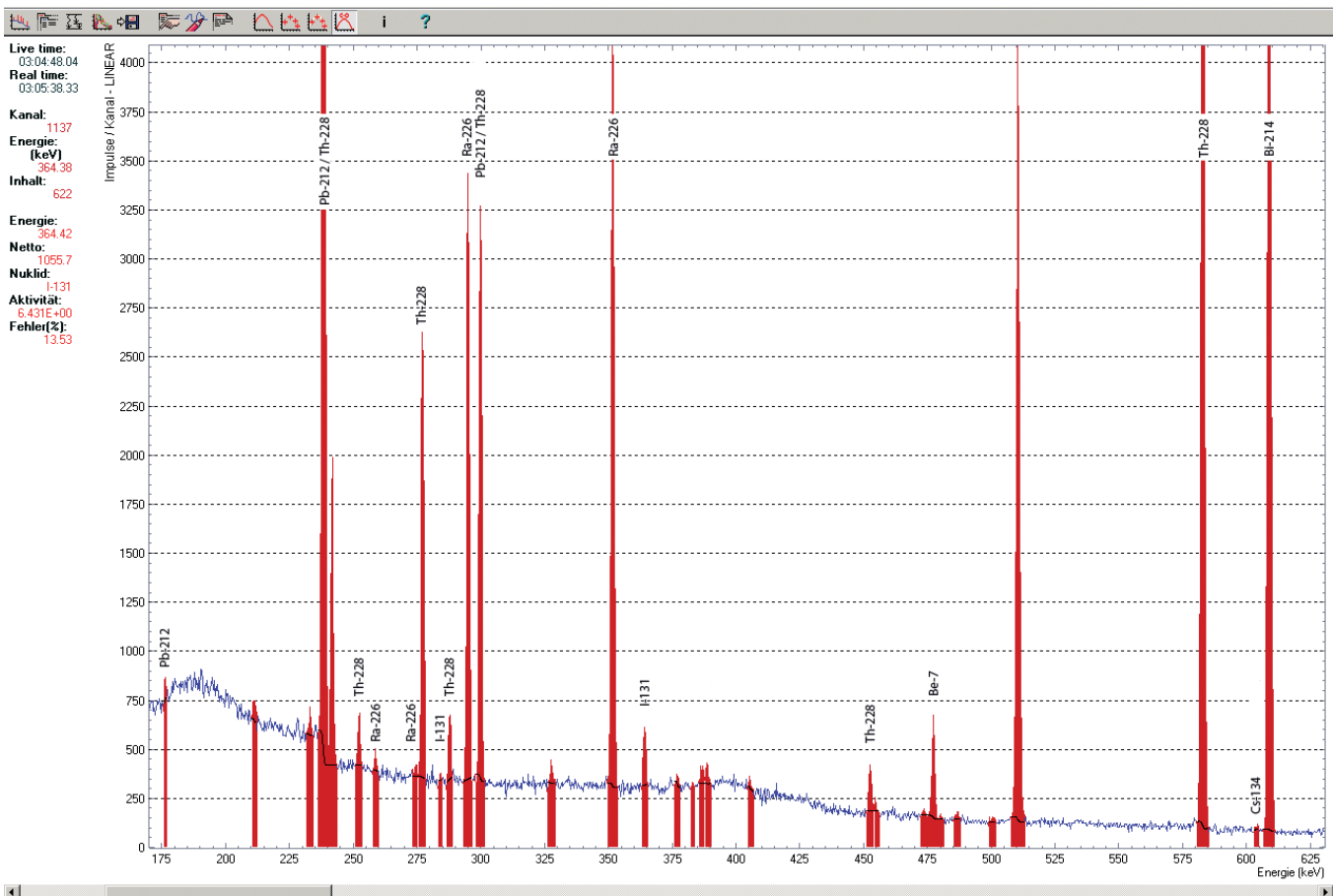


Bild 3: Ausschnitt aus dem Luftstaub-Filterspektrum der Tagesprobe vom 23. März 2011 mit dem ersten Fukushima-Fallout (Messdauer ca. 3 h).

Cs-134 bei 604,7 keV neben der großen Linie des natürlichen Bi-214 bei 609,3 keV kaum zu erkennen ist. Wegen der übrigen hohen Linien der natürlichen Radionuklide sind nur wenige weitere künstliche Linien erkennbar. Nach der Veraschung ist I-131 bis auf etwa ein Prozent verdampft (und wegen seiner kurzen Halbwertszeit von acht Tagen auch deutlich zerfallen), sodass es nur noch aufgrund der langen Messdauer im Aschespektrum sichtbar ist. Die Linie des kurzlebigen Bi-214 ist dagegen fast verschwunden. An dieser Stelle im Spektrum dominiert nun die Linie des Cs-134. Neben den genannten Linien werden im Asche-Spektrum auch Linien weiterer Spaltprodukte sichtbar, z. B. die des Tellur-132 (Te-132). Die Aktivitätskonzentrationen dieser Radionuklide waren in der Luftstaub-Filtermessung unterhalb der Nachweisgrenzen.

### Alpha- und Betastrahlen emittierende Radionuklide

Für die Bestimmung von Plutonium- und Uranisotopen sowie des reinen Betastrahlers Strontium-90 (Sr-90) im Luftstaub werden in der PTB die wöchentlichen Luftstaubaschen zu einer

Monatsmischprobe vereinigt, die einer aufwendigen radiochemischen Abtrennung und Reinigung unterzogen wird. Im Kapitel „Radiochemischer Trennungsgang“ werden diese Arbeiten und die daran anschließenden radiometrischen Messungen beschrieben. Für Plutonium-Isotope lassen sich mit einer alphaspektrometrischen Messung in Monatsmischproben Nachweisgrenzen um etwa  $5 \cdot 10^{-10} \text{ Bq/m}^3$  erreichen. Für Sr-90 liegt sie meist bei  $5 \cdot 10^{-9} \text{ Bq/m}^3$ .

### Überblick „Routinebetrieb“ und „Intensivbetrieb“

Die Schemata zeigen die Abfolge der in der Spurenmessstelle erforderlichen Arbeitsabläufe für den Routinebetrieb und den Intensivbetrieb. Dabei ist zu beachten, dass die radiochemischen Arbeiten im Gegensatz zu den übrigen Messungen nicht in jedem Fall täglich erledigt werden müssen. Häufigkeit und Art der radiochemisch zu bearbeitenden Proben (z. B. tägliche, mehrmals in der Woche oder einmal wöchentlich) wird je nach der Art des eingetretenen Ereignisses und nach aktueller Lage vom BMUB entschieden.

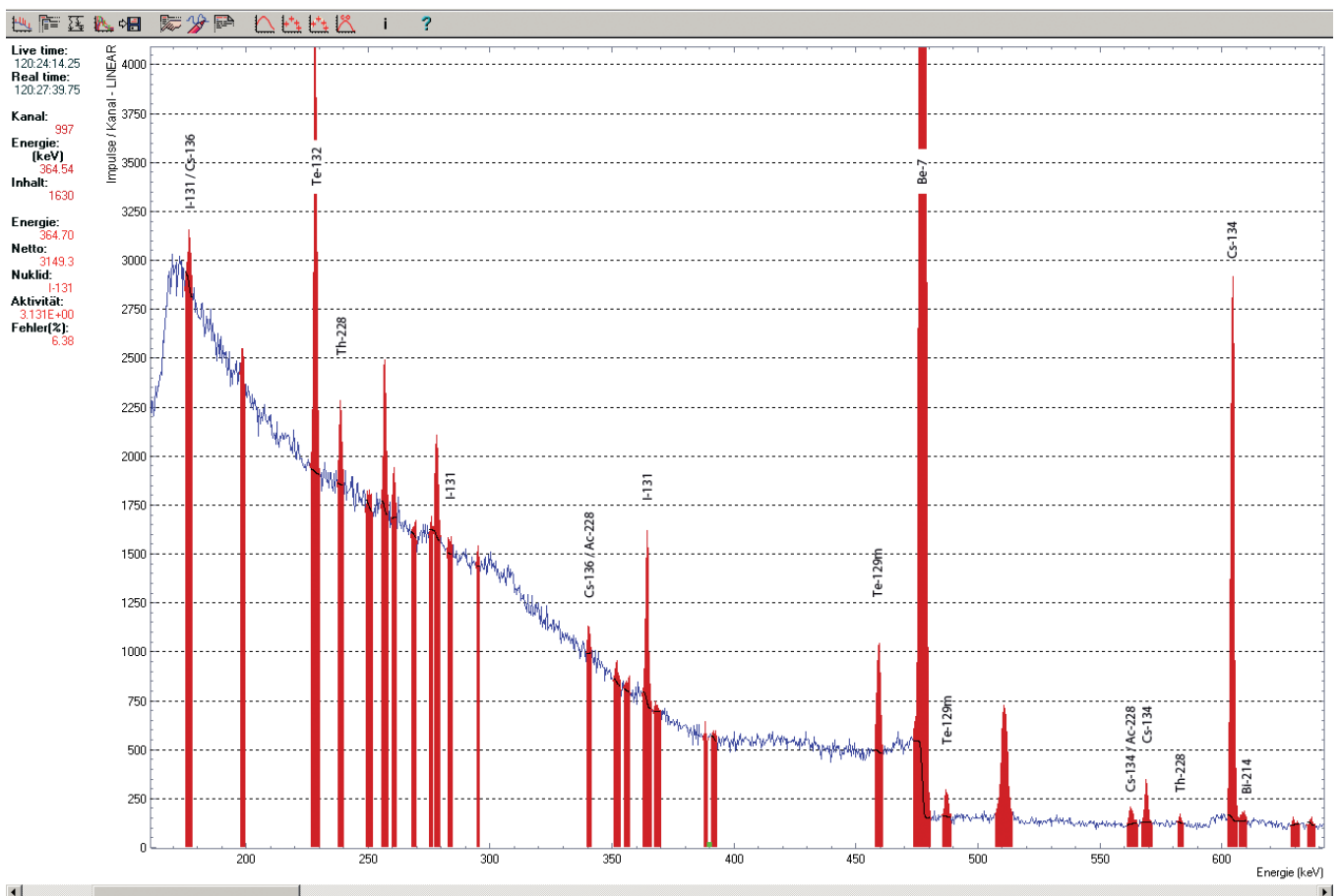


Bild 4: Ausschnitt aus dem Luftstaub-Aschespektrum der Tagesprobe vom 23. März 2011 mit dem ersten Fukushima-Fallout (Messdauer ca. 120 h).

## Prozesskette der Spurenmesstelle im Routinebetrieb

(Stand Januar 2014)

Montag	<p>7:00 Uhr bis 8:00 Uhr Luftstaub-Filterwechsel Edelgas-Adsorberwechsel und -Probenvorbehandlung</p> <p>ca. 9:30 Uhr Start der ersten, orientierenden <math>\gamma</math>-Messung des Luftstaub-Filters (Messdauer 4 h bis 6 h, NWG für I-131 ca. 10 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>, für Co-60 ca. 5 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>)</p> <p>ca. 12:30 Uhr bis 13:30 Uhr Express-Versand der Edelgasprobe zum BfS, Freiburg</p> <p>ca. 12:00 Uhr bis 13:00 Uhr Auswertung der Luftstaub-Filtermessung</p> <p>16:00 Uhr Start der empfindlichen I-131 Messung (Messdauer: ca. 15 h bis 16 h, NWG für I-131 &lt;5 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>, für Co-60 &lt;2 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>)</p>														
Dienstag	<p>ca. 7:30 Uhr bis 8:30 Uhr Auswertung der Filtermessung Veraschung des Luftstaub-Filters (400 °C bis 450 °C, O<sub>2</sub>-Unterschuss, ca. 1 d)</p>														
Mittwoch	<p>zu Dienstbeginn: Herstellung der Asche-Tabletten (7 mm Durchmesser, 0,5 bis 2 g Asche, Höhe zwischen 2 mm und 30 mm)</p> <p>Start der <math>\gamma</math>-Messung der Luftstaub-Asche Bohrlochdetektor (Messdauer = 7 d, NWG für Co-60 und Cs-137 &lt;0,05 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>)</p> <p>Auswertung der <math>\gamma</math>-Messung der vorherigen Luftstaub-Asche</p>														
Anschließend	<p>Qualitätssicherung/Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse, Dokumentation, Erfassung/Berichterstattung im IMIS IT-System und an den „Ring of Five“*</p>														
Monatlich	<p>Herstellung der Monatsmischprobe aus den Luftstaub-Aschen des jeweiligen Kalendermonats, (2,5 g bis 10 g Asche; ca. 5 · 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup> bis 7 · 10<sup>5</sup> m<sup>3</sup> Luft)</p> <p>Radiochemische Aufarbeitung der Monatsmischprobe (gemeinsamer radiochemischer Analysengang zur Abtrennung, Reinigung und Bestimmung von U-, Sr- und Pu-Isotopen)</p>														
Immer	<p>Dokumentation (EXCEL<sup>®</sup>, Laborprotokolle und Datenbank), berücksichtigte Beiträge zur Standardunsicherheit (ISO GUM):</p> <table border="0" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>Abscheideeffektivität der Filter:</td> <td>ca. 4 %</td> </tr> <tr> <td>Messung des Betriebsvolumens:</td> <td>ca. 0,5%</td> </tr> <tr> <td>Korrektur auf Bezugsvolumen:</td> <td>ca. 1,5 %</td> </tr> <tr> <td>Veraschungsausbeute:</td> <td>ca. 1,5 %</td> </tr> <tr> <td>Pu-242-Tracer (NIST):</td> <td>0,7 %</td> </tr> <tr> <td>Sr-85-Tracer (PTB):</td> <td>1,0 % bis 1,5 % (je nach Charge)</td> </tr> <tr> <td>U-232-Tracer (NIST):</td> <td>1,3 %</td> </tr> </table>	Abscheideeffektivität der Filter:	ca. 4 %	Messung des Betriebsvolumens:	ca. 0,5%	Korrektur auf Bezugsvolumen:	ca. 1,5 %	Veraschungsausbeute:	ca. 1,5 %	Pu-242-Tracer (NIST):	0,7 %	Sr-85-Tracer (PTB):	1,0 % bis 1,5 % (je nach Charge)	U-232-Tracer (NIST):	1,3 %
Abscheideeffektivität der Filter:	ca. 4 %														
Messung des Betriebsvolumens:	ca. 0,5%														
Korrektur auf Bezugsvolumen:	ca. 1,5 %														
Veraschungsausbeute:	ca. 1,5 %														
Pu-242-Tracer (NIST):	0,7 %														
Sr-85-Tracer (PTB):	1,0 % bis 1,5 % (je nach Charge)														
U-232-Tracer (NIST):	1,3 %														

## Prozesskette der Spurenmessstelle im Intensivbetrieb

(Stand Januar 2014)

Täglich	<p>7:00 Uhr bis 8:00 Uhr Luftstaub-Filterwechsel Edelgas-Adsorberwechsel und -Probenvorbehandlung</p> <p>ca. 9:30 Uhr Start der ersten <math>\gamma</math>-Messung des Luftstaub-Filters (Messdauer 3 h bis 4 h, NWG für I-131 ca. 90 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>, für Co-60 ca. 90 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>)</p> <p>ca. 12:30 Uhr bis 13:30 Uhr Express-Versand der Edelgasprobe zum BfS, Freiburg</p> <p>ca. 11:00 Uhr (12:00 Uhr, MESZ) Auswertung der Luftstaub-Filtermessung</p> <p>ca. 12:00 Uhr (13:00 Uhr, MESZ) Qualitätssicherung, Dokumentation, Erfassung im IMIS bzw. Berichterstattung an Leitstelle im BfS und den „Ring of Five“*, (radiologische Bewertung und Veröffentlichung der aktuellen Ergebnisse zentral durch das BfS, anschließend Veröffentlichung der jeweils eigenen Messergebnisse des DWD und der PTB)</p> <p>ca. 12:30 Uhr bis 13:30 Uhr Express-Versand der Edelgasprobe zur Messung von Kr-85 und Xe-133 im BfS in Freiburg</p> <p>16:00 Uhr Start der empfindlichen <math>\gamma</math>-Messung des Luftstaub-Filters Messung (Messdauer: ca. 15 h bis 16 h, NWG für I-131 &lt;50 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>, für Co-60 ca. 90 <math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>)</p>
Nächster Tag:	<p>ca. 7:30 Uhr (8:30 Uhr, MESZ) Auswertung der Filtermessung (Start am Vortag, 16:00 Uhr) Qualitätssicherung, Dokumentation, Erfassung im IMIS bzw. Berichterstattung an Leitstelle und den „Ring of Five“</p>
Auf Anforderung:	<p>Herstellung von Mischproben aus einer geforderten Anzahl von Tagesproben; Extraktion (Königswasserauszug statt Veraschung) und radiochemische Abtrennung und Reinigung von U-, Sr- und Pu-Isotopen. Messung mit Alphaspektrometer (U, Pu) bzw. Proportionalzählrohr (Sr)</p>

\* Der „Ring of Five“ ist ein informelles Netzwerk Europäischer Spurenmessstellen zur schnellen gegenseitigen Information über einen E-Mail-Server, wenn an einer Station auffällige Messwerte auftreten.

## Zusammenfassung

Die beschriebenen Arbeiten der Spurenmessstelle zeigen, wie in der Routine die heute noch messbaren geringen Kontaminationen der Luft mit künstlichen Radionukliden aus früheren Kontaminationen, z. B. dem Kernwaffenfallout, in geringsten Spuren gemessen werden. Die Beobachtung des Verlaufes der Aktivitätskonzentrationen erlaubt die Feststellung der „Nullpegel“ im Fall einer erneuten Kontamination. Die Anforderungen des IMIS an die Spurenmessstellen im Fall einer frischen Kontamination zielen primär darauf ab, durch tägliche gammaspektrometrische Messungen schnell etwaige Veränderungen sowohl in der Höhe der Kontamination als auch in der Nuklidzusammensetzung festzustellen. Dann sind die Arbeiten nicht auf eine hohe Empfindlichkeit ausgelegt, sondern auf eine höhere Zeitauflösung. Über Art und Umfang wesentlich aufwendigerer und langwierigerer radiochemischer Analysen wird situationsangepasst entschieden. ■

## Literaturverzeichnis

- [1] Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung (Strahlenschutzvorsorgegesetz),  
[www.gesetze-im-internet.de/aktuell.html](http://www.gesetze-im-internet.de/aktuell.html)
- [2] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum integrierten Mess- und Informationssystem zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt (IMIS) nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz (AVV-IMIS),  
[www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund\\_13122006\\_RSII5114349.htm](http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_13122006_RSII5114349.htm)
- [3] AVV-IMIS, Anhang 1, Messprogramm für den Routinebetrieb (Routinemessprogramm),  
[www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/BMU-RS-20061213-KF-A001.htm](http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/BMU-RS-20061213-KF-A001.htm)
- [4] AVV-IMIS, Anhang 2, Messprogramm für den Intensivbetrieb (Intensivmessprogramm),  
[www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/BMU-RS-20061213-KF-A002.htm](http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/BMU-RS-20061213-KF-A002.htm)
- [5] Bundesamt für Strahlenschutz,  $\gamma$ -ODL Messnetz,  
[www.imis.bfs.de/odlinfo/?lang=DE](http://www.imis.bfs.de/odlinfo/?lang=DE)
- [6] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit,  
[www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/radioaktivitaet-in-der-umwelt/allgemeine-umweltueberwachung/](http://www.bmub.bund.de/themen/atomenergie-strahlenschutz/strahlenschutz/radioaktivitaet-in-der-umwelt/allgemeine-umweltueberwachung/)
- [7] Bundesamt für Strahlenschutz,  
[www.bfs.de/de/ion/imis/imis\\_uebersicht.html](http://www.bfs.de/de/ion/imis/imis_uebersicht.html)
- [8] *Stockburger, H., Sartorius, H., Sittkus, A.*: Messung der Krypton-85 und Xe-133-Aktivität der atmosphärischen Luft. Zeitschrift für Naturforsch. **32** (1977), 12391253