

Zeitschrift: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz = Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in Svizzera

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

Band: - (2008)

Rubrik: Die Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz

Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse

Ergebnisse 2008 Résultats 2008

Kapitel 1 Die Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz

Kapitel 1.1 Die Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz	10
Veranlassung und Ziel der Überwachung	10
Gesetzliche Vorgaben	10
Grundsätze der Überwachung	10
Organisation und Zusammenarbeit	11
Liste der beteiligten Stellen und der verwendeten Abkürzungen	11
Quellenangaben	11
Kapitel 1.2 Umweltüberwachung: Zusammenfassung	14
Aufgaben	14
Tätigkeiten und Ergebnisse	15
Beurteilung	18
Chapitre 1.3 Surveillance de l'environnement: Résumé	19
Tâches	19
Activités et résultats	20
Evaluation	23

Kapitel 1.1

Die Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz

S. Estier, P. Steinmann

Sektion Umweltradioaktivität (URA), BAG, 3003 Bern

Veranlassung und Ziel der Überwachung

Die Überwachung der Umweltradioaktivität begann in der Schweiz 1956, durch die Ernennung der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUER) durch den Bundesrat. Überwacht wurde anfänglich der radioaktive Ausfall (Fallout) der Kernwaffenversuche; später wurde die Überwachung von Kernanlagen, sowie Betrieben und Spitälern, die Radionuklide verwenden, wichtiger. Heute wird auch die natürliche Radioaktivität, insbesondere das Radon erfasst, vor allem dort, wo dieses zu nennenswerten Strahlendosen führen kann. Das BAG veröffentlicht die Messergebnisse in den jährlichen Berichten zu Umweltradioaktivität und Strahlendosen [1].

Gesetzliche Vorgaben

Gesetzliche Basis für die Überwachung ist die Schweizer Strahlenschutzverordnung (StSV: [2]), die dem BAG diese Aufgabe überträgt. Beurteilungsgrössen sind die Immissionsgrenzwerte für Luft und Wasser gemäss Art. 102 bzw. im Anhang 3, d.h. CA/300 für die Luft (CA = Arbeitsplatz-Richtgrenze) und LE/50 für das Wasser (LE = Freigrenze). Bei Dauerexposition führen diese Werte zu je 0.2 mSv pro Jahr. Für die Lebensmittel gelten die Toleranz- und Grenzwerte (s. Tabelle 1) gemäss FIV (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung [3]). Für die Bevölkerung («nichtberuflich strahlenexponierte Personen») darf die effektive Dosis durch künstliche Strahlenquellen (ohne natürliche Radioaktivität oder medizinische Anwendungen) 1 mSv pro Jahr nicht übersteigen (Art. 37). Für beruflich strahlenexponierte Personen gilt eine Limite von 20 mSv pro Jahr.

Grundsätze der Überwachung

Die Anforderungen an ein Überwachungsprogramm hängen von dessen Zielsetzung ab. Ein **Monitoringprogramm** soll in erster Linie feststellen, ob vorgegebene Immissionsgrenzwerte eingehalten sind. Dies wird durch eine «verdachtsorientierte» Stichprobenerhebung dort, wo mit den grössten Immissionen bzw. den grössten radiologischen Auswirkungen gerechnet wird, erreicht. Ein **Umweltmessprogramm** soll für die gewählte Messgrösse für bestimmte Gebiete und Zeitintervalle die tatsächlichen Werte und deren örtliche und zeitliche Variationen ermitteln. Hier werden die Probenahmen nach statistischen Kriterien vorgenommen, wobei eine grössere Empfindlichkeit gefordert wird als beim Monitoringprogramm, damit aus den Ergebnissen die tatsächlichen Strahlendosen hergeleitet werden können. **Wissenschaftliche Programme** dienen der Überprüfung radioökologischer Modelle und der Bestimmung von Modellparametern. Hier müssen statistische Gesichtspunkte bei der Wahl der Proben berücksichtigt werden und die Messempfindlichkeit soll die Verifikation der dem Modell zugrunde gelegten Hypothesen ermöglichen.

Die Radioaktivitätsüberwachung hat folgende Ziele:

- Das Verfolgen der grossräumig verbreiteten, natürlichen und künstlichen Radioaktivität; dies, um zeitliche und räumliche Veränderungen, frühzeitig zu erkennen.
- Die Überwachung der Umgebung von Kernanlagen und Betrieben, die radioaktive Stoffe verwenden (Immissionsüberwachung).
- Die Ermittlung der Strahlendosen der Bevölkerung und ihrer zeitlichen und räumlichen Variationen.

Organisation und Zusammenarbeit

Die Durchführung der Radioaktivitätsüberwachung erfolgt in Zusammenarbeit mit allen Stellen beim Bund, den Hochschulen, Forschungsinstituten, die entsprechende Kompetenzen und Messkapazität haben. Diese Zusammenarbeit ist durch Verträge, Übereinkommen und Abmachungen geregelt. Die meisten der beteiligten Labors (inklusive das BAG) sind zertifiziert und akkreditiert.

Die Koordination des Messprogrammes obliegt dem Bundesamt für Gesundheit. Dieses legt das Überwachungsprogramm fest, sammelt und veröffentlicht die Daten und wertet diese zusammen mit den beteiligten Laboratorien aus [1]. Die beteiligten Laboratorien melden ihre Messwerte regelmässig (halbjährlich oder jährlich). Die Messwerte aller untersuchten Proben werden in der Datenbank für Umweltradioaktivität ENVIRA abgelegt (www.envira.ch).

Erhöhte Messwerte werden sofort gemeldet, damit bei Bedarf die nötigen Massnahmen veranlasst werden können. Bei erhöhter Radioaktivität, wenn Schutzmassnahmen für die Bevölkerung erforderlich sind, kommen die Nationale Alarmzentrale (NAZ) und die Einsatzorganisation für erhöhte Radioaktivität zum Zug.

Die Kompetenzzentren für die wichtigsten Überwachungsbereiche sind in Tabelle 2 aufgelistet. Die aktuellen Überwachungsprogramme sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Liste der beteiligten Stellen und der verwendeten Abkürzungen

- **URA:** Sektion Umweltradioaktivität, Bundesamt für Gesundheit, Bern (Liebefeld)
- **RADAIIR:** Automatisches Netz zur Überwachung der Radioaktivität der Luft
- **UniBE:** Universität Bern, Physikalisches Institut, Abteilung Klima- und Umweltphysik
- **IRA:** Institut Universitaire de Radiophysique Appliquée, Lausanne
- **LABOR SPIEZ:** Labor Spiez, Fachsektion Physik, Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), VBS, Spiez
- **EAWAG:** Eawag, Gruppe Radioaktive Tracer, Abteilung Oberflächengewässer, Dübendorf
- **Institut Forel:** Universität Genf, Versoix
- **Kantonale Laboratorien:** Kantonale Lebensmittelkontrolle
- **PSI:** Paul Scherrer Institut, Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit, Villigen-PSI
- **NAZ:** Nationale Alarmzentrale, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS, VBS, Zürich
- **NADAM:** Automatisches nationales Dosiswarnnetz
- **HSK:** Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, Villigen-PSI (bis 31.12.2008)
- **ENSI:** Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, 5232 Villigen-ENSI (ab 01.01.2009)
- **MADUK:** Automatisches Dosiswarnnetz für die Umgebung der Kernanlagen
- **HUG:** Hôpital Universitaire Cantonal Genève, Division de médecine nucléaire,
- **Suva:** Bereich Physik, Abteilung Arbeitssicherheit, Luzern
- **BAG:** Bundesamt für Gesundheit, Bern (Liebefeld)

Quellenangaben

- [1] Jahresberichte des BAG: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz: <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00043/00065/02239/index.html?lang=de>
- [2] Schweizerisches Strahlenschutzgesetz (StSG) vom 22. März 1991 und Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 1994: <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/02883/02884/index.html?lang=de>
- [3] Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (Fremd- und Inhaltsstoffverordnung, FIV): http://www.admin.ch/ch/d/sr/c817_021_23.html

Tabelle 1:

Toleranz- und Grenzwerte für Radionuklide in Lebensmitteln gemäss Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe (FIV) in Bq/kg [3]

Radionuklide	Toleranzwert	Grenzwert			
	Bq/kg	Bq/kg			
	Alle Lebensmittel	Lebensmittel allgemein	Flüssige Lebensmittel	Säuglings-anfangs- und Folgenahrung	Lebensmittel von geringer Bedeutung
Tritium	1'000	10'000	10'000	3'000	100'000
Kohlenstoff-14	200	10'000	10'000	1'000	100'000
Strontiumisotope (insbesondere ⁹⁰ Sr)	1	750	125	75	7'500
Iodisotope (insbesondere ¹³¹ I)	10	2'000	500	150	20'000
Künstliche Alphastrahler (z.B. ²³⁹ Pu, ²⁴¹ Am)	0.1	80	20	1	800
Radionuklide der Uran- und Thoriumreihen: • Gruppe I: ²²⁴ Ra, ²²⁸ Th, ²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U	—	50	10	10	500
• Gruppe II: ²¹⁰ Pb, ²¹⁰ Po, ²²⁶ Ra, ²²⁸ Ra, ²³⁰ Th, ²³² Th, ²³¹ Pa	—	5 (**)	1	1	50 (***)
Übrige Radionuklide (z.B. ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, jedoch ohne ⁴⁰ K)	10 (*)	1'250	1'000	400	12'500

(*) Toleranzwert für Cäsiumisotope in Wildfleisch und Wildpilzen: 600 Bq/kg (gilt für die Summe von ¹³⁴Cs und ¹³⁷Cs); der Toleranzwert für ¹³⁷Cs in Wildbeeren beträgt neu 100 Bq/kg.

(**) Grenzwert für Meerestiere: 150 Bq/kg (gilt insbesondere für ²¹⁰Po)

(***) ²²⁶Ra und ²²⁸Ra gelten nicht für Paranüsse

Tabelle 2:

Überwachungsbereiche und Kompetenzzentren

Bereich:	überwacht wird:	Kompetenzzentren ¹⁾ :
Atmosphäre	Aerosole, Niederschläge ¹⁴ C, Edelgase	URA inkl. RADAIR UniBE
Deposition	Boden, Bewuchs, in-situ ⁹⁰ Sr- und Alpha-Messung Aeroradiometrie	URA, IRA und LABOR SPIEZ ENSI, NAZ
Aquatisches Milieu	Gewässer, Fische, Sedimente Grund- und Quellwasser, Deponien	EAWAG, Institut Forel, LABOR SPIEZ CHYN
Lebensmittel	Milch, Getreide, Gemüse, Wild, Pilze, etc.	Kantonale Laboratorien, URA, IRA, LABOR SPIEZ
Dosis	γ- und n-Dosen automatische Dosiswarnnetze	PSI, IRA NAZ (NADAM), ENSI (MADUK)
menschliche Körper	Ganzkörpermessungen ⁹⁰ Sr in Knochen und Zähnen	PSI, HUG IRA
Kernanlagen	Emissionen, Umgebung	ENSI, URA
Betriebe	Emissionen, Umgebung	Suva, URA
Spitäler	Emissionen	BAG
Radon	Radon in Häusern und im Boden	BAG, URA

¹⁾ Liste der Abkürzungen s. Seite 11 «Liste der beteiligten Stellen und der verwendeten Abkürzungen»

Tabelle 3:

Das Messprogramm im Überblick

Expositionspfade	Probenahmestellen	Proben und Messung
Ortsdosen (externe Gamma-Strahlung)	Automatische Überwachung der Ortsdosen: landesweit mit NADAM und in der Umgebung der KKW mit MADUK.	NADAM: 58 Stellen, Betrieb durch die Nationale Alarmzentrale NAZ (landesweites Dosis-Warnnetz)
	TLD in der Nahumgebung von KKW und Forschungsanlagen (PSI und CERN)	MADUK: je 12-17 Stellen, Betrieb durch die ENSI TLD (γ -Komponente) und n-Dosis (PSI, CERN)
In-situ Messung	Umgebung der Kernanlagen	Direkte vor-Ort-Messung des γ -Spektrums
	Ganze Schweiz nach speziellem Programm	Bestimmung des Radionuklidgehaltes des Bodens und deren Beiträge zur Ortsdosis
Luft	12 Aerosolsammler: ca. 40 m ³ /h 5 High-Volume-Sampler: ca. 700 m ³ /h 1 Digital-Aerosolsammler Jungfrauoch	Aerosolsammler und High-Volume-Sampler: kontinuierlich Sammlung auf Aerosolfiltern mit γ -Spektrometrie im Labor: Nachweisgrenze für ¹³⁷ Cs: 1 μ Bq/m ³ bzw. 0.1 μ Bq/m ³
	RADAIR: Aerosolwarnnetz 11 Stellen on-line-Messung mit Datenfernübertragung ⁸⁵ Kr-Messungen an Luftproben vom Jungfrauoch	RADAIR: 11 Stationen α/β -Messung (FHT-59S), 3 Stellen mit Jod-Monitor (FHT-1700); 1 Stelle: nuklidspezifischer Monitor (FHT-59N1)
Niederschläge	Regensammlerstationen, ganze Schweiz inkl. Umgebung der KKW, sowie Forschungsanlagen und Industrien	9 Regensammler mit Trichtern von 1 m ² Fläche, wöchentlich γ -Spektrometrie der Rückstände; Nachweisgrenze für ¹³⁷ Cs: 10 mBq/l (monatliche Probe)
		An 15 Stellen Sammlung der Niederschläge für die Tritiumbestimmung; eine Stelle: Bestimmung des Tritiumgehaltes in der Luftfeuchte.
Aquatisches Milieu	Kontinuierlich gesammelte Wochenproben aus Rhein, Rhone, Ticino und Doubs sowie oberhalb und unterhalb der KKW (Aare)	γ - und α -Spektrometrie Tritium-Messung
	Bei den KKW auch Grundwasser, Sedimente, Fische, Wasserpflanzen	
Erde	30 Stellen in den Alpen, dem Mittelland, dem Jura, auf der Alpensüdseite inkl. Umgebung der KKW, PSI, CERN	Erdschicht 0-5 cm für ⁹⁰ Sr-Bestimmung und γ -Spektrometrie und z.T. α -Spektrometrie
Bewuchs (Gras, Pflanzen)	Gleiche Stellen wie Erdboden	Gras zweimal jährlich; γ -Spektrometrie und ⁹⁰ Sr
	Baumblätter aus Umgebung KKW, Industrieverbrennungsanlage Basel und Referenzstationen	Baumblätter: ¹⁴ C-Bestimmung (jährlich)
Milch	Gleiche Regionen wie Erde und Gras	γ -Spektrometrie und ⁹⁰ Sr-Messung Einzel- und Sammelmilchproben
Andere Lebensmittel	Getreidemischproben aus verschiedenen Regionen und Umgebung KKW	γ -Spektrometrie ⁹⁰ Sr-Bestimmung
	Weitere Proben nach Bedarf, z.B. Gemüse Umgebung KKW, Mineralwässer, Wildpilze, Importproben etc.	
Menschlicher Körper	Schulklassen Genf	Ganzkörpermessungen in Genf (HUG) und am PSI
	Mitarbeiter PSI	
	Zahnärzte, Schulzahnkliniken und pathologische Institute aus verschiedenen Gegenden	⁹⁰ Sr-Bestimmungen an Wirbelknochen und Milchzähnen
Emissionen von KKW, Betrieben etc.	Kernanlagen, Forschungsanlagen, etc.	Abluftfilter, Abgas etc.
	Kläranlagen der Agglomerationen	Abwässer aus Spitäler, Deponien, Kehrrechtverbrennungsanlagen, Abwasserreinigungsanlagen
	Sickerwässer von Deponien	γ -, α - und ⁹⁰ Sr-Messung

Kapitel 1.2

Umweltüberwachung: Zusammenfassung

S. Estier, P. Steinmann

Sektion Umweltradioaktivität (URA), BAG, 3003 Bern

Aufgaben

Überwachung der Umweltradioaktivität

Die Strahlenschutzverordnung (StSV) überträgt in Artikel 104 bis 106 dem BAG die Verantwortung für die Überwachung der ionisierenden Strahlung und der Radioaktivität in der Umwelt.

Das Überwachungsprogramm des BAG besteht aus zwei Teilen. Einerseits geht es darum, Messwerte der Umweltradioaktivität und deren Schwankungsbreite in der Schweiz zu erfassen. Diese allgemeine Überwachung beinhaltet unter anderem die Messungen des Kontaminationsverlaufs infolge der oberirdischen Kernwaffenversuche der USA und der Sowjetunion in den 50^{er} und 60^{er} Jahren sowie des Reaktorunfalls in Tschernobyl.

Das zweite Ziel des Überwachungsprogramms besteht darin, die Auswirkungen potenzieller Quellen wie Kernanlagen, Forschungszentren und Betriebe, die radioaktive Substanzen einsetzen, auf die Umwelt und die Bevölkerung in deren Umgebung zu bestimmen. Diese auf «Quellen» bezogene Überwachung erfolgt in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Aufsichtsbehörde, der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK*) für die Kernkraftwerke und der Suva für die industriellen Betriebe. Sie beginnt mit der Kontrolle der Emissionen dieser Unternehmen (effektive Freisetzung von radioaktiven Stoffen) und geht weiter mit der Messung ihrer Immissionen (effektiv gemessene Konzentrationen) in der Umwelt.

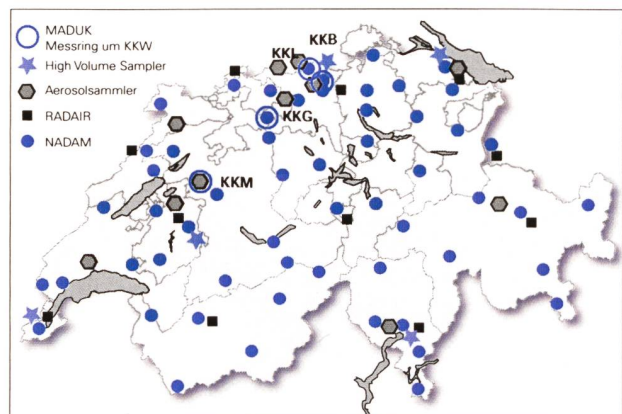
Um diesen beiden Zielen Rechnung zu tragen, erstellt und koordiniert das BAG jährlich ein Probenahme- und Messprogramm in Zusammenarbeit mit der HSK, der Suva und den Kantonen, wobei sich auch andere Laboratorien des Bundes und verschiedene Hochschulinstitute daran beteiligen. Das BAG sammelt und wertet die Daten aus und veröffentlicht jährlich die Ergebnisse der Radioaktivitätsüberwachung zusammen mit den für die Bevölkerung daraus resultierenden Strahlendosen.

Messprogramm

Das Überwachungsprogramm umfasst zahlreiche Umweltbereiche von der Luft über Niederschläge, Boden, Gras, Grund- und Oberflächengewässer, Trinkwasser, Sedimente bis zu Nahrungsmitteln (insbesondere Milch). Messungen vor Ort (In-situ-Gammaspektrometrie), mit denen sich die auf dem Boden abgelagerte Radioaktivität direkt erfassen lässt, vervollständigen diese Analysen. Am Ende der Kontaminationskette werden Untersuchungen der Radioaktivität im menschlichen Körper durchgeführt.

Ergänzt wird dieses allgemeine Programm durch Stichproben in den Kernanlagen während kontrollierten Abgaben sowie in Abwässern aus Kläranlagen, Deponien und Kehrichtverbrennungsanlagen.

Automatische Messnetze (Figur 1) erfassen die Dosisleistung im ganzen Land (NADAM = Messnetz zur Bestimmung der Dosisleistung), in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK = Messnetz in der Umgebung der Kernkraftwerke (MADUK = Messnetz in der Umgebung der Kernanlagen zur Bestimmung der Dosisleistung) sowie die Radioaktivität der Aerosole (RADAIR = Messnetz



Figur 1:

Messnetze zur Überwachung der Luft (Dosisleistung und Aerosole) in der Schweiz

*) ab 1.1.2009: ENSI, Eidg. Nuklearsicherheitsinspektorat

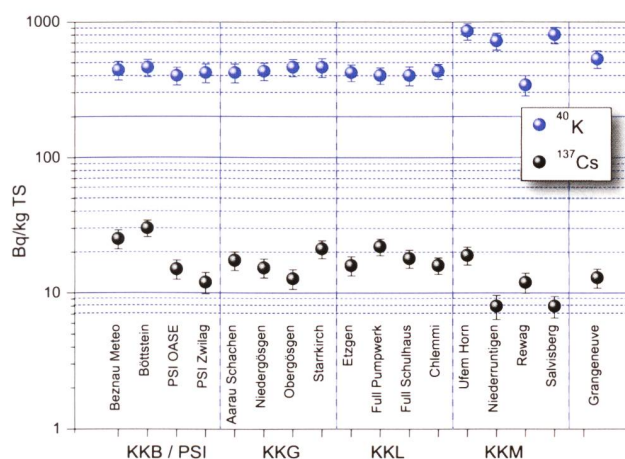
zur Bestimmung der Radioaktivität in der Luft). Aerosole, Niederschläge und Flusswasser werden kontinuierlich gesammelt, die Überwachung von Sedimenten, Erdproben, Gras, Milch und Lebensmitteln (inklusive Importe) erfolgt stichprobenweise. Die Daten werden in einer nationalen Datenbank beim BAG erfasst. Eine Auswahl der Ergebnisse ist auf dem Internet verfügbar: www.str-rad.ch. Die Messprogramme sind vergleichbar mit denjenigen unserer Nachbarländer. Die Methoden für die Probenahme und die Messprogramme entsprechen dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Die Qualitätskontrolle erfolgt durch eine regelmässige Teilnahme der Laboratorien an nationalen und internationalen Vergleichsmessungen.

Tätigkeiten und Ergebnisse

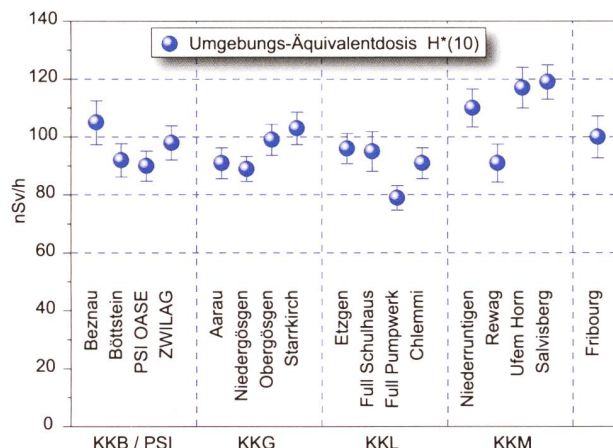
Überwachung in der Umgebung von Kernanlagen

Bei den Kernkraftwerken werden die Emissionen radioaktiver Stoffe durch die Bewilligungsbehörde so limitiert, dass niemand, der in der Umgebung wohnt, eine Dosis von mehr als 0.3 mSv pro Jahr erhalten kann (einschliesslich direkte Strahlung). Der Betreiber muss seine Emissionen erfassen und zuhnden der Behörde bilanzieren. Die monatlich gemeldeten Abgaben werden regelmässig durch parallele Messungen von Betreibern, HSK und BAG an Aerosol und Jodfiltern sowie Abwasserproben überprüft. Die verschiedenen Kontrollen haben bestätigt, dass die schweizerischen Kernkraftwerke die Jahres- und Kurzzeitabgabegrenzen 2008 eingehalten haben.

Die Ergebnisse des Überwachungsprogramms der Immissionen zeigen in der Umgebung der Kernkraftwerke nur einen geringen Einfluss auf die Umwelt. Mit hochempfindlichen Messmethoden konnten Spuren der Abgaben an



Figur 2:
 ^{137}Cs und ^{40}K (natürlichen Ursprungs) in den 2008 vom BAG untersuchten Bodenproben (getrocknet und gesiebt)



Figur 3:

Kontrolle der Ortsdosisleistung durch das BAG im Jahr 2008 in der Umgebung der Kernkraftwerke. Zum Vergleich sind die in Fribourg gemessenen Werte angegeben. Die an gewissen Stellen in der Umgebung des Kernkraftwerks Mühleberg registrierten erhöhten Werte sind durch grössere Konzentrationen von natürlichem ^{40}K im Boden bedingt (siehe Fig. 2).

die Atmosphäre festgestellt werden, etwa erhöhte Werte für ^{14}C im Laub (maximale Erhöhung gegenüber der Referenzstation von rund 150 Promille in der Umgebung des Kernkraftwerks Leibstadt) oder vereinzelt Spuren von ^{60}Co in den Aerosolfiltern in der Umgebung von Mühleberg (maximal $1 \mu\text{Bq pro m}^3$). Zur Orientierung: Eine zusätzliche ^{14}C -Aktivität von 100 Promille in den Lebensmitteln würde zu einer zusätzlichen jährlichen Dosis von einem Tausendstel Mikrosievert führen. In den Flüssen sind die Auswirkungen der flüssigen Abgaben der Kernkraftwerke namentlich im Fall der Kobalt-Isotope sowie beim ^{54}Mn im Wasser und Sediment messbar. Leicht erhöhte Tritium-Werte im Bereich von 6 bis 8 Bq pro Liter ergaben sich sporadisch in der Aare und im Rhein. Die Radioaktivitätsmessungen im Boden und in den Lebensmitteln zeigten keinen Einfluss der Kernkraftwerke.

An einigen Stellen entlang der Umzäunung der Kernkraftwerke Mühleberg und Leibstadt war zudem die Direktstrahlung nachweisbar. Die daraus resultierenden Dosen für die Bevölkerung in der Umgebung lagen jedoch deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten und sind somit für die Gesundheit nicht relevant.

Mit Ausnahme der erwähnten Beispiele ergaben die Umweltmessungen keine Unterschiede gegenüber Orten ausserhalb des Einflussbereichs der Kernkraftwerke (siehe auch Figuren 2 und 3). Die natürliche Radioaktivität dominiert demnach, und die messbaren Kontaminationen sind vorwiegend eine Folge der Kernwaffenversuche in den 60er-Jahren und des Reaktorunfalls in Tschernobyl (^{137}Cs).

Im Vergleich zur Belastung durch natürliche Quellen oder medizinische Anwendungen führen die Emissionen der Kernkraftwerke für die Bevölkerung nur zu sehr geringen Strahlendosen. Trotzdem gebietet der Grundsatz der Optimierung, dass die Kontrollen und die Studien sorgfältig weitergeführt werden, um den verschiedenen wissenschaftlichen und gesetzlichen Zielsetzungen Rechnung zu tragen und die Öffentlichkeit optimal informieren zu können.

Überwachung der Forschungszentren

Das Paul Scherrer Institut (PSI) verfügt über insgesamt zehn Emissionsquellen. Die Abgaben dürfen bei der Bevölkerung in der Umgebung gesamthaft nicht mehr als eine Dosis von 0.15 mSv pro Jahr verursachen. Die tatsächlichen Emissionen führten 2008 zu Dosen unter 5% dieses Wertes. Die Umgebungsüberwachung erfolgt durch das PSI sowie – unabhängig davon – durch zusätzliche Messungen der Behörden. Infolge des Wechsels eines Targets am PSI West wurden im September 2008 erhöhte Tritium-Konzentrationen in den Niederschlägen (ca. 50 Bq/l) festgestellt. Diese Werte sind radiologisch jedoch unbedeutend. Abgesehen von dieser Ausnahme ist von keinen besonderen Messergebnissen zu berichten.

Was das CERN betrifft, hat die interne Emissionskontrolle der Anlagen durch die Sicherheitskommission des CERN gezeigt, dass die tatsächlichen Abgaben 2008 ebenfalls deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten lagen. Dies bestätigt auch das unabhängige Überwachungsprogramm des BAG, das in der Umgebung des Forschungszentrums durchgeführt wurde. Die Messergebnisse zeigten sporadisch Spuren von ^{24}Na , ^{131}I und ^{41}Ar in der Luft, die in den Beschleunigern des CERN erzeugt werden. Die Strahlenbelastung durch das CERN ist für die Umwelt und die Bevölkerung in der Umgebung nach wie vor gering, da die maximalen Aktivitäten der Radioisotope, die auf die Tätigkeit des CERN zurückzuführen sind, weniger als 1 Prozent des in der Schweiz geltenden Immissionsgrenzwerts erreichen.

Tritium aus der Uhrenindustrie

Auch Industriebetriebe setzen radioaktive Stoffe ein. In gewissen Unternehmen wird zum Beispiel Tritium zur Herstellung von Leuchtfarben für die Uhrenindustrie sowie für Tritiumgas-Leuchtquellen verwendet. Gelegentlich kommen weitere Radionuklide zum Einsatz, aber nur in sehr geringen Mengen. Diese Unternehmen sind ebenfalls verpflichtet, ihre Emissionen der Aufsichtsbehörde zu melden. In den letzten Jahren erreichten diese Abgaben 10 bis 30% der Grenzwerte. Das BAG führt ein spezifisches Überwachungsprogramm zur Kontrolle der Immissionen in der Umgebung dieser Betriebe durch. Auf Tritium untersucht werden Niederschläge, Luftfeuchtigkeit und Gewässer. Bei den Leuchtfarbensetzatlern in La Chaux-de-Fonds werden auch die Rauchgaswaschwasser der Kehrlichtverbrennung und die Abwässer der Kläran-

lage analysiert. Abfalldéponien werden gezielt durch die Messung von Sickerwässern überwacht. Da immer mehr Uhrenhersteller auf die Verwendung von Tritiumleuchtfarbe verzichten, sind die Immissionen von Tritium aus der Uhrenindustrie im Jura in den vergangenen Jahren kontinuierlich zurückgegangen.

In der Nahumgebung von Betrieben, die Tritium verarbeiten, wurde 2008 für dieses Radionuklid eine maximale Konzentration von 1'600 Bq pro Liter in den Niederschlagsproben der Firma mb-microtec in Niederwangen/BE registriert (zweiwöchentliche Probe, Jahresmittelwert von 700 Bq pro Liter). Dies entspricht ca. 15% des Immissionsgrenzwertes der Strahlenschutzverordnung für öffentlich zugängliche Gewässer. Die Werte nehmen mit zunehmender Distanz deutlich ab, weshalb die Niederschläge in der weiteren Umgebung lediglich noch einige Bq Tritium pro Liter aufweisen. Proben von Milch sowie von verschiedenen Früchten und Gemüsen wurden auch in der Umgebung der Firma mb-microtec untersucht. Die Tritiumanalysen ergaben, dass der Toleranzwert von 1'000 Bq pro Liter nicht überschritten wurde. Konkret lagen die Tritiumkonzentrationen in den Destillaten der geprüften Produkte in einer Bandbreite von 15 bis 25 Bq pro Liter für Milch (3 Stichproben) und zwischen 15 und 150 Bq pro Liter für Früchte und Gemüse (7 Stichproben).

Emissionen von Radionukliden aus den Spitälern

In Spitälern wird bei der Diagnostik und Behandlung von Schilddrüsenerkrankungen ^{131}I verwendet, in geringeren Mengen kommen zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken auch andere Radionuklide zum Einsatz. Bei der Jod-Therapie dürfen Patienten, die mit weniger als 200 MBq (1 Mega-Bq = 10^6 Bq) ambulant behandelt werden, nach der Therapie das Spital verlassen. Bei über 200 MBq müssen die Patienten mindestens während der ersten 48 Stunden in speziellen Zimmern isoliert werden. Die Ausscheidungen dieser Patienten werden in speziellen Abwasserkontrollanlagen gesammelt und erst nach Abklingen unter die bewilligten Konzentrationen an die Umwelt abgegeben. Nach Art. 102 der Strahlenschutzverordnung darf die Konzentration von ^{131}I bei der Abgabe in öffentlich zugängliche Gewässer 10 Bq pro Liter nicht übersteigen. Im Rahmen der Umgebungsüberwachung werden wöchentliche Sammelproben von Abwasser aus den Kläranlagen der grösseren Agglomerationen auf ^{131}I untersucht. Die Messungen haben gezeigt, dass in den Abwasserproben manchmal Spuren von ^{131}I nachweisbar sind, diese jedoch deutlich unter den Immissionsgrenzwerten gemäss Strahlenschutzverordnung liegen.

Allgemeine Überwachung: Luft, Niederschläge, Gewässer, Boden, Gras, Milch und andere Lebensmittel

Das automatische Überwachungsnetz für die Radioaktivität der Luft (RADAIR) hat die Aufgabe, bei einer Zunahme der Radioaktivität in der Atmosphäre rasch zu alarmieren. Dank einer guten Wartung funktionierte das Netz 2008 ohne Unterbruch. Parallel zum Warnsystem RADAIR betreibt das BAG ein Netz von Hoch-Volumen-Aerosolsammlern zur Bestimmung der effektiven Radioaktivitätskonzentrationen in der Luft. Die Ergebnisse dieser Messungen sind auf dem Internet verfügbar (www.str-rad.ch) und zeigen, dass die Radioaktivität der Luft vorwiegend auf natürliche Radionuklide zurückgeht, namentlich auf ^7Be , ^{210}Pb sowie weitere Folgeprodukte der natürlichen Uran-Zerfallsreihe. Bei den Niederschlägen herrscht das von der

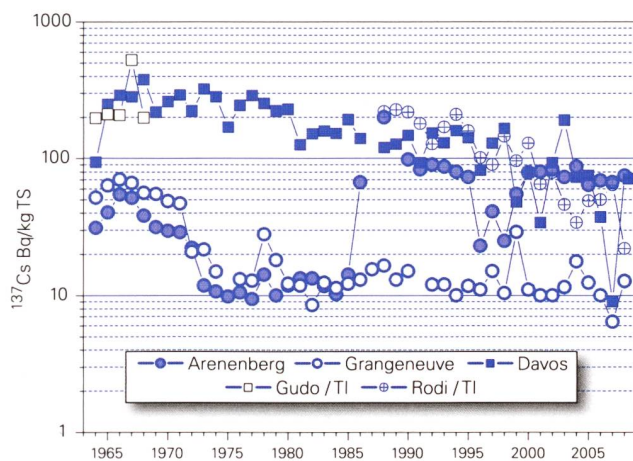
kosmischen Strahlung erzeugte natürliche Tritium vor. In den Flüssen beträgt der natürlich bedingte Tritiumgehalt in der Regel wenige Bq pro Liter.

^{14}C wird während der Wachstumsphase von Pflanzen bei der Assimilation von Kohlendioxid aus der Luft aufgenommen. Gegenüber dem natürlichen, von der kosmischen Strahlung erzeugten ^{14}C führten die Kernwaffenversuche in den 1960er Jahren zu einer Verdoppelung. Seither nahm der ^{14}C -Gehalt wieder ab und liegt heute nur noch wenige Prozent über dem natürlichen Wert (mit Ausnahme der Nahumgebung einiger Kernkraftwerke, siehe Abschnitt «Überwachung in der Umgebung von Kernanlagen»).

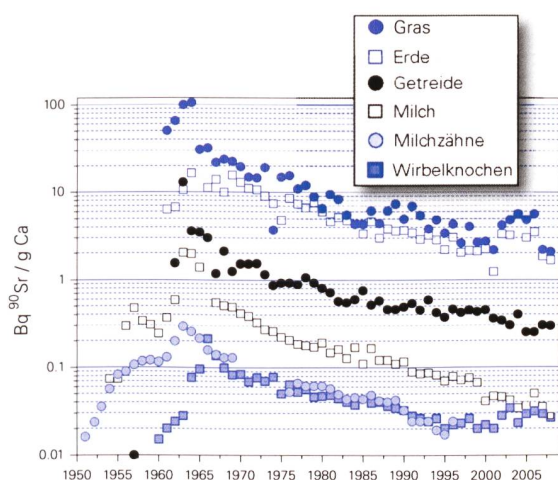
Auf dem Erdboden akkumulieren sich sämtliche Ablagerungen aus der Luft. Auch hier dominiert die natürliche Radioaktivität (Radionuklide der Uran- und Thorium-Zerfallsreihen sowie ^{40}K). Die künstlichen Isotope zeigen regionale Unterschiede, die mit der unterschiedlichen Ablagerung aus den oberirdischen Kernwaffenversuchen und dem Reaktorunfall Tschernobyl zusammenhängen. In den Alpen und Südalpen sind die Werte von ^{137}Cs (siehe Figur 4) und ^{90}Sr immer noch etwas höher als im Mittelland. Künstliche Alphastrahler wie ^{239}Pu und ^{240}Pu sowie ^{241}Am treten im Boden nur in sehr geringen Spuren auf.

Auch in Gras- und Lebensmittelproben dominiert das natürliche ^{40}K . Künstliche Radionuklide wie ^{137}Cs oder ^{90}Sr (siehe Figur 5), die von den Pflanzen über die Wurzeln aufgenommen werden, sind im Gras nur noch in Spuren vorhanden. Die regionale Verteilung ist dabei ähnlich wie im Boden. Getreideproben zeigten keine nennenswerten Aktivitäten. Bei der Kuhmilch lag der ^{137}Cs -Gehalt meist unter der Nachweisgrenze; einzige Ausnahme bilden die zwei Proben aus dem Tessin, welche mit rund 20 Bq ^{137}Cs pro Liter über dem Toleranzwert von 10 Bq pro Liter lagen. Diese Proben wurden in den Tessiner-Bergen, das heisst in dem beim Tschernobyl-Unfall am stärksten betroffenen Gebiet der Schweiz, erhoben. Die ^{90}Sr -Konzentration lag dabei mit maximal 0.3 Bq/l unter dem Toleranzwert.

Gewisse einheimische Pilze wie Röhrlinge und Zigeunerpilze wiesen noch einen erhöhten Gehalt an ^{137}Cs auf. Es lagen aber keine Messwerte über dem Toleranzwert von 600 Bq pro kg vor. Dies trifft auch für die importierten Pilze zu. In keinen weiteren einheimischen Lebensmitteln konnten künstliche Aktivitäten nachgewiesen werden.



Figur 4:
 ^{137}Cs in Bodenproben verschiedener Stationen der Schweiz (1964 – 2008)



Figur 5:
 ^{90}Sr in verschiedenen Proben aus den Jahren 1950 – 2008

Messungen am menschlichen Körper

Die Aufnahme von Radionukliden über die Nahrung lässt sich durch Ganzkörpermessungen und die Analyse des ^{90}Sr -Gehalts in Milchzähnen und Wirbelknochen von Menschen bestimmen. Die jährlich durchgeführten Ganzkörpermessungen an Schulkindern in Genf ergaben ^{137}Cs -Werte, die unter der Nachweisgrenze von 10 Bq lagen. Für das natürliche ^{40}K hingegen wurden Werte von rund 3'200 Bq bei den Frauen und 4'500 Bq bei den Männern gemessen. Die ^{90}Sr -Konzentration in den Wirbelknochen und Milchzähnen lag bei einigen Hundertstel Bq pro Gramm Kalzium (Figur 5). Strontium wird vom menschlichen Körper ebenso wie Kalzium in Knochen und Zähnen eingelagert. Die Wirbelknochen werden als Indikator für die Kontamination des Skeletts herangezogen, weil diese Knochen eine besonders ausgeprägte Schwammstruktur aufweisen und rasch Kalzium über das Blutplasma austauschen. An Wirbelknochen von im laufenden Jahr verstorbenen Personen lässt sich das Ausmass der Kontamination der Nahrungskette mit ^{90}Sr eruieren. Die Milchzähne wiederum bilden sich in den Monaten vor der Geburt und während der Stillphase. Der Strontiumgehalt wird gemessen, wenn der Milchzahn von selbst ausfällt. Er gibt im Nachhinein einen Anhaltspunkt darüber, wie stark die Nahrungskette der Mutter zum Zeitpunkt der Geburt des Kindes kontaminiert war. Die in den Milchzähnen gemessenen Strontiumwerte (Figur 5) sind deshalb nach Geburtsjahr der Kinder aufgeführt. Dies erklärt, weshalb die Kurven für Milchzähne und für Milch beinahe parallel verlaufen.

Beurteilung

Radioaktivitätswerte und Strahlendosen unter den gesetzlichen Grenzwerten

In der Schweiz lagen die Radioaktivitätswerte in der Umwelt sowie die Strahlendosen der Bevölkerung aus künstlichen Strahlenquellen 2008 wie in den Vorjahren unter den gesetzlichen Grenzwerten. Das entsprechende Strahlenrisiko ist daher klein geblieben.

Bei der natürlichen und der künstlichen Umweltradioaktivität bestehen regionale Unterschiede. Die natürliche Radioaktivität wird im Wesentlichen durch die Geologie beeinflusst, aber auch der Anteil von künstlicher Radioaktivität als Folge der Atomwaffenversuche und des Reaktorunfalls von Tschernobyl war nicht homogen über das Land verteilt. Radioaktives ^{137}Cs aus Tschernobyl fiel beispielsweise vornehmlich im Tessin aus und ist dort heute noch in vielen Proben messbar. Die gemessenen Konzentrationen sind aber seit 1986 stetig abnehmend. So sind im Berichtsjahr keine Überschreitungen von Grenzwerten für dieses Radioisotop aufgetreten.

Bei der Umgebungsüberwachung von Kernkraftwerken sowie von Industriebetrieben und Forschungsanstalten, die mit radioaktiven Stoffen arbeiten, konnten 2008 unter anderem Spuren von ^{131}I (CERN), ^{14}C (Kernkraftwerke) und Tritium (Tritium verarbeitende Industrie) in der Umwelt nachgewiesen werden. Die Abgaben, die zu diesen erhöhten Werten führten, lagen aber klar innerhalb der erlaubten Limiten und haben keine Überschreitung von Immissionsgrenzwerten verursacht. Somit kann auch eine zusätzliche Strahlenbelastung der örtlichen Bevölkerung ausgeschlossen werden. Die Befunde können als Bestätigung für die Wirksamkeit der Überwachungstätigkeit ge- deutet werden.

Chapitre 1.3

Surveillance de l'environnement:

Résumé

S. Estier, P. Steinmann

Section Radioactivité de l'environnement (URA), OFSP, 3003 Berne

Tâches

Surveillance des rayonnements ionisants et de la radioactivité dans l'environnement

Conformément aux art. 104 à 106 de l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP), l'OFSP est responsable de la surveillance des rayonnements ionisants et de la radioactivité dans l'environnement.

Ce programme de surveillance comporte deux volets. Il a d'une part pour objectif la connaissance des niveaux de référence de la radioactivité dans l'environnement en Suisse et de ses fluctuations. Le suivi des anciennes contaminations provenant des essais nucléaires atmosphériques américains et soviétiques des années 50 et 60 ainsi que de l'accident de Tchernobyl font partie de cette surveillance dite générale.

D'autre part, le programme de surveillance doit permettre de déterminer l'impact sur l'environnement et sur la population avoisinante des sources potentielles de rayonnements que sont les centrales nucléaires, les centres de recherche et les entreprises utilisant des substances radioactives. Cette surveillance spécifique, focalisée sur le voisinage proche de ces installations, s'effectue en collaboration avec les autorités de surveillance respectives, la Division principale de la sécurité des installations nucléaires (DSN*) pour les centrales nucléaires, la Suva pour les industries. Elle commence par le contrôle des émissions (rejets effectifs de substances radioactives) de ces entreprises et se poursuit par la surveillance de leurs immissions (concentrations effectivement mesurées) dans l'environnement.

Afin de répondre à ce double objectif, l'OFSP élabore chaque année un programme de prélèvements d'échantillons et de mesures en collaboration avec la DSN, la Suva et les cantons. Il coordonne ce programme de surveillance, auquel participent également d'autres laboratoires de la Confédération et divers instituts universitaires. Il collecte et interprète l'ensemble des données, et publie annuellement les résultats de la surveillance de la radioactivité ainsi que les doses de rayonnement qui en résultent pour la population.

Programme de mesure

Le programme de surveillance couvre de nombreux compartiments environnementaux, qui vont de l'air aux denrées alimentaires (notamment le lait), en passant par les précipitations, le sol, l'herbe, les eaux superficielles et

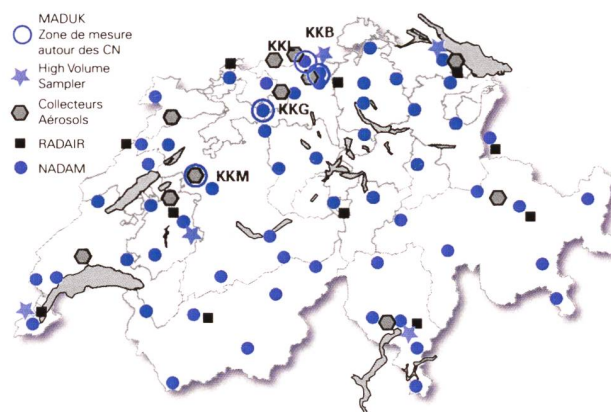


Figure 1:
Réseaux de mesure pour la surveillance de l'air en Suisse (débit de dose et aérosols)

* depuis le 1.1.2009: IFSN: Inspection fédérale de la sécurité nucléaire

souterraines, les eaux potables et les sédiments. Des mesures sur site (spectrométrie gamma in situ) complètent ces analyses en permettant de mesurer directement la radioactivité déposée au sol. Le contrôle en fin de chaîne de contamination est réalisé par des analyses de la radioactivité assimilée dans le corps humain.

A ce programme général s'ajoute l'analyse d'échantillons en phase de rejet provenant des centrales nucléaires, des eaux de stations d'épuration et de décharges ou encore des eaux de lavage des fumées d'usines d'incinération.

Des réseaux automatiques de mesure (figure 1) enregistrent le débit de dose ambiant gamma dans tout le pays (réseau automatique NADAM de mesure et d'alarme pour l'irradiation ambiante) et en particulier au voisinage des centrales nucléaires (réseau automatique de surveillance du débit de dose au voisinage des centrales nucléaires, MADUK), ainsi que la radioactivité des aérosols (Réseau Automatique de Détection dans l'Air d'Immissions Radioactives, RADAIR). Des prélèvements d'échantillons d'aérosols, de précipitations et d'eaux de rivière sont effectués en continu ; la surveillance des sédiments, du sol, de l'herbe, du lait et des denrées alimentaires (y compris les importations) s'effectue dans le cadre de contrôles par sondage. Les données sont enregistrées dans une banque de données nationale administrée par l'OFSP. Un choix de résultats est disponible sur Internet: www.str-rad.ch. Les programmes de surveillance sont comparables à ceux en vigueur dans les pays voisins. Les techniques d'échantillonnage et les programmes de mesure correspondent à l'état actuel des connaissances et de la technique. Le contrôle de la qualité s'effectue par la participation régulière des laboratoires à des intercomparaisons nationales et internationales.

Activités et résultats

Surveillance autour des centrales nucléaires

Les valeurs limites pour les émissions des centrales nucléaires sont fixées par l'autorité compétente de telle sorte qu'aucune personne résidant à proximité ne puisse recevoir une dose effective supérieure à 0.3 mSv/an (rayonnement direct compris). L'exploitant doit mesurer ses émissions et en communiquer le bilan à la DSN. Des analyses effectuées en parallèle par l'exploitant, la DSN et l'OFSP sur des filtres à aérosols et à iode ainsi que sur des échantillons d'eau en phase de rejet permettent de vérifier régulièrement les valeurs déclarées aux autorités. Les divers contrôles ont confirmé le respect des limites réglementaires par les exploitants en 2008.

Les résultats du programme de surveillance des immissions, coordonné par l'OFSP autour des centrales nucléaires, ont montré que l'impact de ces dernières sur l'en-

vironnement est resté faible en 2008. Les méthodes de mesure mises en œuvre, d'une grande sensibilité, ont permis de mettre en évidence les traces des rejets atmosphériques, comme des valeurs accrues de ^{14}C dans les feuillages (augmentation maximale, par rapport à la station de référence, de 150 pour mille aux environs de la centrale de Leibstadt) et la présence de ^{60}Co dans les filtres aérosols du voisinage de la centrale de Mühleberg (maximum de $1\text{ }\mu\text{Bq/m}^3$). A titre indicatif, notons qu'une activité supplémentaire de 100 pour mille de ^{14}C dans les denrées alimentaires induit une dose annuelle supplémentaire de l'ordre de $1\text{ }\mu\text{Sv}$. Dans les rivières, l'impact

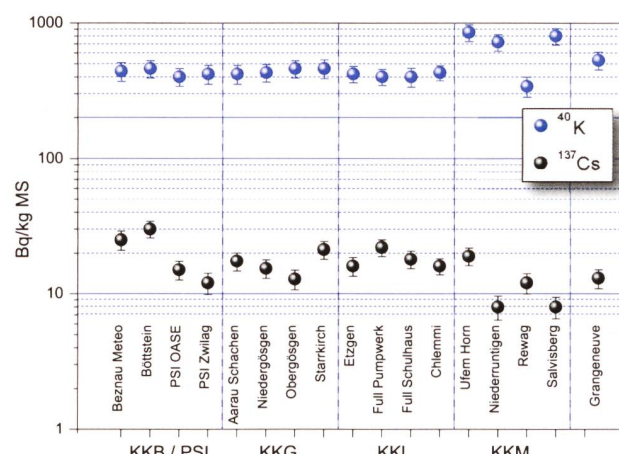


Figure 2: ^{137}Cs et ^{40}K (naturel) mesurés dans les sols secs et tamisés examinés par l'OFSP en 2008

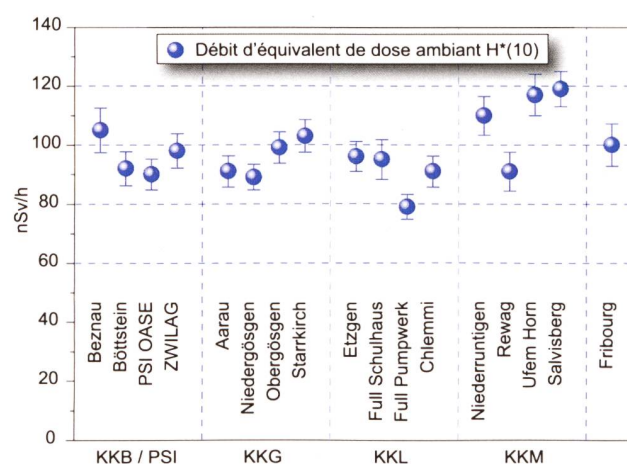


Figure 3: Contrôle du débit de dose ambiant effectué en 2008 par l'OFSP autour des centrales nucléaires. La valeur mesurée à Fribourg est représentée à titre comparatif. Les valeurs plus élevées relevées en certains points des alentours de la centrale de Mühleberg sont dues à des concentrations accrues en ^{40}K naturel dans le sol (voir figure 2).

des rejets liquides des centrales nucléaires se mesure en particulier pour les isotopes du cobalt ainsi que pour le ^{54}Mn dans les eaux et les sédiments. Des valeurs de tritium légèrement accrues, de l'ordre de 6 à 8 Bq/l, ont été mesurées sporadiquement dans l'Aar et le Rhin. Les mesures de radioactivité dans le sol et dans les denrées alimentaires n'ont pas permis de mettre en évidence une influence des centrales nucléaires.

Le rayonnement direct a également été détecté en certains points de la clôture des centrales de Leibstadt et de Mühleberg. Les doses qui en résultent pour la population avoisinante sont toutefois restées nettement au-dessous des limites réglementaires et donc sans conséquence pour la santé.

Hormis les exemples précités et comme le montrent les figures 2 et 3, les résultats des mesures environnementales ne se distinguent pas de ceux relevés dans les endroits situés hors de l'influence des centrales nucléaires. Ils montrent que la radioactivité d'origine naturelle prédomine et que les contaminations détectables proviennent principalement des essais nucléaires des années 60 et de l'accident de Tchernobyl (^{137}Cs).

Cependant, même si l'exposition de la population attribuable aux rejets des centrales nucléaires conduit à des doses très faibles par rapport à celles d'origine naturelle ou médicale, le principe d'optimisation demande de poursuivre les contrôles et les études avec le plus de précision possible, afin de répondre aux différents objectifs à la fois d'ordre scientifique, réglementaire et d'information du public.

Surveillance des centres de recherche

L'Institut Paul Scherrer (PSI) compte dix sources d'émission. La dose d'irradiation reçue par la population avoisinante ne doit pas excéder, au total, 0.15 mSv par an. En 2008, les rejets effectifs du PSI ont entraîné des doses inférieures à 5% de cette valeur. La surveillance de l'environnement est assurée par le PSI ainsi, que par des mesures supplémentaires effectuées de manière indépendante par les autorités. Suite au changement d'une cible au PSI West, des concentrations élevées en tritium ont été enregistrées dans les précipitations (env. 50 Bq/l). De telles valeurs sont cependant sans conséquences sur le plan sanitaire. Hormis cette exception, aucun résultat de mesure particulier n'est à relever.

Le contrôle des émissions des installations du CERN, effectué par la Commission de sécurité du CERN, a montré que les rejets effectifs se sont situés en 2008 nettement en dessous des limites réglementaires. Ce constat est confirmé par le programme de surveillance indépendant mis en œuvre par l'OFSP autour du centre de recherche. Les résultats des mesures effectuées ont révélé la présence de traces sporadiques de certains radio-isotopes produits par les accélérateurs du CERN, notamment le

^{24}N , ^{131}I et ^{41}Ar dans l'air. L'impact radiologique du fonctionnement du CERN sur l'environnement et la population avoisinante est toutefois resté faible puisque les activités maximales des radioéléments attribuables au centre de recherche relevées dans l'environnement ont été inférieures à 1% des valeurs limites d'immissions suisses.

Tritium dans l'industrie horlogère

Certaines entreprises industrielles utilisent également des substances radioactives. Certaines d'entre elles ont par exemple recours au tritium pour la fabrication de peintures luminescentes destinées à l'industrie horlogère et de sources lumineuses au gaz de tritium. Il arrive qu'elles fassent également usage d'autres radionucléides, mais en quantités très faibles. Ces entreprises sont également tenues de communiquer à l'autorité de surveillance le bilan de leurs émissions. Au cours des dernières années, ces émissions ont atteint entre 10 et 30% des valeurs limites. L'OFSP met en œuvre un programme de surveillance spécifique pour contrôler les immissions autour de ces entreprises. Le tritium est ainsi analysé dans les précipitations, l'humidité de l'air et les eaux superficielles. Pour ce qui est des ateliers de posage de La Chaux-de-Fonds, spécialisés dans l'application de peintures luminescentes, le tritium est également analysé dans les eaux de lavage des fumées de l'usine d'incinération et dans les eaux usées de la station d'épuration locale. Les décharges sont surveillées de manière ciblée par l'analyse des eaux d'infiltration. De nombreux horlogers ayant renoncé à l'utilisation de peintures luminescentes à base de tritium, les immissions de tritium provenant de l'industrie horlogère du Jura ont nettement diminué ces dernières années.

La concentration maximale enregistrée en 2008 dans les précipitations collectées dans les environs d'une entreprise utilisatrice de tritium s'est élevée à 1'600 Bq/l (prélèvement bimensuel; valeur annuelle moyenne: 700 Bq/l). Cette valeur, mesurée à Niederwangen/BE, à proximité immédiate de l'entreprise mb-microtec, représente environ 15% de la valeur limite d'immissions fixée dans l'ordonnance sur la radioprotection pour les eaux accessibles au public. Dans un voisinage plus éloigné, les précipitations ne présentent plus que quelques Bq/l de tritium. Des échantillons de lait ainsi que de fruits et légumes divers ont également été prélevés au voisinage de l'entreprise mb-microtec. Les résultats montrent que la valeur de tolérance pour le tritium, à savoir 1'000 Bq/l, n'a pas été dépassée. En effet, les concentrations de tritium dans les distillats des produits récoltés se sont échelonnées entre 15 et 25 Bq/l pour le lait (3 échantillons) et entre 15 et 150 Bq/l pour les fruits et légumes (7 échantillons).

Emissions de radionucléides provenant des hôpitaux

Les hôpitaux utilisent de ^{131}I pour le diagnostic et le traitement de maladies de la thyroïde, ainsi que d'autres radionucléides en faibles quantités pour des applications diagnostiques et thérapeutiques. Les patients suivant une

thérapie à l'iode et ayant reçu moins de 200 MBq (1 méga Bq = 10^6 Bq) en ambulatoire peuvent quitter l'hôpital après la thérapie. Les patients ayant reçu plus de 200 MBq doivent être isolés dans des chambres spéciales pendant les premières 48 heures au moins suivant le traitement. Les excréments de ces patients sont collectés dans des récepteurs dédiés au contrôle des eaux usées et ne sont rejetées dans l'environnement qu'après diminution de leur activité en dessous des valeurs limites d'immissions. Selon l'art. 102 de l'ordonnance sur la radioprotection, la concentration d' ^{131}I dans les eaux accessibles au public ne doit pas dépasser 10 Bq/l. Dans le cadre de la surveillance de l'environnement, des échantillons d'eaux usées sont prélevés chaque semaine dans les stations d'épuration des grandes agglomérations et analysés afin de déterminer leur concentration en ^{131}I . Les résultats des mesures ont montré que même si des traces d' ^{131}I sont parfois détectées, les valeurs se situent nettement en dessous des valeurs limites d'immissions définies dans l'ordonnance sur la radioprotection.

Surveillance générale: air, précipitations, eaux, sols, herbes, lait et autres denrées alimentaires

Le réseau automatique de détection de la radioactivité dans l'air (RADAIR) a pour fonction de déclencher une alarme très rapidement en cas d'augmentation de la radioactivité. Grâce à une maintenance efficace, il a fonctionné sans interruption en 2008. Parallèlement au réseau d'alerte RADAIR, l'OFSP exploite un réseau de collecteurs d'aérosols à haut débit, afin de déterminer les niveaux réels de radioactivité dans l'air. Les résultats de ces mesures, qui sont disponibles sur Internet (www.str-rad.ch), montrent que la radioactivité de l'air provient pour l'essentiel des radionucléides naturels que sont le ^7Be , le ^{210}Pb , ainsi que d'autres éléments de la série de désintégration naturelle de l'uranium (produits de filiation du radon). Dans les précipitations, la radioactivité est principalement liée au tritium naturel produit par le rayonnement cosmique.

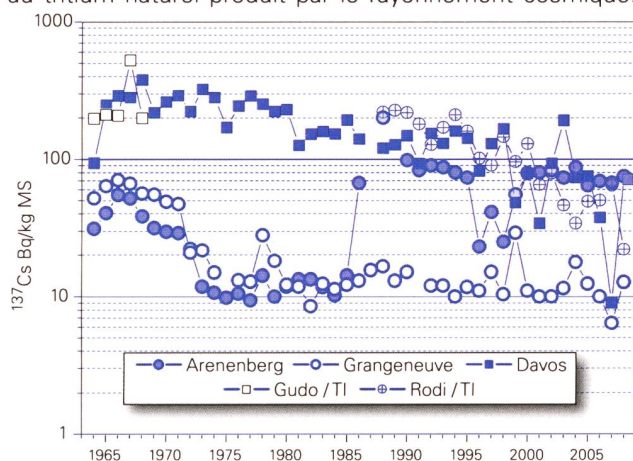


Figure 4:
 ^{137}Cs (en Bq/kg de matière sèche) dans les échantillons de sol de différentes stations de Suisse (1964 - 2008)

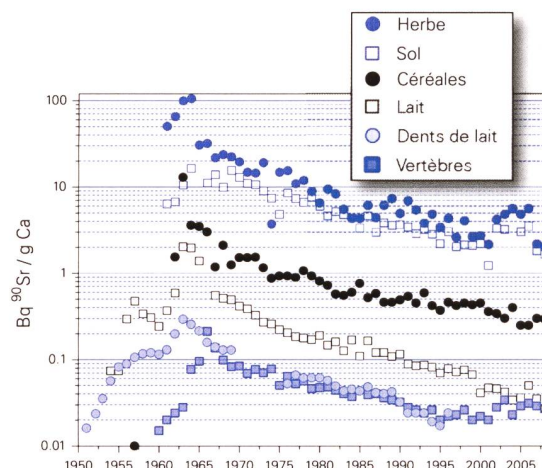


Figure 5:
 ^{90}Sr dans divers échantillons prélevés entre 1950 et 2008

Dans les rivières, la teneur en tritium est généralement de quelques Bq/l.

Le ^{14}C est assimilé par les plantes durant leur croissance via l'absorption du dioxyde de carbone contenu dans l'air. Les essais nucléaires atmosphériques des années 60 avaient impliqué un doublement de la concentration du ^{14}C dans l'atmosphère par rapport à sa production naturelle due au rayonnement cosmique. Depuis lors, la teneur en ^{14}C a constamment diminué et son niveau actuel ne se trouve plus qu'à un pourcentage infime au-dessus de la valeur naturelle (à l'exception du voisinage des centrales nucléaires, cf. paragraphe «Surveillance du voisinage des centrales nucléaires»).

Dans le sol, qui constitue un bon intégrateur des dépôts atmosphériques, la radioactivité naturelle est également prédominante: on y mesure les éléments de la série de désintégration de l'uranium et du thorium ainsi que le ^{40}K . Les isotopes artificiels montrent des différences régionales, liées aux particularités des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Dans les Alpes et le sud des Alpes, les valeurs relevées pour le ^{137}Cs (voir figure 4) et le ^{90}Sr sont toujours légèrement supérieures à celles du Plateau. Quant aux émetteurs alpha artificiels, comme le ^{239}Pu et le ^{240}Pu et l' ^{241}Am , il n'en subsiste que d'infimes traces dans le sol.

Dans l'herbe et les denrées alimentaires, c'est aussi le ^{40}K naturel qui domine. Les radionucléides artificiels comme le ^{137}Cs ou le ^{90}Sr (voir figure 5), qui sont absorbés par les plantes à travers leurs racines, ne sont actuellement décelables dans l'herbe que sous forme de traces. Leur répartition régionale est similaire à celle enregistrée pour le sol. Les échantillons de céréales n'ont pas présenté d'activité significative. Dans le lait de vache, la teneur en

^{137}Cs est généralement restée inférieure à la limite de détection; les seules valeurs accrues, atteignant 18 Bq/l, et dépassant donc la valeur de tolérance fixée à 10 Bq/l pour ce radionucléide dans le lait, ont été mesurées dans deux échantillons prélevés dans les montagnes tessinoises. Rappelons que cette région a été l'une des plus touchées de Suisse par les retombées radioactives qui ont suivi l'accident de Tchernobyl. Les teneurs en ^{90}Sr dans les mêmes échantillons ont atteint au maximum 0.3 Bq/l et sont donc restées inférieures à la valeur de tolérance.

Certains champignons sauvages indigènes, notamment les bolets bails et les pholiotas ridées, présentent toujours des valeurs accrues de ^{137}Cs . Aucun dépassement de la valeur de tolérance de 600 Bq/kg n'a toutefois été enregistré. Ce constat s'applique également aux champignons importés. Les autres denrées alimentaires indigènes analysées n'ont montré aucune activité artificielle.

Radioactivité assimilée par le corps humain

L'assimilation de radionucléides par l'intermédiaire de la nourriture peut être recensée par des mesures au corps entier et par des analyses de la teneur en ^{90}Sr dans les dents de lait et les vertèbres humaines. Des mesures au corps entier réalisées sur des collégiens de Genève ont montré des valeurs de ^{137}Cs inférieures à la limite de détection de 10 Bq. Le ^{40}K naturel atteint en revanche environ 3'200 Bq chez les femmes et 4'500 Bq chez les hommes. La teneur en ^{90}Sr dans les vertèbres et les dents de lait n'atteint plus que quelques centièmes de Bq/g de calcium (figure 5). Notons que ces valeurs sont proches des limites de détection. Les fluctuations observées ces dernières années reflètent ainsi davantage l'augmentation de l'incertitude expérimentale liée à la diminution des niveaux de radioactivité plutôt que des variations réelles de la teneur en ^{90}Sr . Le strontium est assimilé par le corps humain comme le calcium dans les os et les dents. Les vertèbres sont choisies comme indicateur de la contamination du squelette car ce sont des os particulièrement spongieux, échangeant rapidement le calcium avec le plasma sanguin. Le prélèvement de vertèbres sur des personnes décédées dans l'année en cours permet de déterminer le niveau de contamination de la chaîne alimentaire en ^{90}Sr . La formation des dents de lait débute, quant à elle, dans les mois qui précèdent la naissance et se poursuit durant la période d'allaitement. La mesure du strontium s'effectue lorsque la dent de lait tombe d'elle-même. Elle donne une indication rétroactive de la contamination de la chaîne alimentaire de la mère à l'époque de la naissance de l'enfant. Les valeurs de strontium mesurées dans les dents de lait sont donc répertoriées en fonction de l'année de naissance de l'enfant. Ceci explique que les courbes relatives aux dents de lait et au lait montrent une évolution pratiquement parallèle (figure 5).

Evaluation

Niveaux de radioactivité et doses de rayonnements inférieures aux limites légales

En Suisse, les concentrations radioactives dans l'environnement et les doses d'irradiation de la population provenant de sources de rayonnements artificielles sont restées en 2008, comme les années précédentes, inférieures aux limites légales; le risque sanitaire correspondant peut donc être considéré comme faible.

Il existe des différences régionales de répartition de la radioactivité naturelle et artificielle dans l'environnement. Si la radioactivité naturelle est essentiellement influencée par la géologie, la part de radioactivité artificielle, comme conséquence des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl, n'est pas non plus distribuée de façon homogène sur le territoire. En Suisse, le ^{137}Cs radioactif de Tchernobyl a, par exemple, été principalement déposé au Tessin où il est encore présent dans de nombreux échantillons. Les concentrations mesurées diminuent néanmoins régulièrement depuis 1986. Ainsi, aucun dépassement des valeurs limites n'a été enregistré pour ce radio-isotope au cours de l'année sous revue.

Dans le cadre de la surveillance du voisinage des centrales nucléaires, des centres de recherche et des industries travaillant avec des substances radioactives, des traces d' ^{131}I (CERN) ainsi que des concentrations plus élevées de ^{14}C (centrales nucléaires) ou de tritium (industries de traitement du tritium) ont, entre autres, pu être décelées en 2008 dans l'environnement. Les rejets à l'origine de la présence (accrue) de ces radionucléides étaient toutefois nettement inférieurs aux valeurs autorisées et n'ont entraîné aucun dépassement des valeurs limites d'immisions. Les conséquences radiologiques liées au fonctionnement de ces installations pour la population avoisinante sont donc restées très faibles. Les traces de radioactivité artificielle décelée témoignent de l'efficacité des programmes de surveillance mis en œuvre.

