

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: - (1998)

Rubrik: Das Messprogramm zur 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>

1. Das Messprogramm zur Überwachung der Umweltradioaktivität in der Schweiz

H. Völkle

Sektion Überwachung der Radioaktivität (SUER),
Bundesamt für Gesundheit, Ch. du Musée 3,
1700 FRIBOURG

Radioaktive Stoffe, ob natürliche oder anthropogene, breiten sich über Atmosphäre, Niederschläge und Gewässer in der Umwelt aus. In der Luft und nach Ablagerung auf dem Erdboden führen sie zu externen und nach Aufnahme über die Atemluft zu internen Strahlendosen. Über Niederschläge, Gewässer, Boden, Pflanzen gelangen sie in die Nahrung und damit auch in den menschlichen Körper. Da diese Transport- und Anreicherungs Vorgänge vielfältig sind und diesbezügliche Prognosen mit Unsicherheiten behaftet sind, muss die Überwachung sämtliche Stufen der radiologischen Belastungskette erfassen, also Ortsdosen, Luft, Regen, Gewässer, Boden, Pflanzen, Nahrung bis zur Bestimmung der Radioaktivität im menschlichen Körper als Endkontrolle.

Die Radioaktivitätsüberwachung verfolgt drei **Hauptziele**:

- **Überwachung der grossräumigen Ausbreitung und Verteilung der künstlichen Umweltradioaktivität.**
- **Überwachung radioaktiver Immissionen** in der Umgebung von Kernanlagen, sowie Radioisotope-verarbeitenden Industriebetrieben, Forschungsinstituten und Spitälern.
- Die Bestimmung der **Strahlendosen der Bevölkerung** aus künstlichen und natürlichen Quellen.

1.1 Das Überwachungsprogramm

Am Messprogramm sind Laboratorien und Fachstellen des Bundes, der Hochschulen und der Kantone, insbesondere die Kantonslaboratorien für die Überwachung der Lebensmittel, beteiligt (siehe Seiten I und II). Es umfasst, nebst den Spezialprogrammen für die Überwachung von Kernanlagen (*siehe Kap. 8*) und Betrieben (*siehe Kap. 9*), die folgenden Bereiche:

1. **Ortsdosen und in-situ-Spektrometrie:** Die Strahlendosen im Freien werden an 58 Stationen mit dem automatischen Überwachungsnetz **NADAM** gemessen. Dieses Netz wird von der Nationalen Alarmzentrale NAZ betrieben und ist in erster Linie ein Warnnetz für den Fall erhöhter Radioaktivität (*siehe Kap. 3.2*). In der Nahumgebung der Kernanlagen betreibt die HSK lokale, automatische Überwachungsnetze (**MADUK**) für die Ortsdosen mit jeweils 12 bis 18 Stationen je KKW-Standort (*siehe Kap. 8.2*).

Weitere Messungen der Ortsdosen im Freien zur Erfassung der Tschernobyl-Beiträge und der natürlichen Radioaktivität werden in der Umgebung der Kernanlagen durchgeführt (*siehe Kap. 3.1 und 3.4*).

Bei der in-situ-Spektrometrie wird das Spektrum der externen Gammastrahlung direkt vor Ort in der Umgebung der KKW sowie an weiteren Stellen im ganzen Lande erfasst. Aus den Gamma-Spektren kann, ohne den Umweg über die Labormessung, der Radio-

nuklidgehalt des Bodens (pro kg oder pro m² Fläche) direkt bestimmt und die daraus resultierenden Ortsdosen berechnet werden (*siehe Kap. 3.1 und 3.4*).

- Luft:** Aerosolproben werden an 12 Stationen kontinuierlich gesammelt. Die Filter werden wöchentlich gewechselt und können im Labor u.a. gammaspektrometrisch untersucht werden. Bei diesen Sammelgeräten beträgt der Luftdurchsatz 30 bis 50 m³/Stunde; für Monatsproben wird eine Nachweisgrenze für Gammastrahler von 1 micro-Bq/m³ erreicht. Einige dieser Geräte sind in unmittelbarer Umgebung von Kernkraftwerken aufgestellt. An vier Standorten sind Hoch-Volumen-Aerosolsammler mit einem Luft-Durchsatz von 500 bis 800 m³/h im Einsatz. In Verbindung mit der Low-Level-Gammaspektrometrie wird bei diesen Filtern für Wochenproben eine Nachweisgrenze bezogen auf ¹³⁷Cs von wenigen Zehnteln micro-Bq/m³ erreicht. Damit lassen sich sowohl natürliche Radionuklide wie ⁷Be oder ²¹⁰Pb, aber auch grossräumig verbreitete, künstliche (d.h. antropogene) Radionuklide wie beispielsweise ¹⁴⁰La oder ¹³¹I in geringsten Mengen erfassen. Diese Stationen befinden sich in Güttingen (TG), Oberschrot bei Plaffeien (FR), Monte-Ceneri (TI) und beim CERN in Genf (*siehe Kap. 4.1 und 8.3*). In Luftproben vom Jungfrauoch wird das radioaktive Edelgas ⁸⁵Kr bestimmt (*siehe Kap. 7.1*).

Für die automatische Überwachung der Radioaktivität der Aerosole in der Umgebungsluft wurde 1996 ein aus 11 Stationen bestehendes automatisches Netz (**RADAIR**) in Betrieb genommen.

- Niederschläge:** Regensammler mit Trichtern von 1 m² Fläche stehen an 9 Standorten, wovon vier in der Nahumgebung der Kernkraftwerke. Die Proben werden wöchentlich entnommen und der Rückstand nach Eindampfen gammaspektrometrisch untersucht. Die erreichte Nachweisgrenze liegt bei 20 mBq/l pro Monat. An rund einem Dutzend weiteren Stellen werden mit kleineren Regensammlern Proben für die Tritiumbestimmung erhoben; einige dieser Stellen befinden sich in der Nähe von Tritium-verarbeitenden Betrieben. Bei einem dieser Betriebe wird zudem Luft zur Bestimmung des Tritiumgehaltes in der Luftfeuchte gesammelt (*siehe Kap. 4.1, 4.2, 7.1, 8.3 und 9.1*).
- Gewässer:** Flusswasserproben werden kontinuierlich (Wochenproben) in den folgenden Flüssen gesammelt: Rhein (bei Diepoldsau/SG, Rekingen/AG, Weil unterhalb Basel), Rhone (bei Porte du Scex/VS und Chancy/GE), Ticino (bei Contone/TI), Doubs (bei St. Ursanné/JU) sowie jeweils oberhalb und unterhalb der Abwassereinleitung bei Kernanlagen. In der Regel werden die Proben nach Eindampfen gammaspektrometrisch untersucht (bei einigen nur Gesamt-β-Messung) sowie auf Tritium. In der Nahumgebung der Kernanlagen werden auch Stichproben von Grundwasser, sowie von Schwebestoffen, Sedimenten, Wasserpflanzen und Fischen untersucht (*siehe Kap.4.1 und 4.2*).
- Abwässer:** Bei den Kernanlagen (sowie bei der ehemaligen Centrale Nucléaire Expérimentale in Lucens) werden, gemeinsam mit der HSK, halbjährlich oder monatlich Stichproben von abgabebereitem Abwasser (sowie auch Abgase und Abluftfilter) zur Gammaspektrometrie sowie zur Tritium- und ⁹⁰Sr-Bestimmung erhoben. Im weiteren werden auch die Abwässer der Kläranlagen von Zürich, Basel, Bern, Lausanne, Genf, La Chaux-de-Fonds kontinuierlich zur Gammaspektrometrie und zur Tritium-Messung gesammelt. Weitere Probenahmen (u.a. auch Abwässer von Tritium-Betrieben, Sickerwässer von Deponien und Klärschlämme) erfolgen stichprobenweise (*siehe Kap. 4, 8 und 9*).

- 6. Erde:** Erdproben werden jährlich routinemässig an rund 30 Stellen erhoben: vier in den Alpen, sieben im Mittelland, eine im Jura, vier auf der Alpensüdseite (inkl. Wallis) und rund ein Dutzend in der Nahumgebung der Kernanlagen. Weitere Probenahmen erfolgen im Rahmen des in-situ-Programmes sowie nach Bedarf und zur Erfassung von Tschernobyl-Hotspots. Beprobte wird die oberste Bodenschicht von 0 – 5 cm auf ebenen Naturwiesen. Die Proben werden getrocknet (ohne Gras, Steine und Wurzeln) mit dem Gammasspektrometer untersucht. Bei einem Teil der Proben wird zudem $^{239/240}\text{Pu}$, ^{241}Am und ^{90}Sr bestimmt. Für die Routinemessung wird bei Gammastrahlern eine Nachweisgrenze von 1 Bq/kg erreicht, für ^{90}Sr von 0.2 Bq/kg, für Alpha-Strahler einige Hundertstel Bq/kg (*siehe Kap. 4.3 und 7.2*).
- 7. Gras:** In denselben Regionen wie die Bodenproben werden halbjährlich (erster und zweiter Schnitt) auch Grasproben erhoben. Die Proben werden in getrockneter Form gammasspektrometrisch und auf ^{90}Sr untersucht. Dabei wird routinemässig eine Nachweisgrenze für Gammastrahler von 1 Bq/kg, für ^{90}Sr von 0.02 Bq/kg erreicht (*siehe Kap. 4.3*).
- 8. Milch:** An mehreren Stellen, speziell an denselben wie Erde und Gras, wird halbjährlich Milch zur Analyse auf Gammastrahler und ^{90}Sr erhoben. Seit dem Reaktorunfall in Tschernobyl werden die stärker betroffenen Gebiete im Tessin und den Bündner Südtälern intensiver überwacht. Für Gammastrahler wird routinemässig eine Nachweisgrenze von 0.2 Bq/l, für ^{90}Sr von 0.01 Bq/l erreicht (*siehe Kap. 5.1*). An Baumblättern aus der Umgebung von Kernanlagen und der Kehrlichtverbrennungsanlage von Basel sowie von einer Referenzstation wird der ^{14}C -Gehalt bestimmt (*siehe Kap. 7.1*).
- 9. Weitere Lebensmittel:** Getreidemischproben werden aus den sieben verschiedenen Regionen des Landes und der Nahumgebung der Kernanlagen zur Gammasspektrometrie und ^{90}Sr -Bestimmung erhoben. Die routinemässig erreichte Nachweisgrenze beträgt 1 Bq/kg für Gammastrahler und 0.01 Bq/kg für ^{90}Sr . Weitere Lebensmittel werden nach Bedarf und gemäss speziellen Abmachungen (z.B. Gemüse aus der Umgebung von KKW oder Mineralwässer) durch die Kantonslaboratorien analysiert; seit dem Reaktorunfall Tschernobyl werden insbesondere Wildpilze weiterhin auf ^{137}Cs untersucht. Bei importierten Lebensmitteln wird nebst Pilzen auch Wildfleisch gezielt untersucht (*siehe Kap. 5.1*).
- 10. Radioaktivität im menschlichen Körper:** Als Endkontrolle der gesamten radiologischen Belastungskette dienen Messungen am menschlichen Körper: In-vivo (durch Gammasspektrometrie) für ^{137}Cs und ^{40}K sowie durch Laboranalysen für ^{90}Sr an Milchzähnen und Wirbelknochen Verstorbener (*siehe Kap. 6.1 und 6.2*).

1.2 Zusammenarbeit der Laboratorien

Im Grundsatz werden alle Stellen, die über Laborkapazität und fachliches know-how für Radioaktivitätsmessung und Strahlenschutz verfügen, in das Messprogramm miteinbezogen (siehe Seiten I/II). Meist überlappen dabei regionale Überwachungsaufgaben bzw. einzelne Forschungsprojekte mit den Zielen der landesweiten Überwachung, sodass Synergien ausgenutzt werden können. Das führt dazu, dass mit bescheidenem Aufwand an Personal und Material eine Überwachung durchgeführt werden kann, die einen adäquaten Schutz von Mensch und Umwelt vor Radioaktivität und Strahlung sicherstellt. Die einzelnen Labors haben ihre fachlichen und methodischen Schwerpunkte, wobei der SUER die Koordination des gesamten Überwachungsprogrammes zukommt.

Gammaskopische Messungen und Tritium-Bestimmungen werden von den meisten Labors des Bundes und der Kantone routinemässig durchgeführt, von einigen auch im Low-Level-Bereich (SUER, IRA und AC-Labor sowie das Physikalische Institut der Universität Bern für Tritium). Weitere Messverfahren sind: ^{90}Sr -Bestimmungen (IRA, AC-Labor, KL-BS), Messungen künstlicher α -Strahler (IRA, AC-Labor), natürlicher α -Strahler (SUER, KL-BS), radioaktive Edelgase in der Luft sowie ^{14}C in Pflanzen (Physikalisches Institut der Universität Bern), Messungen der Ortsdosen und in-situ-Gammaskopie (SUER, HSK/PSI, AC-Labor, IRA), Radon (Fachstelle Radon und Abfälle des BAG), Radon im Wasser und im Bodengas (SUER), Aeroradiometrie (Institut für Geophysik der ETHZ), Ganzkörper-Gammaskopie (PSI, Kantonsspital Genf und Kantonsspital Basel).

Die Umgebungsüberwachung von Kernanlagen (inkl. PSI und CERN) und von Betrieben, die mit radioaktiven Stoffen arbeiten, erfolgt nach einem speziellen, mit der jeweiligen Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde abgesprochenen Programm. Dabei wird ein Teil der Messungen durch das Labor des jeweiligen Betriebes durchgeführt, ergänzt durch weitere (Parallel- und Kontroll-) Messungen eines offiziellen Labors.

1.3 Grenz- und Richtwerte für Radioaktivität und Strahlendosen

Gesetzliche Basis ist das **Strahlenschutzgesetz** (StSG) vom 22. März 1991 und die **Strahlenschutzverordnung** (StSV) vom 22. Juni 1994. Diese stützen sich auf die Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission ICRP von 1990. Für die Lebensmittel (Vollzug bei den Kantonalen Laboratorien) gilt zusätzlich die Verordnung über Fremd- und Inhaltstoffe (FIV vom 26.6.95).

1.3.1 Strahlendosen

Bei den **beruflich strahlenexponierten Personen** darf die zusätzliche Strahlendosis durch die berufliche Tätigkeit 20 mSv pro Jahr nicht übersteigen. Spezielle Regelungen gelten für die Augenlinsen (150 mSv/Jahr), Haut, Hände sowie Füsse (500 mSv/Jahr), für Mitarbeiter zwischen 16 und 18 Jahren (5 mSv/Jahr) und für schwangere Frauen (2 mSv an der Abdomenoberfläche ab Kenntnis einer Schwangerschaft bis zu deren Ende und 1 mSv für Inkorporation). Für die übrige **Bevölkerung** gilt als Schutzziel für die Strahlendosen aus künstlichen Quellen - ohne medizinische Anwendungen, sowie ohne den Beitrag durch das natürliche Radon in Wohnräumen - eine Limite von 1 mSv/Jahr.

1.3.2 Immissionen

Für die praktische Durchführung der Überwachung legt der Gesetzgeber **Immissionsgrenzwerte** für die Strahlendosen in der Umwelt sowie die Radioaktivität in Luft, Wasser und Lebensmittel fest. Abgaben aus Betrieben über die Abluft an die Umwelt dürfen bei Normalbetrieb an keinem öffentlich zugänglichen Ort im Jahresmittel zu Konzentrationen in der Luft führen, die 1/300 der Richtwerte für den Arbeitsplatz (CA gemäss Anhang 3, Kolonne 11 der StSV) übersteigen. Die Abgaben über das Abwasser dürfen in öffentlich zugänglichen Gewässern im Wochenmittel zu Konzentrationen von höchstens 1/50 der Freigrenze (LE gemäss Anhang 3, Kolonne 9 der StSV) führen. Diese **Immissionsgrenzwerte** von CA/300 in der Atemluft bzw. LE/50 im Trinkwasser würden bei der Bevölkerung bei Dauerexposition zu einer zusätzlichen Strahlenexposition von je 0.2 mSv/Jahr führen. Die **Direktstrahlung** aus einem Betrieb darf ausserhalb des Betriebsareals in Wohn-Aufenthalts-, und Arbeitsräumen zu einer zusätzlichen Ortsdosis von höchstens 1 mSv, an den übrigen

Orten höchstens 5 mSv/Jahr führen. Für die tatsächlichen Strahlendosen von Personen ist die Aufenthaltszeit in diesem Strahlenfeld zu berücksichtigen.

1.3.3 Abgabelimiten für Betriebe

Betriebe, die radioaktive Stoffe erzeugen oder verarbeiten, dürfen radioaktive Abfälle nur kontrolliert als Gase, Aerosole oder Abwässer an die Umwelt abgeben; sie müssen die ihnen von der Bewilligungsbehörde auferlegten **Abgabelimiten** einhalten und ihre Abgaben laufend zuhanden der Bewilligungs- und Aufsichtsbehörde bilanzieren; diese macht zusätzliche Kontrollen im Betrieb und in der Umgebung. In der StSV wird auch die Beseitigung bzw. Verbrennung oder Endlagerung von festen Abfällen geregelt. Um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass in einer Region mehrere Betriebe die Umwelt durch Emissionen belasten können und auch in Anwendung des Optimierungsgrundsatzes der ICRP (*as low as reasonably achievable*), lässt die Bewilligungsbehörde keine Anlage das in 1.3.1 genannte Schutzziel von einem mSv bzw. die darauf basierenden Immissionsgrenzwerte voll ausschöpfen. Jedem Betrieb wird daher, entsprechend dessen Grössen sowie unter Berücksichtigung des Standes der Technik nur ein Bruchteil des 1 mSv-Schutzzieles "zugeteilt". Man nennt diesen Bruchteil **Quellenbezogener Dosisrichtwert**. Er beträgt für Kernkraftwerke beispielsweise 20 Prozent, d.h. eine solche Anlage darf somit durch Radioaktivitätsabgaben an die Umwelt bei der Umgebungsbevölkerung eine Dosis von höchstens 0.2 mSv/Jahr verursachen.

1.3.4 Toleranz- und Grenzwerte für Lebensmittel

Für die Konzentration von Radionukliden in **Lebensmitteln** werden Toleranz- und Grenzwerte definiert. Die entsprechenden Zahlenwerte sind in der *Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe* (FIV) festgelegt (Vergl. Tab. 1). Die für den Strahlenschutz relevante Limite ist der Grenzwert; bei dessen Überschreiten **muss** ein Lebensmittel aus dem Verkehr gezogen werden. Ein Lebensmittel, das den Toleranzwert für ein bestimmtes Radionuklid übersteigt, muss zwar vom zuständigen Kantonalen Laboratorium beanstandet werden (Qualitätskriterium nicht erfüllt), kann aber unter gewissen Voraussetzungen im Handel bleiben und impliziert noch kein gesundheitliches Risiko.

Tab. 1: Toleranz- und Grenzwerte (TW, GW) für Radionuklide in Lebensmitteln (LM) gemäss der Verordnung über Fremd- und Inhaltsstoffe (FIV) in Bq/kg

Radionuklid bzw. Radionuklidgruppe	Toleranzwert	Grenzwert			
	alle LM	LM allgemein	flüssige LM	Säuglings- anfangsnahrung	LM 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	1	750	125	75	7'500
Iodisotope	10	2'000	500	150	20'000
künstliche Alphastrahler (z.B. ²³⁹ Pu, ²⁴¹ Am)	0.1	80	20	1	800
natürliche Alphastrahler (z.B. U, Ra, Th)	—	10	1	1	100
Übrige Radionuklide (z.B. ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, jedoch ohne ⁴⁰ K)	10 (*)	1'250	1'000	400	12'500

(*) Für Cäsiumisotope, TW für Wildfleisch und Wildpilze: 600 Bq/kg

1.3.5 Berechnung der Strahlendosen

Die jährliche Strahlendosis durch Radionuklide in Lebensmitteln ergibt sich aus dem Produkt der gemessenen Aktivitätskonzentration und der jährlich konsumierten Menge des betreffenden Lebensmittels, multipliziert mit dem Dosisfaktor für das jeweilige Radionuklid. Die entsprechenden Ingestions-Dosisfaktoren, angegeben in Anzahl Sv pro aufgenommenes Bq, für ein- und zehnjährige Kinder und Erwachsene, finden sich ebenfalls im Anhang der StSV.

Den Berechnungen werden die folgenden Annahmen zugrundegelegt. Zahlenwerte aus [1], Werte in Klammern = ICRP-Empfehlungen:

Belastungspfad	Einheit	Erwachsene	Kleinkind (1-jährig)
Atemluft	m ³ /Tag	29 (20)	5
Trinkwasser	l/Tag	1.6 (2)	0.7
Fische	kg/Jahr	10	0
Fleisch und Eier	kg/Jahr	75	20
Milch/Milchprodukte	kg/Jahr	160	200
Gemüse	kg/Jahr	225	60

[1] Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe aus Kernanlagen. HSK Richtlinie R-41 (Juli 1997).

Verdankungen

Allen an der Durchführung dieses Überwachungsprogrammes beteiligten Stellen und Laboratorien und insbesondere auch den zahlreichen Betreuern der Probenahmestationen, Regensammler, Luftüberwachungsanlagen etc. danken wir für die hervorragende Zusammenarbeit. Ohne das Mitwirken und die fachliche Kompetenz dieser Stellen wäre eine umfassende Überwachung kaum möglich. Bestens gedankt sei auch Frau **M. Gobet** und Frau **B. Aeby** für die Schreivarbeiten und Herrn **A. Gurtner** für die graphische Gestaltung. Wir danken auch allen Kollegen, die sich die Zeit genommen haben die Entwürfe gründlich durchzulesen und uns damit geholfen haben Unstimmigkeiten und Fehler zu eliminieren.

**Figur 1: Überwachung der Umweltradioaktivität 1998
(Routineprogramm)**

