

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: - (2002)

Rubrik: Externe Strahlung

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.02.2026

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

3. Externe Strahlung

3.1. Mesures in situ et exposition externe

S. Estier, A. Gurtner, H. Völkle

Section surveillance de la radioactivité, SUER/QFSP, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

M. Schibli

Division principale de la sécurité des installations nucléaires, DSN, 5232 VILLIGEN-HSK

F. Byrde

Laboratoire de Spiez, 3700 SPIEZ

T. Buchillier

Institut universitaire de radiophysique appliquée, Grand-Pré 1, 1007 LAUSANNE

3.1.1 Introduction

Le suivi permanent de l'exposition ambiante repose en Suisse sur les réseaux NADAM (échelle nationale) et MADUK (voisinage des installations nucléaires). L'objectif de ces réseaux en alerte 24h sur 24 est de signaler des augmentations anormales de l'exposition ambiante. Ces mesures comme celles des dosimètres à thermoluminescence recensent l'exposition ambiante globale sans permettre d'en distinguer les composantes individuelles. La spectrométrie gamma directe (in situ) est par contre une méthode appropriée à l'estimation rapide de la contribution individuelle des radionucléides gamma d'origine naturelle et artificielle à l'exposition du public. Les mesures de spectrométrie gamma effectuées en laboratoire sur des échantillons s'orientent avant tout sur la mise en évidence de traces de radionucléides. Les résultats ont un caractère très ponctuel et ne renseignent pas sur l'exposition ambiante. Pour combler cette lacune, les laboratoires mobiles de l'OFSP (SUEr-Fribourg), de la DSN (Villigen), du Laboratoire de Spiez et de l'IRA (Lausanne) misent sur la spectrométrie gamma in situ. Son exploitation in forme de manière sensible et réaliste sur les concentrations moyennes des radionucléides gamma ainsi que sur l'exposition ambiante qui en résulte. Les examens in situ portent en priorité sur le voisinage des installations nucléaires (KKB, KKG, KKL, KKM, PSI, CERN) et sur le suivi de la contamination rémanente en ^{137}Cs issu des essais nucléaires et de Tchernobyl. Même si cette contamination reste plus importante au Tessin et localement dans le massif alpin par rapport au Plateau Suisse, les résultats in situ 2002 n'ont signalé aucune valeur susceptible de représenter un risque pour la santé du public.

3.1.2 Méthodologie in situ

L'exploitation de la spectrométrie gamma in situ en Suisse se base sur les recommandations ICRU [1]. Lors d'une mesure dans le terrain, un spectre gamma est enregistré et l'exposition ambiante globale est mesurée simultanément sur le site à l'aide d'une chambre à ionisation. L'exposition ambiante naturelle s'obtient par sommation de la part ionisante cosmique calculée à l'altitude du site [2] et des composantes locales du rayonnement terrestre (^{40}K , séries ^{238}U et ^{232}Th), calculées à partir des spectres gamma pour une distribution homogène de ces radionucléides primordiaux dans le sol. En soustrayant l'exposition ambiante d'origine naturelle ainsi calculée de l'exposition ambiante globale mesurée par chambre d'ionisation, il est possible d'évaluer la contribution des radionucléides artificiels au débit d'exposition ambiante. L'atout de cette démarche est de permettre d'estimer d'éventuelles contributions artificielles hors du domaine d'énergie de la mesure gamma (par exemple rayonnement direct) et de ne nécessiter ni échantillonnage, ni hypothèse sur la distribution des radionucléides artificiels dans le sol.

3.1.3 Résultats in situ 2002

Les contributions individuelles au débit d'exposition ambiante reconstituées par spectrométrie gamma in situ sont représentées (fig. 1) pour les sites suisses examinés en 2002. Cette reconstitution se base sur les hypothèses suivantes : distribution homogène de tous les radionucléides (y compris le ^{137}Cs artificiel) dans le sol et $1\text{nGy/h} = 1$

[1] ICRU-Report 53 "Gamma-Ray Spectrometry in the Environment" 1994, ISBN 0-913394-52-1.

[2] Radioprotection, vol. 22 n° 3, pages 231-239, 1987

nSv/h. La valeur de la mesure globale avec chambre d'ionisation est indiquée avec son incertitude et permet d'apprécier la fiabilité de la reconstitution.

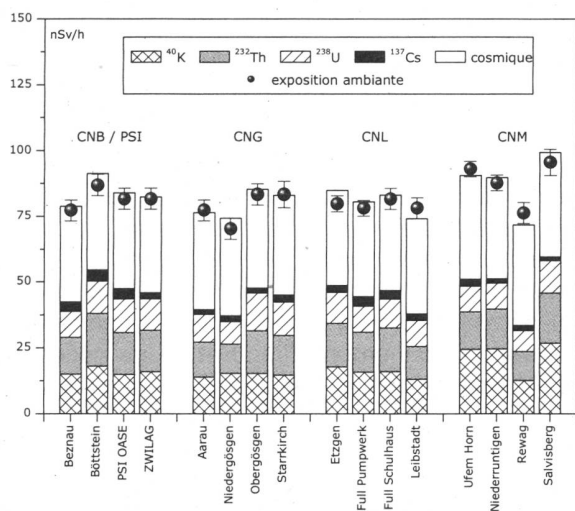
Pour tous les sites, à l'exception d'Etzgen, Stabio et Caslano, la différence entre reconstruction et mesure est inférieure à l'incertitude expérimentale. Pour ces 3 sites, par contre, on constate une surestimation de la reconstitution, calculée sur la base des spectres gamma, par rapport à la valeur mesurée à l'aide de la chambre d'ionisation. Dans le cas de Stabio et Caslano, au Tessin, cette différence est due à la distribution homogène admise pour le ^{137}Cs , résultant du fallout de Tchernobyl. En effet, l'hypothèse d'une distribution homogène surestime d'autant plus la contribution d'un radionucléide au débit d'exposition qu'il est distribué en surface. L'approche par soustraction des composantes naturelles à la mesure globale du débit de dose, décrite au paragraphe 3.1.2, permettrait une estimation plus réaliste de la contribution due au césium dans ces 2 cas.

À Etzgen, la mesure in situ a été effectuée juste après la pluie. Les précipitations entraînent un lavage des produits de fission du radon présents dans l'air, et leur déposition à la surface du sol. Ce

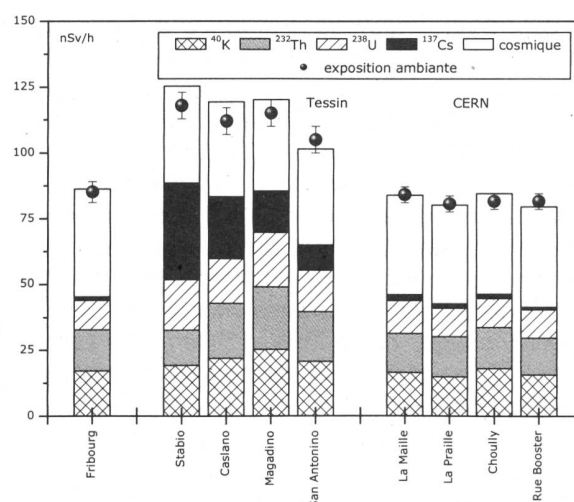
phénomène conduit alors à une surestimation de la contribution des éléments de la série ^{238}U à l'origine de la différence observée entre reconstruction et mesure globale du débit de dose.

3.1.4. Conclusions

Les mesures de spectrométrie gamma in situ réalisées par l'OFSP en 2002 ont permis de caractériser les sites d'examen du point de vue de leur composition en radionucléides gamma et des contributions individuelles au débit d'exposition qui en résultent pour le public. Le champ d'application de ces mesures a visé à répondre à des objectifs d'ordre réglementaire (voisinage des installations nucléaires suisses) et d'ordre radioécologique (suivi des contaminations ^{137}Cs du fallout et de Tchernobyl). Les résultats ont permis de distinguer les composantes naturelles et artificielles de la radioactivité gamma et de s'assurer de la pertinence de l'information acquise par confrontation du débit d'exposition calculé à partir de l'analyse spectrométrique à celui mesuré avec une chambre d'ionisation.



Sites du voisinage des installations nucléaires



Cantons de Fribourg, du Tessin et le CERN

● = mesure du débit de dose □ = mesure in situ

Fig. 1: Contributions individuelles au débit d'exposition ambiante pour une distribution homogène, dans les sites examinés par spectrométrie gamma in situ en 2002.

3.2. Die automatische Überwachung der Ortsdosen mit NADAM

Y. Loertscher

Nationale Alarmzentrale (NAZ), Eidg. Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, Postfach, 8044 ZÜRICH

3.2.1. Übersicht

Das Netz für die automatische Dosisleistungsmessung und -alarmierung (NADAM) dient der grossräumigen und permanenten Überwachung der externen Strahlung. Wie für die vorherigen Jahre konnte im 2002 eine nahezu lückenlose Überwachung gewährleistet werden. In der Berichtsperiode wurden bis auf einzelne technische Störungen bei der Messung oder der Datenübertragung keine besonderen Vorfälle registriert. Insbesondere wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen liessen.

3.2.2. Erfahrungs- und Mittelwerte

Die Erfahrungswerte wurden anhand der Messwerte 2002 überprüft. Eine Darstellung der Jahresmittelwerte sowie der extremen Wochenwerte für die einzelnen Stationen ist in den Fig. 2 und 3 abgebildet. Auch dieses Jahr ergab sich für eine Station eine leichte Änderung. Für diese Sonde, deren Messwert 2002 eine leichte Abweichung vom bisherigen Erfahrungsbereich aufweist, wurde wie üblich eine entsprechende Anpassung vorgenommen.

Station	Erfahrungswert*) 2001 [nSv/h]	Erfahrungswert*) 2002 [nSv/h]	Neuer Erfahrungsbereich*) [nSv/h]	Ursache der Änderung des Erfahrungswerts
Wynau	98	108	90-130	Alterung der Sonde

*) nach Subtraktion des Eigennulleffekts

3.2.3. Qualitätssicherung

Im Jahre 1995 wurde das Qualitätssicherungsprogramm für die NADAM-Sonden gestartet. In einer ersten Phase wurden die wesentlichen physikalischen Eigenschaften der NADAM-Sonden (Apparativer Nulleffekt, Kalibrierung, Linearität, Richtungs-, Energie- und Temperaturabhängigkeit) im Sinne einer Typenprüfung untersucht. Ein Teil dieser Messungen war bereits bei der Installation des Netzes durch die SUEr durchgeführt worden.

Das Programm wird nun durch eine jährliche Kontrolle ausgewählter Sonden im Sinne einer Qualitätsprüfung weitergeführt. Dabei werden jährlich an ca. 10 Sonden Eigennulleffekt, Kalibrierung und Linearität in Funktion der Energie überprüft.

Die Typenprüfung hat das aus früheren Messungen bekannte Verhalten in den meisten Punkten bestätigt und lässt somit den Schluss zu, dass die NADAM-Sonden ihre Aufgaben im Rahmen der Überwachung zufriedenstellend erfüllen.

Die als Test im 2001 durchgeführte Alarmüberprüfung jeder Sonde wurde in 2002 in der Routinekontrolle integriert und weitergeführt. In 2002 wurde kein Fehlverhalten irgend einer Sonde nachgewiesen.

3.2.4. Erneuerung der NADAM-Sonden

Die in 2001 gestartete Ausschreibung für die Wahl einer neuen Sonde wurde erfolgreich abgeschlossen. Mit der neuen Sonde werden hauptsächlich folgende Verbesserung erreicht:

- die Berechnung von Impuls/Sekunde auf $\mu\text{Sv/h}$ erfolgt in der Sonde selbst. Die Sonde liefert somit ein Wert, der direkt vergleichbar ist.
- die Sonde ist ein Nachfolgemodell der MADUK-Sonde. Somit werden Vergleichsmessungen zwischen beiden Netze einfacher.

Vom gewählten Lieferant wurden bereits zwei Exemplare gekauft, um die Eigenschaften dieses neuen Produktes in einer realen Umfeld testen zu können, und um die Kompatibilität der Sonde mit der Infrastruktur von MeteoSchweiz zu überprüfen. Diese Tests laufen seit Ende 2002 und werden bis Mitte 2003 dauern.

Somit kann der Wechsel (ab 2004 gleichzeitig mit der Erneuerung der MeteoSchweiz-Messstationen) optimal erfolgen.

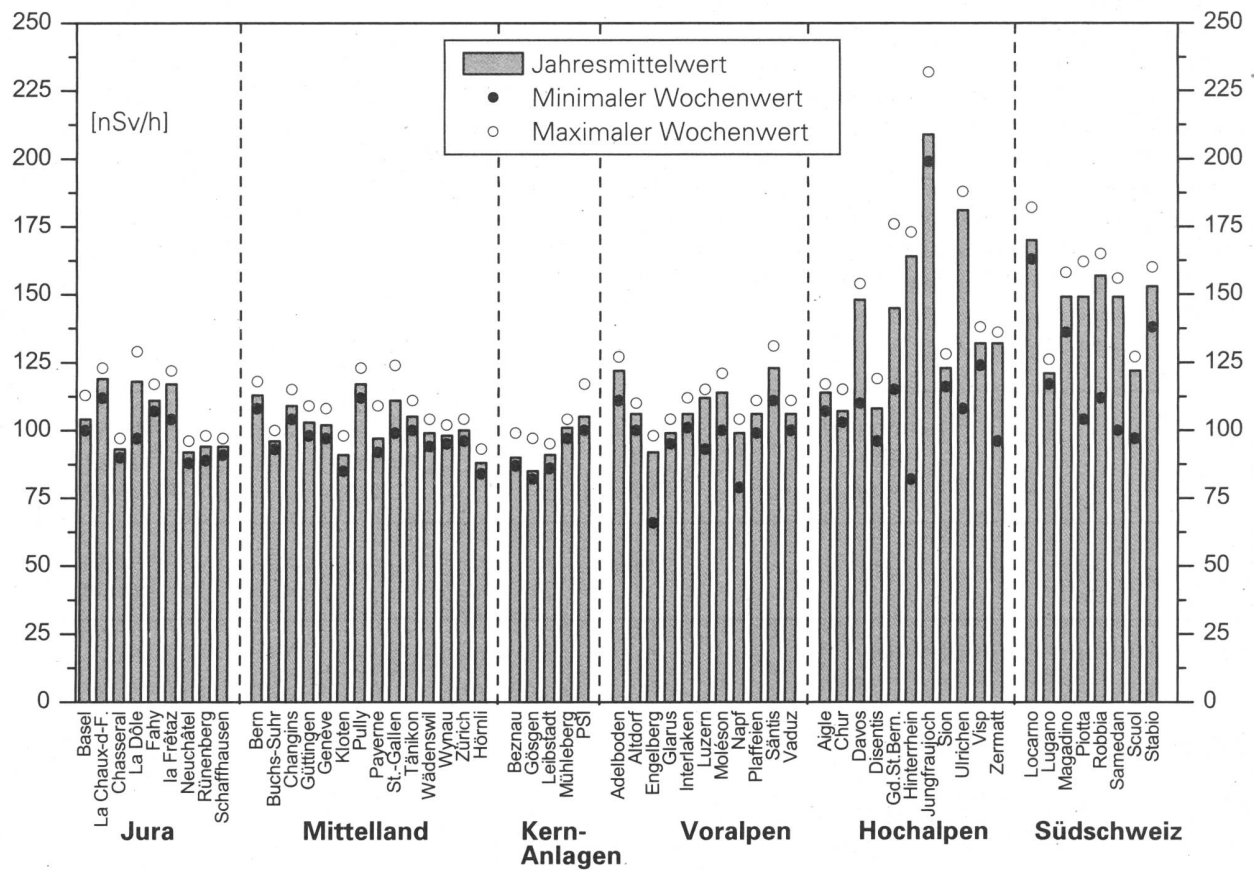


Fig. 1: Jahresmittelwerte 2002 der NADAM-Sonden, aufgeteilt nach Regionen (nach Subtraktion des Eigennulleffekts).

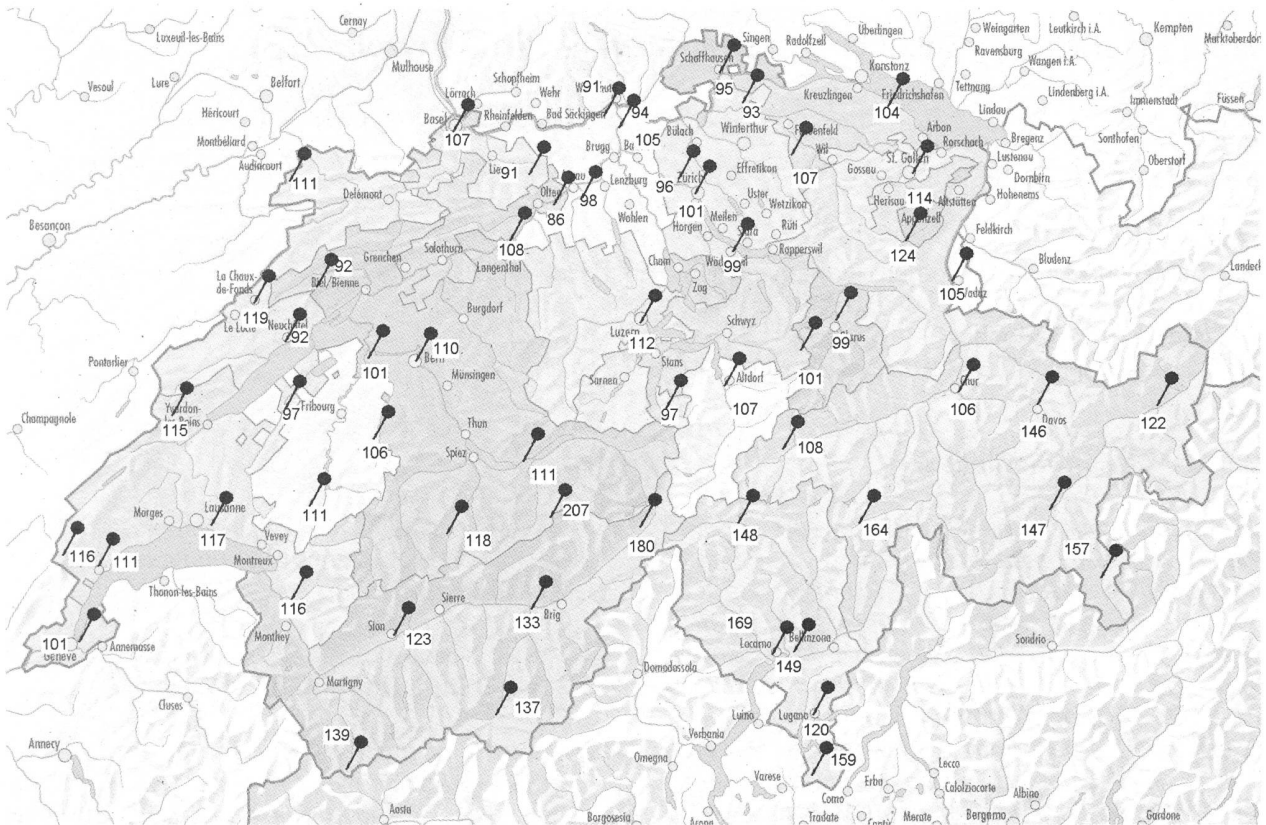


Fig. 2: Karte der Jahresmittelwerte 2002 der NADAM-Sonden (nach Subtraktion des Eigennulleffekts). Die Ortsdosisleistung variiert je nach Standort zwischen 86 und 207 nSv/h. Dies ist vor allem durch Unterschiede in der natürlichen Strahlung bedingt. Einerseits hängt sie von Art und Zusammensetzung des Bodens ab, andererseits nimmt die Intensität der kosmischen Strahlung mit der Höhe zu. Der künstliche Beitrag durch den Tschernobylausfall und die Atombombentests ist heute praktisch nicht mehr erkennbar.

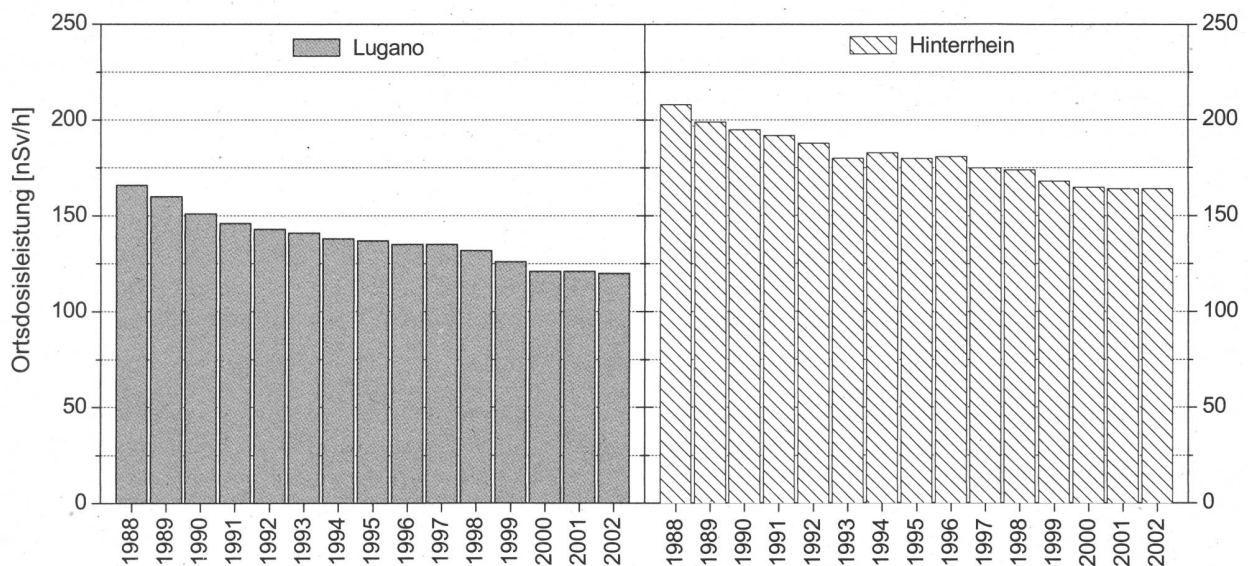


Fig. 3: Verlauf der Erfahrungswerte der Stationen Lugano und Hinterrhein für die Periode 1988 - 2002 (nach Subtraktion des Eigennulleffekts). Stationen in Gebieten, die von radioaktiven Niederschlägen nach dem Unfall in Tschernobyl stark betroffen waren, zeigen eine kontinuierliche Abnahme der Ortsdosisleistung. Diese Abnahme entspricht der Reduktion des künstlichen Anteils der Strahlung (bedingt durch den radioaktiven Zerfall und das Eindringen der langlebigen Radionuklide in tiefere Bodenschichten).

3.3. Aeroradiometrische Aufnahmen in der Schweiz

B. Bucher

Paul Scherrer Institut (PSI), 5232 VILLIGEN-PSI

G. Schwarz

Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), 5232 VILLIGEN-HSK

L. Rybach, Chr. Bärlocher

Institut für Geophysik, ETH Höggerberg, 8093 ZÜRICH

3.3.1 Zusammenfassung

Die aeroradiometrischen Messflüge vom 27. Mai bis 31. Mai 2002 standen ganz im Zeichen der internationalen Messübung im Rahmen des EU-Projektes ECCOMAGS (European Coordination and Calibration of Mobile and Airborne Gamma Spectrometry), die im Südwesten Schottlands stattfand. Trotzdem konnten in der Schweiz noch Messungen in der Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt sowie der Forschungsanstalt Paul Scherrer Institut durchgeführt werden. Die Resultate im Gebiet der Kernanlagen zeigten keine erhöhte Radioaktivität im Vergleich zu früheren Jahren.

3.3.2 Einleitung

Aeroradiometrische Messungen begannen in der Schweiz 1986. Methodik und Software für Kalibrierung, Datenerfassung, Datenverarbeitung und Kartendarstellung wurden am Institut für Geophysik der ETH Zürich entwickelt (Schwarz 1991). In der Zeit von 1989 bis 1993 wurde die Umgebung (jeweils rund 50 km²) der schweizerischen Kernanlagen jährlich aeroradiometrisch vermessen. Im Jahre 1994 ging man zu einem Zweijahresrhythmus über, wobei abwechselungsweise zwei bzw. drei Gebiete mit Kernanlagen vermessen werden. 1992 und 1995 wurden ebenfalls am Institut für Geophysik der ETH Zürich zwei neue Messgeräte gebaut (16.8 und 4.0 l Detektoren).

Seit den Messflügen 2001 kommt eine neu entwickelte online Datenauswertungs- und Kartierungssoftware zum Einsatz (Bucher 2001).

Im Jahre 1994 wurde die Aeroradiometrie in die Einsatzorganisation Radioaktivität des Bundes integriert. Als mögliche Einsatzfälle stehen Transport- und Industrieunfälle mit radioaktivem Material, KKW-Störfälle und Abstürze von Satelliten mit Nuklearreaktoren im Vordergrund. Der Einsatz erfolgt unter der Regie der Nationalen Alarmzentrale (NAZ). Unterhalt und Bereitstellung des Messsys-

tems erfolgen seit Mai 2001 gemeinsam durch das Paul Scherrer Institut (PSI) und das Institut für Geophysik der ETHZ.

3.3.3 Flugaufnahmen 2002

Die aeroradiometrischen Messflüge vom 27. Mai - 31. Mai 2002 standen ganz im Zeichen der internationalen Messübung im Rahmen des EU-Projektes ECCOMAGS (European Coordination and Calibration of Mobile and Airborne Gamma Spectrometry), die im Südwesten von Schottland stattfand. Leider wurde den Teams mit militärischen Helikoptern, zu denen auch die Schweiz gehörte, vom englischen Verteidigungsministerium die Flugerlaubnis vor Ort verweigert. Deshalb konnten nur beim Rückflug in die Schweiz einige Messungen über dem Übungsgebiet aufgenommen werden. Zusätzlich wurden auch noch Backgroundmessungen über dem Meer durchgeführt. Ein Vergleich der Messwerte mit Daten von ausländischen Teams, die unbehindert fliegen und messen konnten, bestätigt die richtige Kalibration des schweizer Messsystems.

Nach der Rückkehr in die Schweiz konnte am Freitag 31. Mai die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt sowie der Forschungsanstalt Paul Scherrer Institut aeroradiometrisch vermessen werden.

Im Auftrag der HSK wurden die Messgebiete um die Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL) sowie um die Forschungsanstalt Paul Scherrer Institut (PSI) bereits mehrmals vermessen. Das KKL, das während der aeroradiometrischen Messungen im Betrieb war, konnte anhand der ¹⁶N-Strahlung (Halbwertszeit $t_{1/2}=7.3$ s) sehr gut detektiert werden. Diese Strahlung wird bei Siedewasserreaktoren durch das Aktivierungsprodukt ¹⁶N erzeugt, welches im Betrieb durch die Frischdampfleitung ins Maschinenhaus gelangt. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise we-

nig abgeschirmt ist, kann die hochenergetische Gammastrahlung des ^{16}N gut detektiert werden. In Fig. 1 ist der nach Schwarz et al. (1991) modifizierte MMGC-Ratio (Man Made Gross Count) im Gebiet der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau sowie der Forschungsanstalt PSI dargestellt. Der MMGC-Ratio entspricht dem Verhältnis der Zählrate im tieferenergetischen Bereich des Spektrums (400-1'400 keV) zur Zählrate im hochenergetischen Bereich des Spektrums (1'400-3'000 keV). Da Spaltprodukte im Gegensatz zu natürlichen Radionukliden hauptsächlich im tieferenergetischen Bereich Gammastrahlung aussenden, weisen hohe Werte auf durch Menschen verursachte Strahlung hin. Deutlich ist in Fig. 1 das Kernkraftwerk Leibstadt zu erkennen. Das KKB hingegen konnte aeroradiometrisch nicht detektiert werden, da es sich um einen Druckwasserreaktor handelt und deshalb das Aktivierungsprodukt ^{16}N nicht aus dem sehr gut abgeschirmten Reaktorgebäude gelangt.

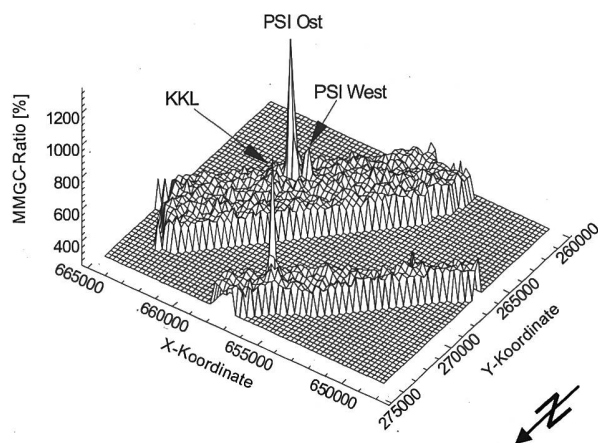


Fig. 1: Dreidimensionale Darstellung des MMGC-Ratio im Messgebiet KKL/KKB/PSI.

Hingegen konnten auch dieses Jahr über beiden Teilen Ost und West des Paul Scherrer Instituts erhöhte Zählraten gemessen werden, die auf verschiedene Quellen zurückgeführt werden können (Fig. 1). Am deutlichsten wurden die radioaktiven Abfälle im Bundeszwischenlager (PSI-Ost) erkannt, wo hauptsächlich ^{60}Co identifiziert werden konnte (Fig. 2). Im PSI-West wurden zwei unterschiedliche Strahlenfelder erkannt: das eine zeigt sehr hochenergetische Strahlung mit Energien $> 3\text{ MeV}$ und einem Kontinuum im ganzen Spektrumsbereich. Dieses Strahlungsfeld wurde über zwei Beschleunigern in der Experimentierhalle registriert und wird durch hochenergetische Neutronen verursacht, die durch Wechselwirkungen in den Beschleunigern erzeugt werden. Das andere Strahlungsfeld weist vor allem zwei ausgeprägte Peaks aus (Fig. 2). Der tieferenergetische Peak wird sehr

wahrscheinlich durch Positron-Annihilationstrahlung (511 keV) verursacht. Der Peak bei höherer Energie könnte auf ^{41}Ar (1'294 keV) zurückzuführen sein, das bei der Neutronenquelle SINQ aus dem natürlichen Edelgas Argon (^{40}Ar) entsteht und über die Abluft ins Freie gelangt.

Im Bereich der Swiss Light Source (SLS) des PSI konnten keine Anomalien im Strahlungsfeld festgestellt werden, wobei die Fluglinien nicht direkt über die Anlage führten.

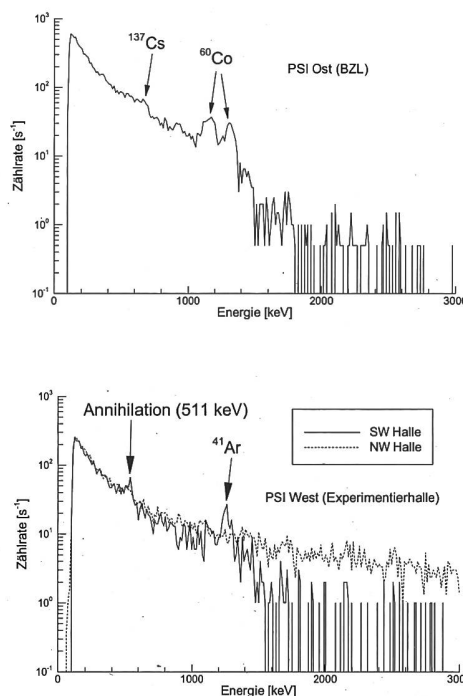


Fig 2: Gemittelte Spektren im Bereich des Bundeszwischenlagers, das sich am PSI Ost befindet (oben), und der Experimentierhalle im PSI West (unten). Die Spektren über der Experimentierhalle stammen von zwei unterschiedlichen Bereichen im Nordwesten (NW) und Südwesten (SW) der Halle.

Das Zwischenlager für radioaktive Abfälle (ZWI-LAG) konnte aeroradiometrisch nicht detektiert werden, obwohl bereits eine beachtliche Aktivität gelagert wird. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass die Fluglinien südlich und nördlich der Anlage verliefen und die Abschirmung die Strahlung ausreichend abschwächt.

Ausserhalb der eingezäunten Areale um die Kernkraftwerke, das ZWILAG und das PSI konnte keine durch menschliches Handeln verursachte Strahlung festgestellt werden, die nicht auf das Tchernobyl-Ereignis oder den Atombombentests-Fallout zurückgeführt werden kann.

3.3.5 Perspektiven

Aufgrund der in die Jahre gekommenen Rechner der Messsysteme wurden im Jahre 2002 die Vorbereitungen für ihre Erneuerung getroffen. Im Jahre 2003 wird diese Erneuerung erfolgen, womit Ende 2003 wieder zwei einsatzbereite Messsysteme bestehen, die dem neuesten technischen Stand entsprechen. Dabei wird auch die neue online Auswertesoftware im System integriert werden.

Im Jahre 2003 soll neben den routinemässigen Flügen in der Umgebung der Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen im Rahmen einer Übung mit der österreichischen Partnerorganisation der NAZ die Zusammenarbeit über die Grenzen weiter gefördert werden. Die bestehenden internationalen Kontakte sollen gepflegt und gegebenenfalls ausgebaut werden.

3.3.6 Literatur

- Bucher, B., 2001: Methodische Weiterentwicklungen in der Aeroradiometrie. Dissertation Nr. 13973, ETH Zürich.
- Schwarz, G. F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogamma-spektrometrie. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr.23, Schweizerische Geophysikalische Kommission.
- Schwarz, G. F., Klingelé, E. E., Rybach, L., 1991: Aeroradiometrische Messungen in der Umgebung der schweizerischen Kernanlagen. Bericht für das Jahr 1991 zuhanden der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK). Interner Bericht, Institut für Geophysik, ETH Zürich.