

**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:** Externe Strahlung = Rayonnement externe

### **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 3 Externe Strahlung

### Chapitre 3 Rayonnement externe

<b>Chapitre 3.1 Mesures in situ et exposition externe</b>	<b>36</b>
Résumé	36
Introduction	36
Méthodologie in situ	36
Résultats in situ 2008	37
Exercice d'intercomparaison 2008	39
Conclusions	40
<b>Kapitel 3.2 Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM</b>	<b>41</b>
Übersicht	41
Jahresmittelwerte und Erfahrungswerte 2008	42
Qualitätssicherung	43
Erneuerung der NADAM-Sonden	43
<b>Kapitel 3.3 Aeroradiometrische Messungen</b>	<b>45</b>
Zusammenfassung	45
Einleitung	45
Messungen und Messresultate 2008	46

# Chapitre 3.1

## Mesures in situ et exposition externe

**S. Estier, A. Gurtner**

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

### Résumé

En 2008, les examens in situ ont essentiellement porté sur le voisinage des centrales nucléaires et des centres de recherche (PSI et CERN) ainsi que sur le suivi de la contamination rémanente en  $^{137}\text{Cs}$  issue des essais nucléaires et de Tchernobyl. Des traces d' $^{41}\text{Ar}$ , radionucléide de très courte période (1.8 h), ont pu être mises en évidence dans l'air à l'intérieur de l'enceinte du CERN, confirmant ainsi la sensibilité et la pertinence de la méthode. Les résultats ont également montré que, plus de 22 ans après l'accident de Tchernobyl, la contamination en  $^{137}\text{Cs}$  reste toujours clairement mesurable sur le territoire suisse, particulièrement au Tessin et localement dans les régions montagneuses (Alpes, Jura). Les résultats in situ 2008 n'ont toutefois signalé aucune valeur susceptible de représenter un risque pour la santé du public.

### 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. Les mesures de spectrométrie gamma effectuées en laboratoire sur des échantillons s'orientent, quant à elles, 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 (Section URA, Berne), de la DSN (Villigen), du Laboratoire Spiez et de l'IRA (Lausanne) misent sur la spectrométrie gamma

directe sur site (in situ). En effet, cette méthode possède l'avantage de permettre l'identification des radionucléides (émetteurs gamma) présents sur le site et d'estimer ensuite leur contribution individuelle à l'exposition du public. La spectrométrie gamma in situ informe ainsi de manière sensible et réaliste sur les concentrations moyennes des radionucléides gamma ainsi que sur l'exposition ambiante qui en résulte.

### Méthodologie in situ

L'exploitation de la spectrométrie gamma in situ en Suisse se base largement sur les recommandations ICRU [1]. La procédure utilisée au laboratoire de l'OFSP a cependant été adaptée en 2007 afin de suivre les recommandations du groupe d'experts en dosimétrie de la Commission fédérale de Protection contre les radiations et de surveillance de la Radioactivité (CPR). Ces dernières demandaient aux laboratoires de ne plus utiliser le débit de kerma dans l'air, mais l'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$ , comme grandeur dosimétrique de référence pour la détermination de l'exposition du public (irradiation externe). Comme détaillé plus bas, cette adaptation ne concerne toutefois que des facteurs numériques de conversion, la méthodologie générale de la spectrométrie gamma in situ reste quant à elle inchangée.

Lors d'une mesure sur le terrain, un spectre gamma est enregistré et l'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  global est mesuré simultanément sur le site à l'aide d'une chambre d'ionisation. L'analyse du spectre gamma in situ permet tout d'abord d'identifier les différents radionucléides naturels et artificiels présents sur le site puis, en se référant à la publication ICRU 53, de calculer leur concentration radioactive respective dans le sol en  $[\text{Bq}/\text{kg}]$  ou  $[\text{Bq}/\text{m}^2]$ , pour peu que la distribution de chacun d'eux soit connue

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

(déposition en surface, distribution homogène des radionucléides dans le sol, décroissance exponentielle, etc.).

L'étape suivante consiste à évaluer les contributions individuelles au débit de dose ambiant des divers radionucléides identifiés sur le spectre in situ à partir de leur concentration radioactive calculée précédemment. C'est ici qu'interviennent les modifications de procédure mentionnées plus haut. Alors que jusqu'en 2006 les coefficients de conversion utilisés étaient également ceux publiés dans ICRU 53 et permettaient de calculer le débit de kerma dans l'air (en nGy/h) à partir des concentrations radioactives des divers radionucléides présents sur le site, de nouveaux facteurs ont été adoptés afin d'évaluer cette fois la contribution individuelle au débit d'équivalent de dose ambiant H\*(10) (en nSv/h) à partir de ces mêmes concentrations radioactives.

Les facteurs de conversion de l'activité spécifique au débit d'équivalent de dose ambiant H\*(10) utilisés par notre laboratoire pour les séries de  $^{238}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$  ainsi que pour le  $^{40}\text{K}$  et le  $^{137}\text{Cs}$ , dans le cas d'une distribution homogène de ces radionucléides dans le sol, sont résumés dans le tableau 1. Ces coefficients ont été publiés par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) en 2007 [2].

La contribution d'origine naturelle au débit d'équivalent de dose ambiant H\*(10) s'obtient finalement par sommation des composantes locales du rayonnement terrestre ( $^{40}\text{K}$ , séries  $^{238}\text{U}$  et  $^{232}\text{Th}$ ), évaluées pour une distribution homogène de ces radionucléides dans le sol à l'aide des facteurs indiqués dans le tableau 1, avec la part ionisante cosmique calculée à l'altitude du site. Notons que la formule permettant de calculer la contribution du rayonnement cosmique au débit d'équivalent de dose ambiant H\*(10) a également dû être adaptée par rapport à celle anciennement utilisée pour le débit de kerma dans l'air [3], et s'écrit :

$$H^*(10)_{\text{cosm}} [\text{nSv/h}] = 37 \cdot \exp(0.38 \cdot Z)$$

où Z est l'altitude en km.

**Tableau 1 :**

Facteurs de conversion de l'activité spécifique en débit d'équivalent de dose ambiant H\*(10) utilisés par l'OFSP pour les séries naturelles de  $^{238}\text{U}$  et du  $^{232}\text{Th}$  ainsi que pour le  $^{40}\text{K}$  et le  $^{137}\text{Cs}$ , dans le cas d'une distribution homogène de ces radionucléides dans le sol [2].

Nucléide	[nSv·h <sup>-1</sup> /Bq·kg <sup>-1</sup> ]
Série $^{238}\text{U}$ (total)	0.564
Série $^{232}\text{Th}$ (total)	0.749
$^{40}\text{K}$	0.0512
$^{137}\text{Cs}$	0.192

2] Lemerrier et al., «Specific Activity to H\*(10) conversion coefficients for in situ gamma spectrometry», Radiation Protection Dosimetry (2008), Vol 128, No. 1, pp.83-89. Advance Access publication 17 October 2007.

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

Pour connaître la contribution des radionucléides artificiels au débit d'équivalent de dose ambiant H\*(10), il suffit ensuite de soustraire la part d'origine naturelle calculée précédemment à la valeur globale de H\*(10) mesurée par chambre d'ionisation. Cette démarche ne fournira que la contribution artificielle totale au débit d'équivalent de dose ambiant, mais possède l'avantage de ne nécessiter ni échantillonnage, ni hypothèse sur la distribution des radionucléides artificiels dans le sol.

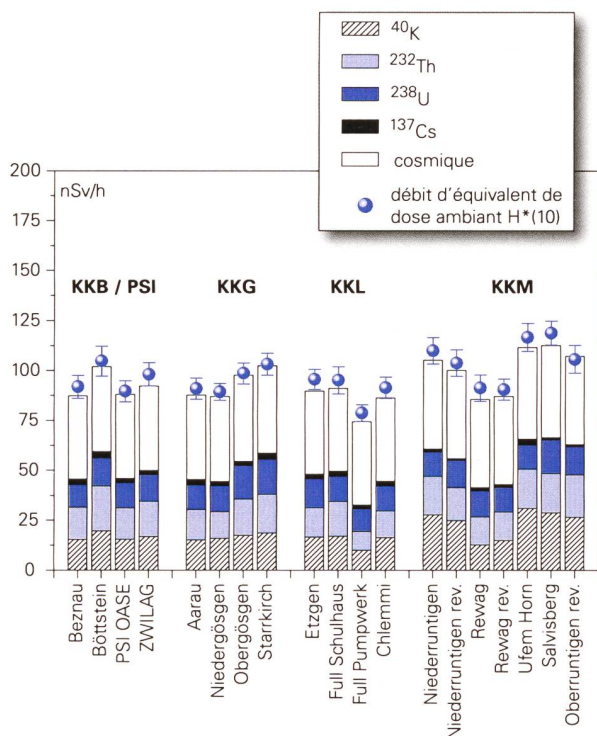
La détermination des contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant de chaque radionucléide artificiel (si plusieurs sont détectés sur le spectre in situ), nécessite la connaissance de la distribution dans le sol de chacun d'eux. Ce qui implique souvent des analyses complémentaires.

## Résultats in situ 2008

En 2008, les examens in situ ont été réalisés principalement au voisinage des centrales nucléaires de Beznau (KKB), Gösgen (KKG), Leibstadt (KKL) et Mühleberg (KKM) et des centres de recherche (PSI, CERN) ainsi qu'au Tessin, région de Suisse la plus touchée par les retombées de l'accident de Tchernobyl. En plus de ce programme de surveillance annuel, le laboratoire de l'OFSP a participé à l'exercice d'intercomparaison national («Exercice in situ 2008») organisé par le Laboratoire Spiez en septembre 2008, en Valais.

Les contributions respectives au débit d'équivalent de dose ambiant H\*(10) des différents radionucléides identifiés par spectrométrie gamma in situ (descendants compris pour les séries naturelles) sont représentées sur les figures 1 à 3 pour les principaux sites suisses examinés en 2008. Ces contributions ont été calculées à partir des spectres gamma in situ, en supposant une distribution homogène de tous les radionucléides dans le sol (y compris le  $^{137}\text{Cs}$  artificiel). La valeur de la mesure globale avec chambre d'ionisation, ainsi que son incertitude, sont également représentées et permettent d'apprécier la fiabilité de la reconstitution.

En comparant les résultats des figures 1, 2 et 3, il apparaît tout d'abord que le débit d'équivalent de dose ambiant H\*(10) relevé au voisinage des centrales nucléaires et des centres de recherche (PSI, CERN) ne se distingue pas de manière significative de celui mesuré au point de référence de Fribourg. Cette méthode a toutefois permis de mettre en évidence la présence d' $^{41}\text{Ar}$  dans l'enceinte du CERN. En effet, une concentration de 1.6 Bq d' $^{41}\text{Ar}$  par m<sup>3</sup> d'air environnant a pu être mesurée à la Rue Booster, sur le site de Meyrin. Comme détaillé au chapitre 8.6, cette valeur représente environ 1% de la valeur limite d'immissions définie dans l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP).

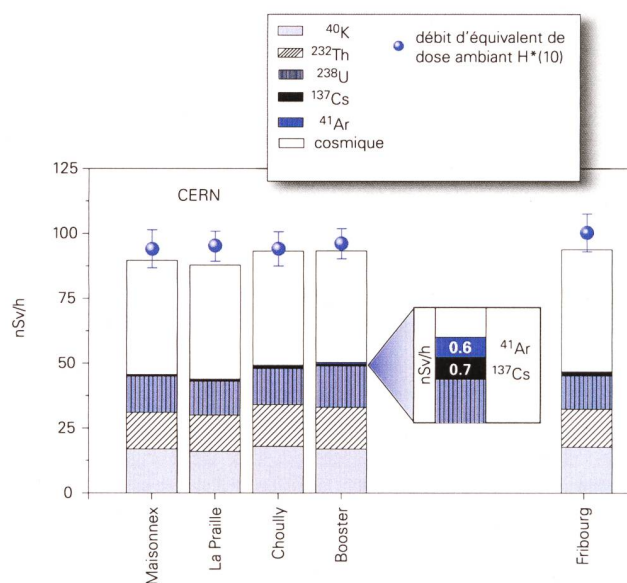


**Figure 1:** Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés au voisinage des centrales nucléaires suisses en 2008. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  avec chambre d'ionisation est également représentée.

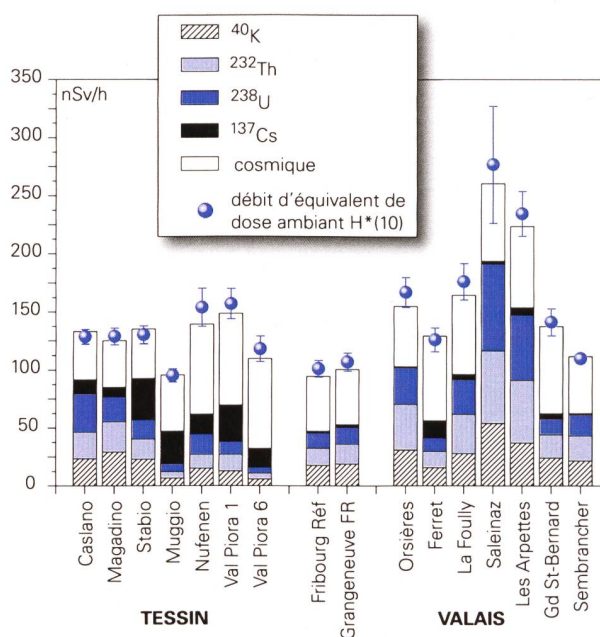
Comme l'illustre également la figure 2, l'impact radiologique de ce radionucléide de très courte période (1.8 h) est minime, mais de tels exemples permettent d'attester la pertinence et la fiabilité de la méthode.

Le seul autre radionucléide d'origine artificielle mis en évidence sur les spectres in situ en 2008 est le  $^{137}\text{Cs}$ . Ce dernier a été enregistré sur tous les sites de mesure. Au Tessin, la contamination rémanente en  $^{137}\text{Cs}$ , issue des retombées des essais nucléaires des années 50 et 60 et surtout de celles de l'accident de Tchernobyl, est toujours clairement visible, mais les valeurs mesurées ne représentent pas de danger pour la santé du public.

On notera finalement que les différences entre reconstruction in situ et mesures globales n'ont pas dépassées les 10%, attestant ainsi que les résultats obtenus par cette méthode traduisent bien la réalité.



**Figure 2:** Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2008 au voisinage du CERN ainsi qu'au point de référence de Fribourg. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  avec chambre d'ionisation est également représentée.



**Figure 3:** Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2008 au Tessin ainsi qu'en Valais dans le cadre de l'exercice d'intercomparaison. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  avec chambre d'ionisation est également représentée.

## Exercice d'intercomparaison 2008

### Objectifs de l'exercice

L'exercice d'intercomparaison national en spectrométrie gamma in situ organisé en 2006 par l'OFSP avait révélé un réel besoin d'harmonisation des procédures au niveau suisse. Si l'exercice avait montré que tous les laboratoires suisses disposant d'une instrumentation in situ étaient capables de déterminer l'activité des divers radionucléides présents dans le sol, il était apparu que les résultats en matière de contribution au débit d'exposition du public étaient difficilement comparables. Ceci était notamment dû à l'absence de publication scientifique reconnue ou de recommandations internationales traitant du calcul des contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  (en [nSv/h]) à partir des concentrations des radionucléides (en [Bq/kg] ou en [Bq/m<sup>2</sup>]). Tous les laboratoires suisses utilisaient alors des facteurs de conversion différents.

Afin de faire le point sur la situation et de trouver si possible une solution à ce problème, et comme aucune campagne internationale n'avait été annoncée, le Laboratoire SPIEZ a proposé à l'OFSP d'organiser une intercomparaison nationale en 2008. Cet exercice s'est déroulé du 16 au 18 septembre 2008 dans la région du Val Ferret et de la Vallée d'Entremont, en Valais.

En plus des échanges d'expérience et d'information entre experts, les objectifs de l'exercice 2008 étaient les suivants:

- comparer les résultats des mesures (et leurs incertitudes) de l'activité des différents radionucléides naturels et artificiels ainsi que du débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  global obtenus par les participants
- uniformiser les procédures utilisées par les différents laboratoires suisses et notamment les coefficients de conversion permettant de calculer les contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  à partir de l'activité spécifique d'un radionucléide (application des facteurs de conversion publiés par Lemerrier [2])
- compléter les données sur la radioactivité naturelle et artificielle d'une région de Suisse ayant fait l'objet de peu d'études jusqu'à présent.



**Figure 4:** Instrumentation in situ des différents participants sur le site de mesure de La Fouly.



**Figure 5:** Sites mesurés par les 5 équipes participantes lors de l'exercice in situ 2008.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, il était très important que tous les laboratoires suisses disposant d'un équipement de mesure in situ, à savoir l'Institut de Radiophysique Appliquée (IRA), le laboratoire de SPIEZ (LS), la Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires (DSN), le centre de compétence ABC (KompZen ABC) et l'Office Fédéral de la santé publique (URA/OFSP) participent à l'exercice. Ce fut chose faite: 12 personnes représentant ces 5 institutions ont répondu présentes. De plus, le programme de mesures sur le terrain été complété par diverses présentations théoriques relatives au calcul du débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  ainsi qu'à d'autres aspects importants dans le domaine de la spectrométrie in situ (géologie, distribution des radionucléides dans le sol, etc.).

Sept points de mesure, situés dans la région du Grand St-Bernard et représentés sur la figure 5 (en bleu), ont été retenus pour l'exercice. Même si des centaines de sites ont été étudiés par spectrométrie gamma in situ sur l'ensemble du territoire suisse depuis plus de 20 ans, la banque de données de l'OFSP ne contient que peu de données relatives à la radioactivité naturelle et artificielle de cette région, c'est pourquoi elle a été choisie.

### Résultats

Les résultats détaillés ont été publiés dans le rapport «Exercice in situ 2008, Val Ferret, Vallée d'Entremont, 16-18 septembre; F. Byrde, LS 2009-02 » disponible sur internet à l'adresse <http://tinyurl.com/insitu2008ch-pdf>. Nous n'en donnerons donc ici que les conclusions.

L'exercice d'intercomparaison 2008 a démontré la capacité de tous les laboratoires participants à identifier les radionucléides présents sur les sites examinés et à déterminer leur activité en supposant une distribution homogène de ces radionucléides dans le sol. Les résultats de l'ensemble des laboratoires se sont avérés cohérents, malgré les inhomogénéités de certains sites et aucun problème d'étalonnage des détecteurs n'a été mis en évidence. A la suite de cet exercice et des échanges qui s'y sont tenus, il apparaît que non seulement tous les laboratoires ont adapté leur procédure afin de pouvoir déterminer les contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  en [nSv/h] à partir des spectres in situ, mais également que les procédures et coefficients utilisés sont désormais identiques. Les résultats fournis par les différents laboratoires en termes d'exposition du public sont donc à nouveau comparables ce qui représente un progrès réel par rapport à la situation 2006. Cette avancée n'a été possible que grâce à la volonté commune de tous les laboratoires de mesure de remédier à la situation et aux efforts qu'ils ont fournis pour adapter leurs méthodes de travail; qu'ils en soient ici remerciés.

### Conclusions

Les mesures de spectrométrie gamma in situ réalisées par l'OFSP en 2008 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  $^{137}\text{Cs}$  du fallout et de Tchernobyl).

Cette méthode a 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'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  calculé à partir de l'analyse spectrométrique à celui mesuré avec une chambre d'ionisation. Ainsi, même si des traces de radioactivité artificielle ( $^{41}\text{Ar}$  dans l'enceinte du CERN, concentrations plus élevées de  $^{137}\text{Cs}$  au Tessin dues aux retombées de Tchernobyl) ont été décelées, les résultats en termes d'exposition du public n'ont mis en évidence aucune valeur susceptible de représenter un danger pour la santé de la population.

Finalement, l'exercice d'intercomparaison national en spectrométrie gamma in situ organisé en 2008 a montré que les résultats fournis par les différents laboratoires suisses sont à nouveau comparables, tant au niveau des activités spécifiques des radionucléides dans le sol que de leurs contributions au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$ . Les lacunes mises en évidence lors de l'exercice 2006 ont donc été en grande partie comblées, grâce à l'effort conjoint de tous les laboratoires.

# Kapitel 3.2

## Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM

**Cristina Danzi**

Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Nationale Alarmzentrale  
Ackermannstrasse 26, 8044 Zürich

**Übersicht**

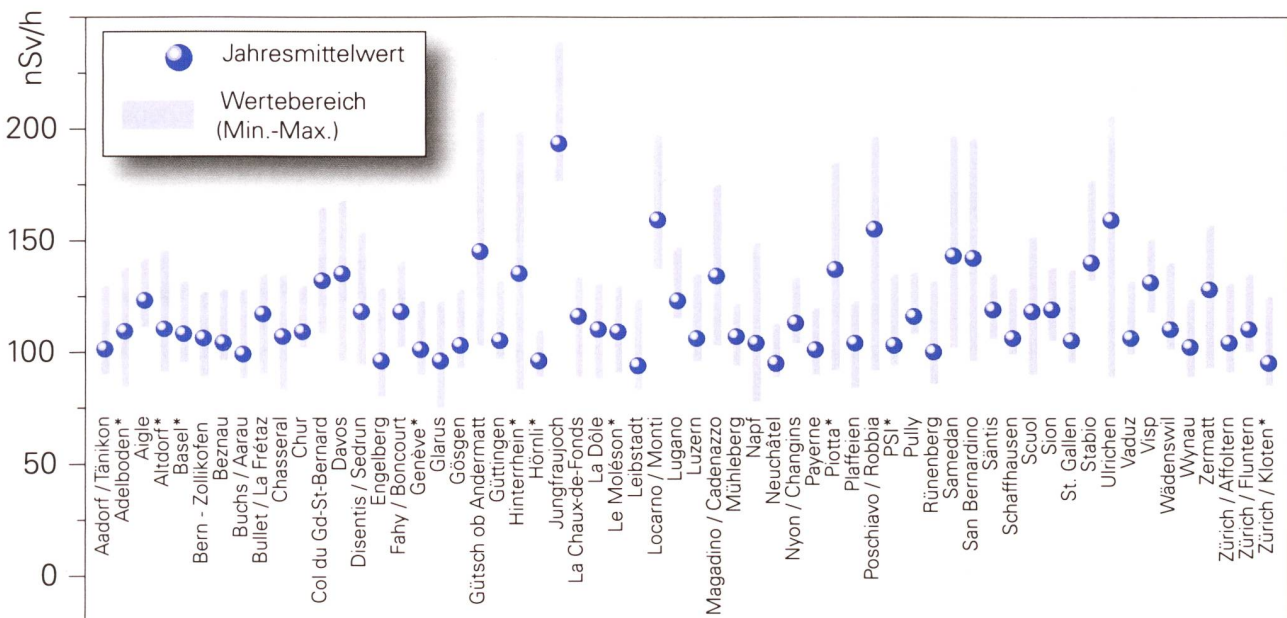
Das Netz für die automatische Dosisleistungsalarmierung und -messung (NADAM) dient der grossräumigen und permanenten Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz. Das Netz ist mit 60 Stationen (Stand 03.04.2009) über die ganze Schweiz verteilt und misst im 10 Minuten Abstand die  $\gamma$ -Ortsdosisleistung (ODL). Die Stationen befinden sich bei den Wetterstationen von MeteoSchweiz, d.h. zusätzlich zu den ODL-Daten sind auch Wetterdaten verfügbar, welche im Ereignisfall wichtige Zusatzinformationen liefern.

Die ODL-Werte der NADAM-Sonden werden täglich auf der Internetseite der NAZ ([www.naz.ch](http://www.naz.ch)) publiziert. Unter der Rubrik "Aktuell" können die Stundenmittelwerte der letzten drei Tage als auch die Tagesmittelwerte vom Vortag abgerufen werden.

Das NADAM-Netz dient auch als Frühwarnsystem und löst in der NAZ bei Überschreitung der Alarmschwelle (1 mikroSv/h) sofort eine Alarmmeldung aus, die ans NAZ Pikett geschickt wird. Bei einem radiologischen Ereignis unterstützt NADAM die NAZ bei der Bestimmung des gefährdeten Gebietes und der Beurteilung der allfällig notwendigen Massnahmen.

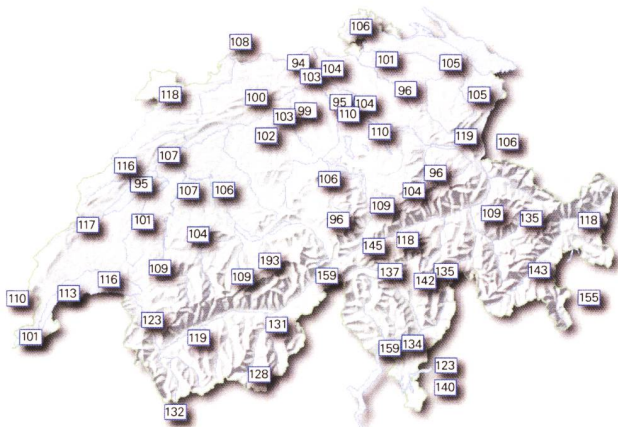
In der Berichtsperiode wurden bis auf einzelne technische Störungen bei der Messung oder der Datenübertragung keine besonderen Vorfälle registriert. Insbesondere wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen liessen.

Nach nahezu 20 Betriebsjahren wird das NADAM-Netz seit 2005 dem heutigen Stand der Technik angepasst und mit neuen Messsonden ausgerüstet. Der Umbau der NADAM-Sonden erfolgt parallel zur Erneuerung des



**Figur 1:** Jahresmittelwerte und Wertebereiche 2008 der NADAM-Sonden. Der dargestellte Wertebereich entspricht dem Bereich zwischen dem minimalen und dem maximalen Tageswert der Sonde im Jahr 2008. Bei den Stationen, die mit einem \* bezeichnet sind, handelt es sich entweder um alte Stationen, oder der Jahresmittelwert wurde basierend auf den Messwerten der alten Sonden berechnet.





**Figur 2:**  
Karte der Jahresmittelwerte 2008 der NADAM-Sonden. Der Jahresmittelwert der Ortsdosisleistung variiert je nach Standort zwischen 94 und 193 nSv/h.

Messnetzes von MeteoSchweiz. Bis Ende 2008 wurden insgesamt 50 bisherige Stationen umgerüstet und drei zusätzliche Standorte (Gütsch ob Andermatt, Zürich/Affoltern, San Bernardino) mit Messsonden ausgerüstet. Die Station Hinterrein (GR) wurde am 28.11.2008 durch MeteoSchweiz provisorisch ausser Betrieb genommen. Seit 19.02.2009 liefert diese Station wieder Messungen. Die vollständige Erneuerung der NADAM-Sonden an den bisherigen Standorten wird im Verlauf von 2009 abgeschlossen werden.

### Jahresmittelwerte und Erfahrungswerte 2008

Eine Übersicht der Jahres- sowie der extremen Tagesmittelwerte für die einzelnen Stationen ist in den Figur 1 und 2 dargestellt. Die bisherigen Erfahrungswerte wurden anhand der Messwerte 2008 überprüft und allenfalls angepasst. Insbesondere bei den 15 Stationen, welche 2008 mit einer neuen Messsonde ausgerüstet wurden, waren Anpassungen an den bisherigen Erfahrungswerten notwendig.

Bei den 2008 umgerüsteten Stationen Altdorf (UR), Hörlni (ZH) und Le Moléson (FR) war die Betriebszeit nach der Umrüstung kürzer als drei Monate. Deshalb wurde an diesen Standorten der Erfahrungswert noch mit den Werten der alten Sonde berechnet. Für die zwölf anderen umgerüsteten Stationen wurden die Erfahrungswerte, basierend auf den Daten seit Inbetriebnahme der neuen Sonde, ermittelt (In der Tabelle 1 fett ersichtlich).

Bei den Stationen Adelboden (BE) und Aigle (VD) mussten am 28.09.2007 bzw. 17.01.2008 wegen eines technischen Defektes die Sonden ausgewechselt werden. Die Erfahrungswerte wurden anhand der Messwerte der Ersatzsonden angepasst.

### Berechnung der Jahresmittelwerte und der Erfahrungswerte

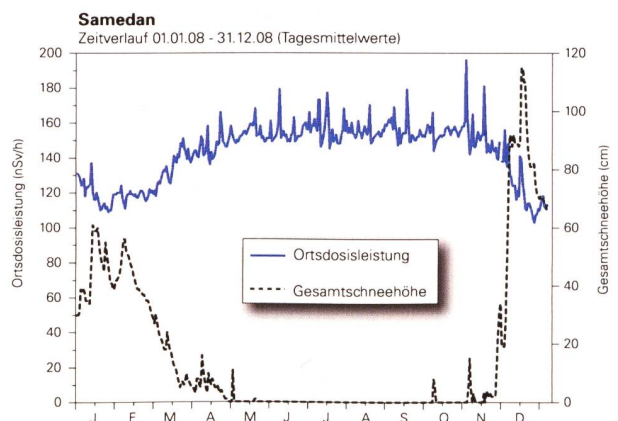
Der Erfahrungswert dient als Vergleichswert für die automatische Plausibilisierung der Messwerte und erleichtert somit das rasche Erkennen von erhöhten Messwerten. Er soll für jede Station repräsentativ sein und nicht von besonderen Bedingungen geprägt werden. So kann z.B. im Winter der Anteil der terrestrischen Strahlung durch die Schneedecke stark reduziert werden. Für die Bestimmung des Erfahrungswertes (siehe Tab. 1) wurden solche Tagesmittelwerte nicht berücksichtigt.

Beim Jahresmittelwert wurden hingegen alle plausiblen Tagesmittelwerte berücksichtigt. Deshalb unterscheiden sich Erfahrungs- und Jahresmittelwert vor allem bei denjenigen Stationen, deren Standorte im Winterhalbjahr über einen längeren Zeitraum unter einer Schneedecke liegen (siehe z.B. Stationen Gütsch und San Bernardino).

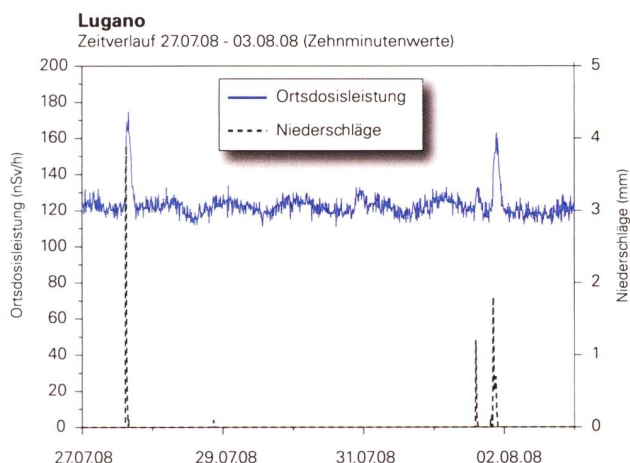
### Einige Bemerkungen über die Schwankungen der Messwerte

Die natürlich bedingte Ortsdosisleistung hängt von folgenden Faktoren ab: geologischer Untergrund, Höhe der Messung über Meer und meteorologische Verhältnisse (Regen, Schneedecke). Der geologische Untergrund bestimmt den Beitrag der terrestrischen Strahlung zur Ortsdosisleistung. In alpinen Gebieten mit uran- und thoriumhaltigem Gestein ist der Anteil der natürlichen Radioaktivität im Boden höher als z.B. im Mittelland. Dies führt zu einer höheren terrestrischen Strahlung.

Die Höhe des Sondenstandortes über Meer bestimmt den kosmischen Anteil zur ODL. Je höher der Messstandort, umso weniger wird die kosmische Strahlung durch die Atmosphäre abgeschwächt, d.h. umso grösser wird die Intensität der kosmischen Strahlung.



**Figur 3:**  
Einfluss der Schneedecke auf die gemessene ODL am Beispiel der Station Samedan (Jahresverlauf der ODL-Tagesmittelwerte in [nSv/h] und der Gesamtschneehöhe in [cm]).



**Figur 4:** Einfluss des Regens auf die gemessenen Zehn-Minuten-ODL-Werte am Beispiel der Station Lugano (ODL Zehn-Minuten-Wert in [nSv/h] und Zehn-Minuten-Summe der Regenmenge in [mm]).<sup>2</sup>

Die Beiträge sowohl der terrestrischen als auch der kosmischen Strahlung führen zu den regional beobachteten Unterschieden bei den Jahresmittelwerten.

Die Schwankungen des ODL-Verlaufs einer Station innerhalb eines Jahres beruhen grösstenteils auf den verschiedenen meteorologische Verhältnissen. Figur 3 zeigt z.B. den Einfluss von Schnee bei der NADAM Station Same-dan. Wegen der Abschirmung der terrestrische Strahlung durch die Schneedecke beobachtet man tiefere ODL-Werte in den Wintermonaten.

In Figur 1 sieht man diesen Effekt ebenfalls deutlich bei den Stationen Davos, Gütsch, Hinterrhein und Ulrichen.

Im Gegensatz dazu können die Zehn-Minuten-Werte der ODL bei Regen nach einer längeren Trockenperiode um bis zu einem Faktor zwei erhöht sein. Figur 4 zeigt den Einfluss des Regens bei der NADAM Station Lugano. Der Grund der kurzzeitigen Erhöhung liegt darin, dass die Folgeprodukte des natürlich vorkommenden Radon (<sup>222</sup>Rn) durch die Niederschläge ausgewaschen und am Boden deponiert werden. Da die Folgeprodukte eine kurze Halbwertszeit haben, normalisieren sich die ODL-Werte innerhalb weniger Stunden wieder.

Der Niederschlagseffekt zeigt sich auch sehr gut in den maximalen Tagesmittelwerten (Figur 1) der Stationen Lugano, Luzern, St. Gallen und Wädenswil.

- 1) Die Daten der Gesamtschneehöhe stammen von MeteoSchweiz
- 2) Die Niederschlagsdaten stammen von MeteoSchweiz

## Qualitätssicherung

Die neuen Sonden sind vom Hersteller typengeprüft und wurden durch das Institut universitaire de radiophysique appliquée (IRA) geeicht. Im Einverständnis mit der Aufsichtsbehörde wurde die Gültigkeit des Eichzertifikats auf fünf Jahre festgelegt. Nach Ablauf dieser Zeit werden die Sonden neu geeicht. Während der jährlichen Funktionsprüfungen werden Sonden, welche eine Abweichung von mehr als 7% des gemessenen Wertes zum Sollwert aufzeigen, ausgewechselt.

Die Resultate für 2008 zeigen, dass sowohl die neuen als auch die alten NADAM-Stationen stabil und zuverlässig sind.

## Erneuerung der NADAM-Sonden

Seit April 2005 wird das Messnetz von MeteoSchweiz umgebaut und auf den neuesten Stand der Technik gebracht. Parallel dazu werden auch die alten NADAM-Sonden durch neue Fühler ersetzt. Die neuen Sonden sind mit drei Geiger-Müller-Zählrohren ausgerüstet, zwei für den Niederdosis- und eines für den Hochdosisbereich. Dadurch erhöht sich die Genauigkeit im Untergrundbereich. Der Messbereich wird auch wesentlich grösser (10 nSv/h – 10 Sv/h) und deckt nun die ganze Spanne bis hin zu Dosisleistungen ab, wie sie z.B. nach einem A-Waffenunfall zu messen wären.

Weitere Verbesserungen ergeben sich bei der Eichung der einzelnen Sonden, bei der direkten Berechnung von Impuls/Sekunde auf mikroSv/h, und beim Abzug des Eigeneffekts. Dieser ist vom Hersteller für jede Sonde einzeln gemessen worden und wird automatisch vom Messwert subtrahiert.



**Figur 5:** Eine alte und eine neue NADAM-Sonde bei der Station Zürich-Fluntern: Die alte Sonde ist das Messgerät mit der abgerundeten Spitze auf der linken Seite des Mastes. Die neue Sonde steht rechts im Bild.

**Tabelle 1:**

Erfahrungswerte der neuen Messsonden (Stand 31.12.2008). Die im Jahr 2008 mit neuen Sonden ausgerüsteten Stationen sind fett markiert. Bei den mit einem \* bezeichneten Stationen wurden nur die Messdaten der alten Sonde berücksichtigt, da die Betriebszeit der neuen Sonde im Jahr 2008 weniger als drei Monate betrug. Die Erfahrungswerte für diese Stationen sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Station	Datum der Inbetriebnahme	Erfahrungswerte
		[nSv/h]
Aigle (AIG)	01.09.05	123
<b>Altdorf (ALT)</b>	<b>08.12.08</b>	- *
Bern/Zollikofen (BER)	03.08.06	106
<b>Beznau (BEZ)</b>	<b>03.06.08</b>	<b>104</b>
<b>Buchs/Aarau (BUS)</b>	<b>05.05.08</b>	<b>99</b>
Nyon /Changins (CGI)	13.10.05	113
Chasseral (CHA)	05.12.06	112
Chur (CHU)	23.03.07	109
Davos (DAV)	14.12.06	149
Disentis/Sedrun (DIS)	14.12.06	121
Engelberg (ENG)	14.12.06	96
Fahy/Boncourt (FAH)	12.04.06	118
Col du Gd-St Bernard (GSB)	11.11.05	134
Glarus (GLA)	13.10.05	96
<b>Gösgen (GOE)</b>	<b>03.06.08</b>	<b>103</b>
Gütsch ob Andermatt (GUE)	01.09.05	178
Güttingen (GUT)	29.08.06	105
<b>Hörnli (HOE)</b>	<b>03.12.08</b>	- *
Jungfrauoch (JUN)	29.08.06	193
La Chaux-de-Fonds (CDF)	10.11.05	119
La Dôle (DOL)	14.12.06	114
Bullet/La Frétaz (FRE)	24.02.06	120
<b>Leibstadt (LEI)</b>	<b>03.06.08</b>	<b>94</b>
Locarno-Monti (OTL)	23.03.07	159
Lugano (LUG)	04.10.06	123
Luzern (LUZ)	05.12.06	106
Magadino/Cadenazzo (MAG)	15.02.06	135
<b>Le Moléson (MLS)</b>	<b>14.10.08</b>	- *
<b>Mühleberg (MUB)</b>	<b>26.05.08</b>	<b>107</b>
Napf (NAP)	03.07.07	111
<b>Neuchâtel (NEU)</b>	<b>14.07.08</b>	<b>95</b>
Payerne (PAY)	05.12.06	101
Plaffeien (PLF)	08.08.05	104
Pully (PUY)	19.01.06	116

Zürich/Affoltern (REH)	11.09.07	104
<b>Poschiavo/Robbia (ROB)</b>	<b>23.01.08</b>	<b>159</b>
Rünenberg (RUE)	09.08.06	100
Samedan (SAM)	03.07.07	153
San Bernardino (SBE)	19.01.06	166
Säntis (SAE)	30.11.05	119
<b>Schaffhausen (SHA)</b>	<b>30.07.08</b>	<b>106</b>
Scuol (SCU)	24.02.06	122
Sion (SIO)	13.10.05	119
<b>St. Gallen (STG)</b>	<b>23.01.08</b>	<b>105</b>
Stabio (SBO)	im Umbau seit 28.07.08	- *
Aadorf/Tänikon (TAE)	04.10.06	101
<b>Ulrichen (ULR)</b>	<b>28.05.08</b>	<b>171</b>
Vaduz (VAD)	03.08.06	106
<b>Visp (VIS)</b>	<b>29.09.08</b>	<b>131</b>
<b>Wädenswil (WAE)</b>	<b>04.06.08</b>	<b>110</b>
Wynau (WYN)	29.09.05	102
Zermatt (ZER)	01.09.05	135
Zürich/Fluntern (SMA)	11.07.07	110

**Tabelle 2:**

Liste der alten Sonden (Stand 31.12.2008). Die fett markierten Stationen sind im Jahr 2008 neu ausgerüstet worden. Da die Betriebszeit der neuen Sonde kürzer als drei Monaten war, wurde der Erfahrungswert basierend auf den Messdaten der alten Sonde berechnet.

Station	Erfahrungswerte
	[nSv/h]
Adelboden (ABO)	111
<b>Altdorf (ALT)</b>	<b>110</b>
Basel (BAS)	108
Genève (GVE)	101
Hinterrhein (HIR)	160 **
<b>Hörnli (HOE)</b>	<b>96</b>
Zürich/Kloten (KLO)	95
<b>Le Moléson (MLS)</b>	<b>110</b>
Piotta (PIO)	147
Paul Scherrer Institut (PSI)	103
<b>Stabio (SBO)</b>	<b>140</b>

\*\* Die Station Hinterrhein (GR) wurde am 28.11.2008 durch MeteoSCHWEIZ provisorisch ausser Betrieb genommen. Seit 19.02.2009 liefert diese Station wieder Messungen.

# Kapitel 3.3

## Aeroradiometrische Messungen

**B. Bucher<sup>1</sup>, G. Butterweck<sup>2</sup>, L. Rybach<sup>3</sup>, G. Schwarz<sup>1</sup>,**

<sup>1</sup> Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, 5232 Villigen-ENSI

<sup>2</sup> Abteilung für Strahlenschutz und Sicherheit, Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI

<sup>3</sup> Institut für Geophysik, ETH Zürich, 8092 Zürich

### Zusammenfassung

Bei der jährlichen Messübung des Stab BR NAZ vom 26. bis 29. Mai 2008 wurde turnusgemäss im Auftrag des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorates (ENSI) die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL), des Paul Scherrer Instituts (PSI) sowie der ZWILAG aeroradiometrisch vermessen. Die Messungen ergaben ähnliche Werte wie in früheren Jahren. So wurde beim KKL Streustrahlung des Aktivierungsprodukts <sup>16</sup>N gemessen und über dem PSI Ost das Bundeszwischenlager (BZL) anhand von <sup>60</sup>Co detektiert. Über dem PSI West wurden schwache Signale von Annihilationsstrahlung und <sup>41</sup>Ar registriert. Über KKB und ZWILAG wurden keine erhöhten Werte festgestellt. Ausserhalb der umzäunten Areale wurde keine künstliche Radioaktivität gemessen, welche nicht auf den Tschernobyl- oder Bombentest-Fallout zurückzuführen wäre.

Mit Basel, Bern und Genf wurde die Messreihe über Städten fortgesetzt. Dabei wurden keine erhöhten Werte festgestellt.

### Einleitung

Aeroradiometrische Messungen in der Schweiz begannen 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 km<sup>2</sup>) der schweizerischen Kernanlagen jährlich aeroradiometrisch vermessen. Im Jahre 1994 ging man zu einem Zweijahresrhythmus über, wobei abwechselnd 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).

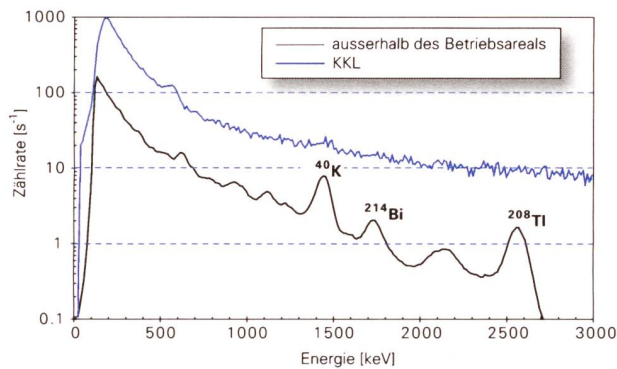
Im Jahre 1994 wurde die Aeroradiometrie in die Einsatzorganisation Radioaktivität des Bundes integriert. Als mögliche Einsatzfälle stehen Transport- und Industrieunfälle mit radioaktivem Material, KKW-Störfälle, Abstürze von Satelliten mit Nuklearreaktoren und „Dirty“ Bombs im Vordergrund. Die jährlichen Messprogramme werden durch die Fachgruppe Aeroradiometrie festgelegt. Der Einsatz erfolgt unter der Regie der Nationalen Alarmzentrale (NAZ). Unterhalt und Bereitstellung des Messsystems erfolgen seit 2004 durch das Paul Scherrer Institut (PSI).

Während der Jahre 2004 und 2005 wurden die Messsysteme erneuert und dabei die Online-Datenauswertungs- und Kartierungssoftware in die Messsysteme integriert. 2006 wurde ein zweiter Detektor mit 16.8 l Volumen beschafft, kalibriert und bei den Messflügen 2007 erstmals eingesetzt.

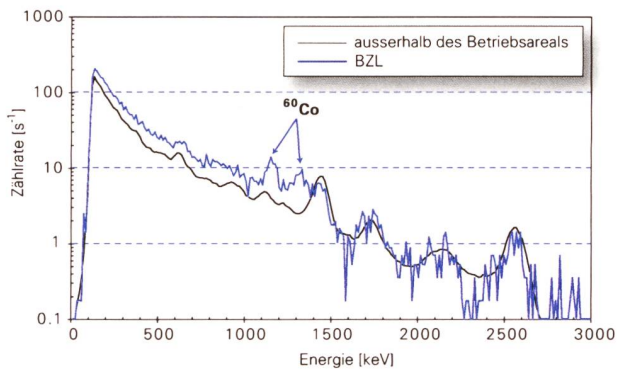
### Messungen und Messresultate 2008

Die Messflüge 2008 fanden vom 26. bis 29. Mai unter der Leitung von G. Scharding (Nationale Alarmzentrale) statt. Turnusgemäss wurde das Messgebiet um die Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL), um das Paul Scherrer Institut (PSI) sowie um die Zwischenlager AG (ZWILAG) in Würenlingen aeroradiometrisch vermessen. Zusätzlich wurde die Messreihe über Schweizer Städten mit Basel, Bern und Genf weitergeführt.

Die Ergebnisse im Messgebiet KKB, KKL, PSI und ZWILAG zeigten ein ähnliches Bild wie in früheren Jahren. Einmal mehr konnte das KKL anhand der gestreuten Photonenstrahlung des Aktivierungsproduktes  $^{16}\text{N}$  (Gammahauptlinie bei 6.1 MeV) detektiert werden (Abb. 1). Das Aktivierungsprodukt  $^{16}\text{N}$  gelangt bei Siedewasserreaktoren durch die Frischdampfleitung ins Maschinenhaus. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise gering abgeschirmt ist, kann die gestreute Gammastrahlung des  $^{16}\text{N}$  im Energiebereich von 0 - 3 MeV aus der Luft gut gemessen werden.

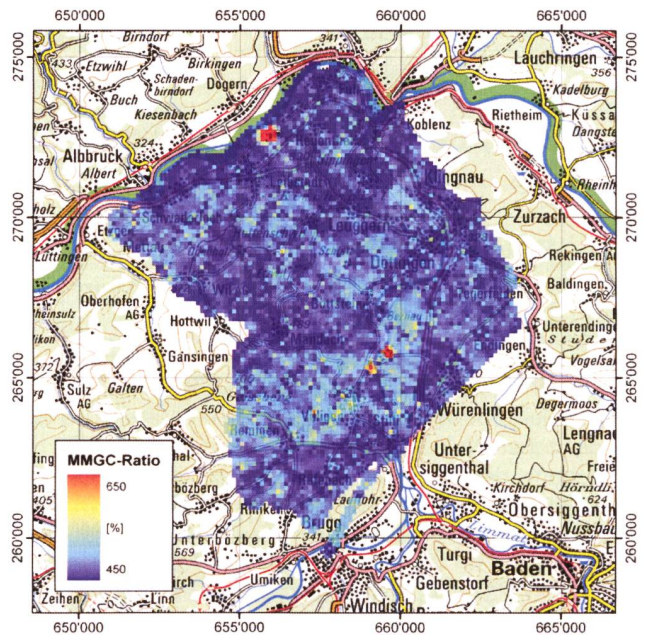


**Abbildung 1:**  
Photonenspektrum über dem KKL im Vergleich zum Untergrund. Das KKL-Spektrum wird dominiert durch die gestreute Photonenstrahlung des  $^{16}\text{N}$ . Beim Untergrundsspektrum können die Peaks der natürlichen Radionuklide  $^{40}\text{K}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  und  $^{208}\text{Tl}$  erkannt werden.



**Abbildung 2:**  
Photonenspektrum über dem BZL im Vergleich zum Untergrund.

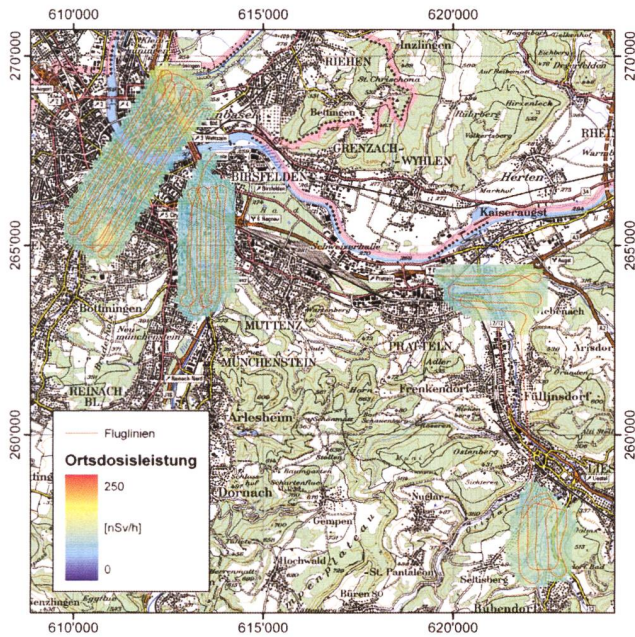
Über dem PSI Ost wurden im Bereich des Bundeszwischenlagers (BZL) deutlich die Gammalinien von  $^{60}\text{Co}$  identifiziert (Abbildung 2). Über dem Areal PSI West führten Annihilationsstrahlung, die durch Positronenstrahler verursacht wird, und Photonenemissionen von  $^{41}\text{Ar}$  zu erhöhten Werten beim MMGC-Ratio (Verhältnis zwischen Zählrate im Energiebereich 400 keV - 1400 keV zu Zählrate im Energiebereich 1400 keV - 3000 keV). In der Abbildung 3 ist das MMGC-Ratio im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG dargestellt.



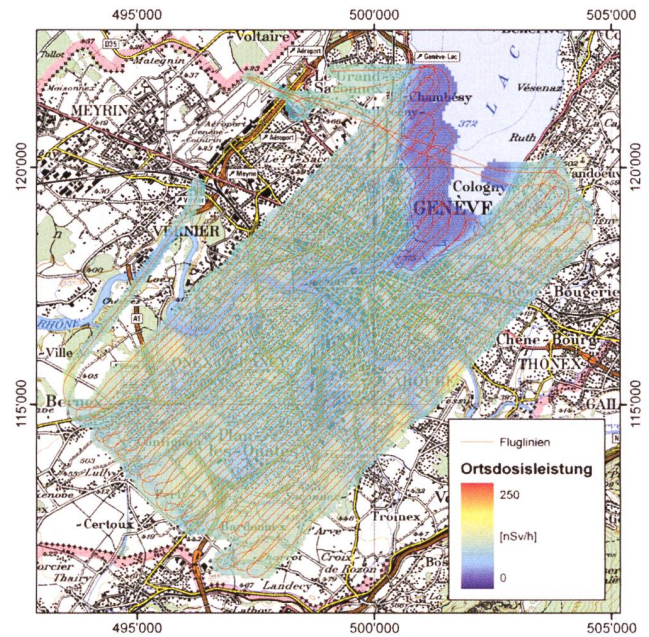
**Abbildung 3:**  
Karte des MMGC-Ratio im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG. Kartendaten: PK200 © swisstopo.

Das KKB und die ZWILAG konnten aeroradiometrisch nicht detektiert werden. Ausserhalb der Betriebsareale wurde keine künstliche Radioaktivität festgestellt, die nicht auf den Tschernobyl- oder Bombentests-Fallout zurückzuführen wäre.

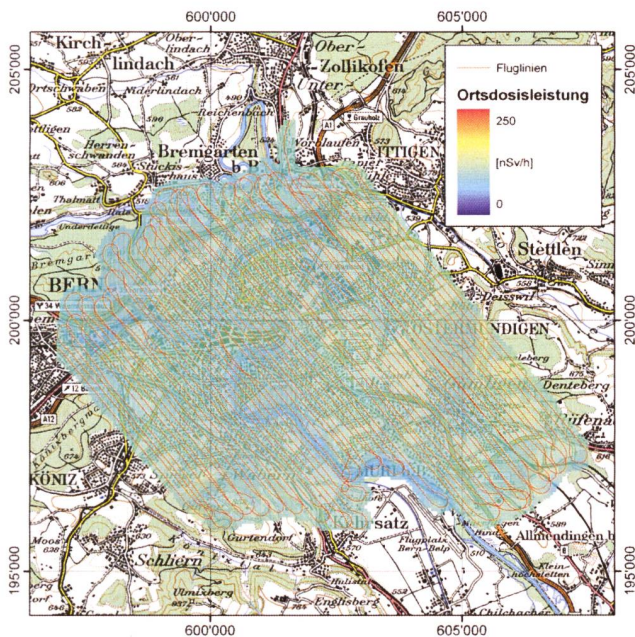
Die Ergebnisse über den Städten Basel, Bern und Genf zeigen durchwegs Werte, die aufgrund des geologischen Untergrunds und der geographischen Lage zu erwarten sind. Es wurden keine Anomalien entdeckt, die auf künstliche Radioaktivität zurückzuführen sind. In den Abbildungen 4, 5 und 6 sind jeweils die Ortsdosisleistungskarten mit den Fluglinien dargestellt. Flüsse und Seen zeichnen sich durch deutliche Minima ab.



**Abbildung 4:**  
Fluglinien und Ortsdosisleistung im Messgebiet Basel.  
Kartendaten: PK100 © swisstopo.



**Abbildung 6:**  
Fluglinien und Ortsdosisleistung im Messgebiet Genf.  
Kartendaten: PK100 © swisstopo.



**Abbildung 5:**  
Fluglinien und Ortsdosisleistung im Messgebiet Bern.  
Kartendaten: PK100 © swisstopo.

#### Literatur

- Bucher, B., 2001: Methodische Weiterentwicklungen in der Aeroradiometrie. Dissertation Nr. 13973, ETH Zürich.
- Bucher, B., Butterweck, G., Rybach, L., Schwarz, G., 2009: Aeroradiometrische Messungen im Rahmen der Übung ARM08. PSI-Bericht Nr. 09-02, ISSN 1019-0643.
- Schwarz, G. F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. 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.

