

**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:** - (2013)

**Rubrik:** Externe Strahlung = Rayonnement externe

### **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>**

# Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz

## Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse

### Ergebnisse 2013 Résultats 2013



## 3

### Externe Strahlung Rayonnement externe

<b>3.1 Mesures in situ et exposition externe</b>	<b>36</b>
Résumé	36
Introduction	36
Méthodologie in situ	37
Résultats in situ 2013	38
Développement de la méthode	38
Conclusions	40
<b>3.2 Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM</b>	<b>41</b>
Zusammenfassung	41
Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2013	43
Die europäische Plattform EURDEP	44
Qualitätssicherung	46
<b>3.3 Aeroradiometrische Messungen</b>	<b>47</b>
Zusammenfassung	47
Einleitung	47
Messungen und Messresultate 2013	48



## 3.1

# Mesures in situ et exposition externe

**S. Estier, A. Gurtner**

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

### Résumé

En 2013, les mesures in situ ont essentiellement portées 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 atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl. Même si cette contamination reste plus importante au Tessin et localement dans les régions montagneuses (Alpes, Jura) par rapport au Plateau suisse, les résultats in situ 2013 n'ont 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 en surveillance normale visent, quant à elles, avant tout 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 l'IFSN (Villigen), du Laboratoire de 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, d'estimer leurs activités et de calculer 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<sup>1</sup>, notamment pour la détermination de l'activité des radionucléides présents sur le site. Les coefficients de conversion permettant l'évaluation des diverses contributions au débit d'exposition à partir des concentrations radioactives dans le sol ont par contre été revus par rapport à ceux de la publication ICRU 53, car ils ne correspondaient plus aux standards actuels. En effet, la grandeur dosimétrique de référence pour la détermination de l'exposition du public (irradiation externe) est aujourd'hui l'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$ , exprimé en [nSv/h], et non plus le débit de kerma dans l'air, en [nGy/h]. Les coefficients de conversion actuellement utilisés au laboratoire de l'OFSP sont détaillés plus bas<sup>2,3</sup>.

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 [Bq/kg] ou [Bq/m<sup>2</sup>], pour peu que la distribution de chacun d'eux soit connue (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. 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 l'<sup>238</sup>U et du <sup>232</sup>Th ainsi que pour le <sup>40</sup>K et le <sup>137</sup>Cs, dans le cas d'une distribution homogène de ces radionucléides dans le sol, sont résumés dans le tableau 1<sup>2,3</sup>.

La contribution d'origine naturelle au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  s'obtient par sommation des composantes locales du rayonnement terrestre (<sup>40</sup>K, séries <sup>238</sup>U et <sup>232</sup>Th), évaluées pour une distribution homogène de ces radionucléides

dans le sol, 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<sup>4</sup>, et s'écrit :

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

où Z est l'altitude en km.

Pour connaître la contribution des radionucléides artificiels au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$ , deux approches sont possibles. La première consiste à soustraire la contribution 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 globale 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. Si par contre, la distribution dans le sol de chacun des radionucléides artificiels présents sur le site est connue, on choisira plutôt de calculer leur contribution respective à l'exposition à partir de leur concentration radioactive dans le sol.

La somme des contributions naturelles et artificielles calculées à partir des spectres in situ est finalement comparée à la valeur globale mesurée avec la chambre d'ionisation, afin d'évaluer la fiabilité de la méthode de reconstitution.

**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 l'<sup>238</sup>U et du <sup>232</sup>Th ainsi que pour le <sup>40</sup>K et le <sup>137</sup>Cs, dans le cas d'une distribution homogène de ces radionucléides dans le sol<sup>2,3</sup>.*

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

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

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 <http://www.bag.admin.ch/ksr-cpr/04340/04784/04843/index.html?lang=fr>

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



## Résultats in situ 2013

En 2013, 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. Des mesures par spectrométrie gamma in situ ont également été effectuées sur les trois sites de référence pour la surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse, à savoir Grange-neuve-Posieux/FR, Güttingen/TG et Cadenazzo/Ti.

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 2013. 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 et 2, il apparaît tout d'abord que les radionucléides détectés au voisinage des centrales nucléaires et des centres de recherche (PSI, CERN) ainsi que leur contribution au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  ne se distinguent pas notablement de ceux enregistrés sur les sites de référence, situés hors influence de ces installations, comme Güttingen ou Posieux. Le seul radionucléide d'origine artificielle mis en évidence sur les spectres in situ en 2013 est le  $^{137}\text{Cs}$ . Ce dernier a été enregistré sur tous les sites de mesure. Cette méthode montre par ailleurs que les valeurs plus élevées de débit de dose enregistrées à Salvisberg, Niederruntigen et Ufem Horn, proches de la centrale nucléaire de Mühleberg, sont d'origine naturelle. Elles sont en effet essentiellement dues aux concentrations plus importantes de  $^{40}\text{K}$  dans le sol, ainsi que, dans une moindre mesure, au rayonnement cosmique légèrement plus élevé en raison de l'altitude supérieure de ces sites.

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. Comme le montre la figure 3, les concentrations de ce radionucléide dans le sol varient de façon importante d'un site à l'autre au sein du canton, il s'avère donc difficile de définir une valeur de référence unique

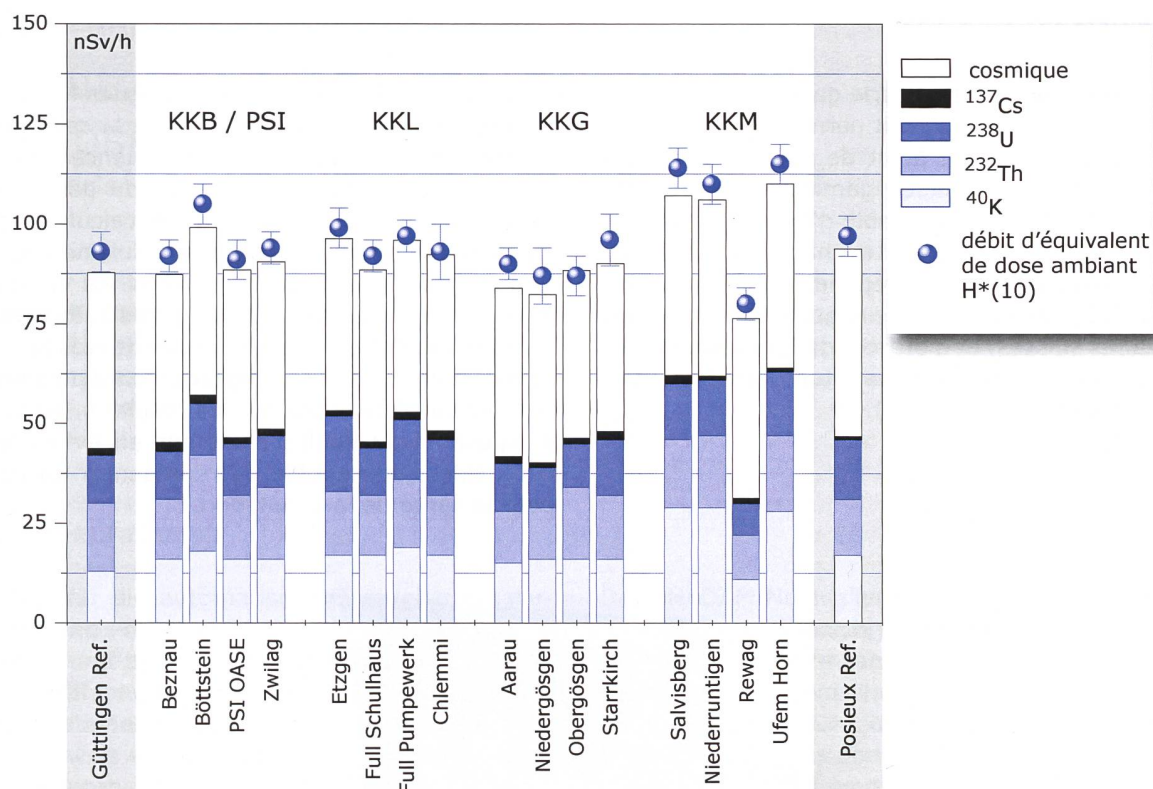
pour la contamination du sol en  $^{137}\text{Cs}$  au Tessin. Ces variations s'expliquent d'une part par les différences de dépositions initiales, directement proportionnelles aux précipitations lors du passage du nuage radioactif post-tchernobyl au-dessus du canton, et d'autre part par les différences de nature et de traitement des sols depuis 1986 (travaux, sols retournés ou non, etc.).

Notons pour terminer que, pour tous les sites examinés, les différences entre reconstruction in situ et mesures globales par chambre d'ionisation sont restées inférieures à 10%, attestant ainsi que les résultats obtenus par cette méthode traduisent bien la réalité.

## Développement de la méthode

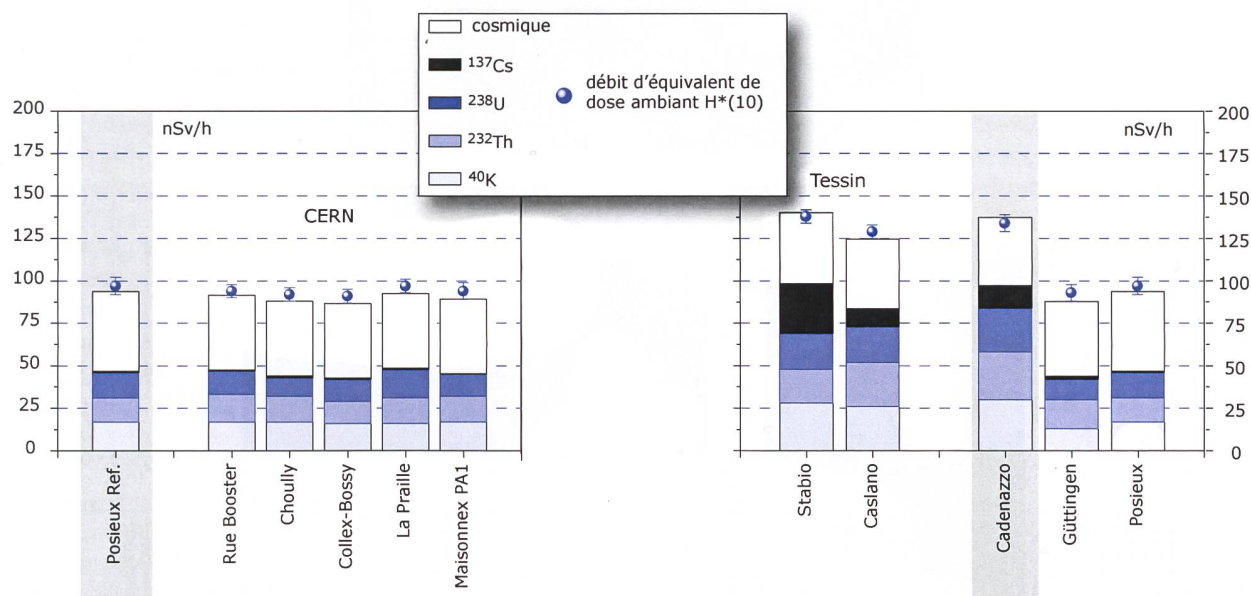
En 2013, le laboratoire de Spiez, de l'IFSN et celui de l'OFSP se sont équipés d'équipements complémentaires pour réaliser des mesures par spectrométrie gamma in situ avec collimateur (figure 4). Cette technique de mesure, bien que basée sur le même principe que la spectrométrie in situ classique mise en oeuvre jusqu'à présent, est généralement utilisée dans un tout autre contexte que celui de la surveillance environnementale et la méthodologie décrite plus haut ne s'applique plus. La principale application est en effet la mesure d'objets potentiellement contaminés de grand volume afin de déterminer si leur activité est inférieure ou non au seuil de libération, autrement dit afin de savoir s'ils satisfont les conditions pour être éliminés de manière conventionnelle ou s'ils doivent être traités comme déchets radioactifs.

Afin de valider le développement de cette nouvelle application de la spectrométrie in situ, les trois laboratoires ont participé à une intercomparaison internationale à Regensburg/D en automne 2013.



**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 2013 ainsi qu'aux points de référence de Güttingen/TG et Posieux/FR (en grisé). La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  avec chambre d'ionisation est également représentée.



**Figure 3:**

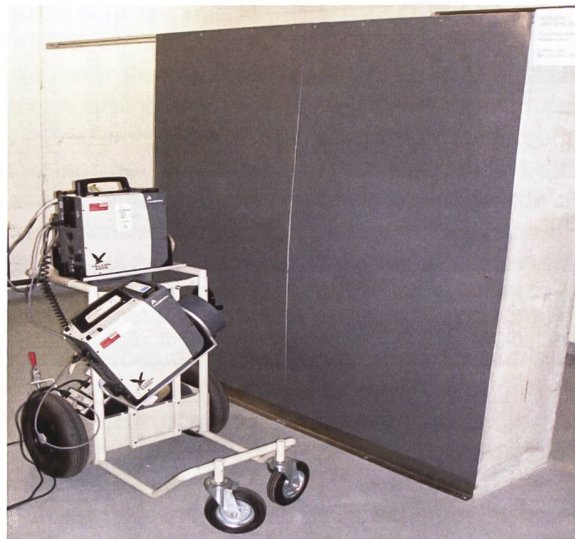
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  calculées à partir des spectres *in situ* (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2013 au Tessin ainsi que sur les 3 sites de référence (en grisé: Cadenazzo site de référence pour le sud des Alpes) pour la surveillance de la radioactivité dans l'environnement. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant  $H^*(10)$  avec chambre d'ionisation est également représentée.



## Conclusions

Les mesures de spectrométrie gamma in situ réalisées par l'OFSP en 2013 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  $^{137}\text{Cs}$  des retombées des essais nucléaires 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. Même si les concentrations plus élevées de  $^{137}\text{Cs}$  dues aux retombées de Tchernobyl sont toujours plus importantes au Tessin et localement dans les régions montagneuses par rapport au plateau Suisse, 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.



**Figure 4:**  
Développement de la méthode: mesure in situ avec collimation (IC Regensburg/D 2013).



## 3.2

# Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM

**C. Danzi, F. Stoffel**

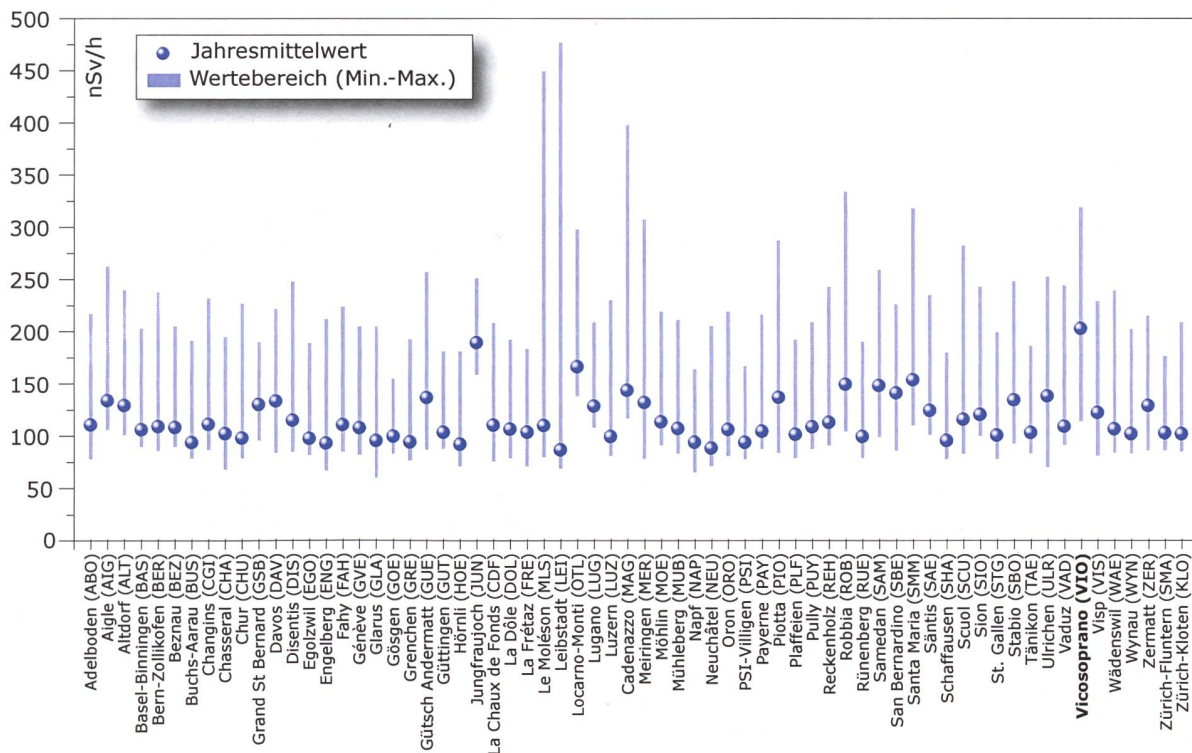
Nationale Alarmzentrale NAZ, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS,  
Ackermannstrasse 26, 8044 Zürich

## Zusammenfassung

Das Netz für die automatische Dosisleistungsalarmierung und -messung (NADAM) dient der grossräumigen und permanenten Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz. Das Netz besteht aus 66 Stationen (Stand 31.12.2013), die über die ganze Schweiz verteilt sind. Alle Stationen messen in 10 Minuten Intervallen die  $\gamma$ -Ortsdosisleistung (ODL,  $H^*(10)$ ).

Das NADAM-Netz dient auch als Frühwarnsystem, da jede Überschreitung eines Alarmwerts an die Nationale Alarmzentrale (NAZ) gemeldet wird. Bei einem radiologischen Ereignis unterstützt das NADAM-Netz die NAZ bei der Bestimmung des gefährdeten Gebietes und der Beurteilung der allfällig notwendigen Schutzmassnahmen.

Im Jahr 2013 wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen liessen.



**Figur 1:**

Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2013 der NADAM-Sonden. Der dargestellte Erfahrungsbereich entspricht dem Bereich zwischen dem minimalen und dem maximalen 10-Min-Wert der Sonde im Jahr 2013. Die Station Vicosoprano ist fett markiert, da sie im Verlauf von 2013 neu in Betrieb genommen wurde.

## Einleitung

Die permanente Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz wird von den 66 über die ganze Schweiz verteilten NADAM-Stationen (Stand 31.12.2013) garantiert. Die Stationen befinden sich bei den Wetterstationen von MeteoSchweiz und liefern alle zehn Minuten Daten zur Ortsdosisleistung (ODL,  $H^*(10)$ ). In Ergänzung zu den ODL-Daten sind damit auch Wetterdaten verfügbar, die wichtige Zusatzinformationen für die Interpretation der Messwerte liefern.

Die Sonden sind mit drei Geiger-Müller-Zählrohren bestückt, zwei für den Niederdosis- und eines für den Hochdosisbereich. Der Messbereich geht von 10 nSv/h bis 10 Sv/h und deckt somit sehr gut den Untergrundsbereich bis hin zu Dosisleistungen ab, wie sie z.B. nach einem A-Waffenexplosion zu messen wären.

Das NADAM-Netz wird von der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) betrieben. Die NAZ ist die Fachstelle des Bundes für ausserordentliche Ereignisse. Im Bereich „erhöhte Radioaktivität“ hat sie besonders umfangreiche Aufgaben: Warnung der Behörden, Information der Bundesstellen, der Kantone und der internationalen Kontaktstellen (IAEA, EU). Sie kann bei unmittelbarer Gefährdung zudem die Alarmierung und Sofortmassnahmen zum Schutz der Bevölkerung anordnen. Das NADAM-Netz dient also als Frühwarnsystem. Wird die Alarmschwelle (1 mikroSv/h) überschritten, löst dies in der NAZ eine Alarmmeldung aus. In der NAZ wird der Wert

verifiziert (Ausschluss von technischen Problemen, Überprüfung der meteorologischen Daten und Vergleich mit Nachbarstationen), eventuell werden weitere Messmittel für Abklärungen vor Ort angeboten. Bei einem ernsthaften Verdacht auf eine mögliche radiologische Gefährdung wird die ganze NAZ aufgebotsen und die Behörden des betroffenen Kantons orientiert. Bei einem radiologischen Ereignis unterstützt das NADAM-Netz die NAZ bei der Bestimmung des gefährdeten Gebietes und der Beurteilung der allfällig notwendigen Massnahmen.

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 sowie die Tagesmittelwerte vom Vortag abgerufen werden. Im Jahr 2013 wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen liessen. Es wurden nur einzelne technische Störungen bei der Messung oder der Datenübertragung registriert.

Im Februar 2013 wurde in Vicosoprano eine neue Station in Betrieb genommen.

Eine Analyse des heutigen NADAM-Netzes hat gezeigt, dass insbesondere in den Zonen 2 um die schweizerischen Kernkraftwerke ein zusätzlicher Bedarf an fixen, automatischen ODL-Messstationen besteht. Aus diesem Grund wird in den kommenden Jahren das NADAM-Netz um 12 Standorte erweitert.



**Figur 2:**

Karte der Jahresmittelwerte 2013 aller NADAM-Sonden in Nanosievert pro Stunde, basierend auf den 10-Min-Werten. Der Jahresmittelwert der Ortsdosisleistung variiert je nach Standort zwischen 87 und 203 nSv/h.



## Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2013

Übersichten der Jahresmittelwerte und der extremen 10-Minuten-Werte für die einzelnen Stationen sind in den Figuren 1 und 2 dargestellt.

Wie jedes Jahr wurden die bisherigen Erfahrungsbereiche anhand der aktuellen Messwerte überprüft und bei Bedarf angepasst. Der Erfahrungsbereich hilft bei der automatischen Plausibilisierung der Messwerte und erleichtert somit das rasche Erkennen von erhöhten Messwerten, die unter der Schwelle von 1 mikroSv/h liegen.

### Eine detailliertere Analyse der Station Gütsch ob Andermatt

Die natürlich bedingte Ortsdosisleistung (ODL) wird vom Standort (geologischer Untergrund, Höhe über Meer) und von den meteorologischen Verhältnissen (Regen, Schneedecke) beeinflusst.

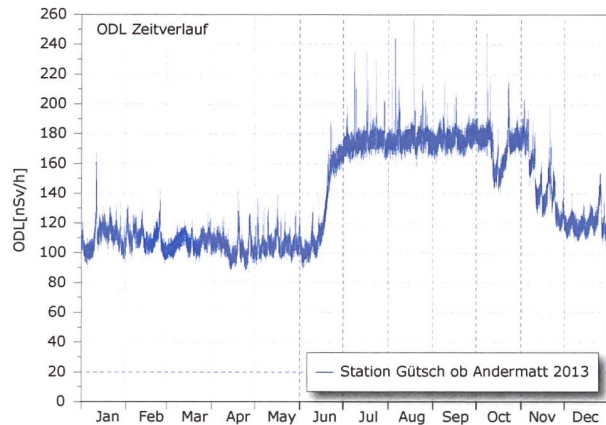
Der geologische Untergrund bestimmt den Beitrag der terrestrischen Strahlung zur Ortsdosisleistung. In alpinen Gebieten mit uran- und thoriumhaltigem Gestein ist der Anteil der natürlichen Radioaktivität im Boden höher als z.B. im Mittelland. Dies führt zu einer höheren terrestrischen Strahlung.

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

Die Beiträge der terrestrischen und der kosmischen Strahlung führen zu den regional beobachteten Unterschieden bei den Jahresmittelwerten.

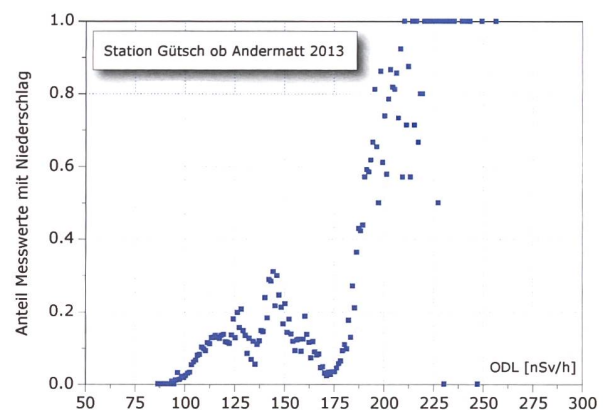
Die Schwankungen des ODL-Verlaufs einer Station innerhalb eines Jahres reflektieren dann grösstenteils die variablen meteorologischen Verhältnisse am Standort (siehe Figur 3).

In Figur 3 kann man die Einflüsse von Regen und Schnee auf die ODL-Daten gut erkennen. Einerseits erkennt man gut, dass während der lange Periode mit einer Schneedecke die terrestrische Strahlung abgeschirmt wird und damit die ODL-Werte deutlich tiefer liegen als in den schneefreien Sommermonaten. Den gleichen Effekt erkennt man auch an den minimalen 10-Minuten-Werten der Stationen Ulrichen (-49% im Vergleich zum Jahresmittelwert), Vicosoprano (-43%) und Davos (-37%) (siehe Figur 1).



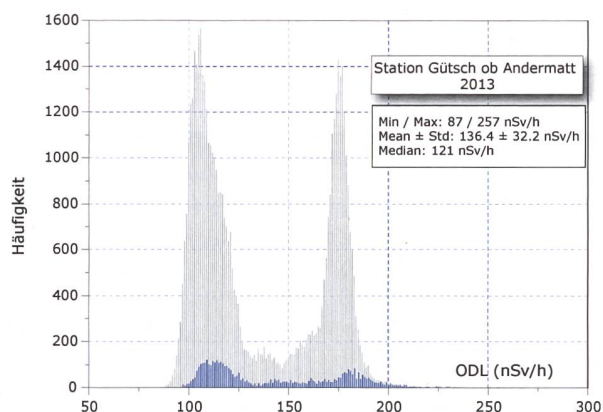
**Figur 3:**

Zeitverlauf der 10-Min-Werte für die Station Gütsch ob Andermatt im Jahr 2013. Deutlich sichtbar sind die niedrigeren Ortsdosisleistungswerte während des langen Winters, in denen der Schnee die terrestrische Strahlung abschirmt.



**Figur 4:**

Korrelation zwischen den 10-Min-Werten und den Niederschlägen für die Station Gütsch ob Andermatt im Jahr 2013. Die Ortsdosisleistungswerte über 210 nSv/h korrelieren sehr gut mit Niederschlägen.



**Figur 5:**

Verteilung der 10-Min-Werte für die Station Gütsch ob Andermatt im Jahr 2013; grau: alle Messwerte; blau: Messwerte während Niederschlägen. Deutlich sichtbar: Die beiden grauen Spitzen zeigen die häufigsten Messwerte im Winter (links) und im Sommer (rechts). Die höchsten Ortsdosisleistungswerte werden praktisch immer bei Niederschlägen gemessen.



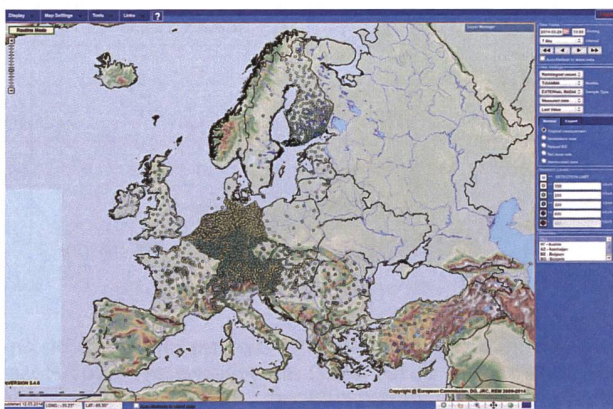
Andererseits beobachtet man einzelne Spitzen nach oben. Diese sind auf Niederschläge zurückzuführen, welche die Folgeprodukte des natürlich vorkommenden Radons ( $^{222}\text{Rn}$ ) auswaschen und am Boden deponieren. Da die Folgeprodukte eine kurze Halbwertszeit haben, normalisieren sich die ODL-Werte innerhalb weniger Stunden wieder. Nach einer längeren Trockenperiode können die 10-Minuten-Werte der ODL bei Gewittern um bis zu einem Faktor zwei erhöht sein.

In Figur 4 ist die Korrelation der ODL-Daten mit dem Niederschlag dargestellt. Die ODL-Daten über 210 nSv/h korrelieren in den allermeisten Fällen mit Niederschlägen. Die ODL-Spitzen, die man in Figur 3 beobachtet, lassen sich damit sehr gut mit den Niederschlägen erklären. Der Niederschlagseffekt zeigt sich auch sehr gut in den maximalen 10-Minuten-Werten der Stationen Magadino (+177% im Vergleich zum Jahresmittelwert), Scuol (+144%), Meiringen (+133%), Neuchâtel, Luzern und Chur (+132%) (Figur 1).

Figur 5 zeigt die Häufigkeitsverteilung der 10-Minuten ODL-Daten. Grau kennzeichnet die Verteilung aller ODL-Daten, blau nur diejenigen bei Niederschlägen (Schnee oder Regen).

Bei der grauen Kurve sind zwei lokale Maxima sichtbar. Das erste Maximum, das ungefähr bei 110 nSv/h liegt, entspricht dem häufigsten Wert an Tagen mit geschlossener Schneedecke. Das zweite Maximum (bei ungefähr 175 nSv/h) entspricht dem häufigsten Wert an Tagen ohne Schneedecke.

Die blaue Kurve zeigt den Effekt der Niederschläge nochmals gut auf: die höchsten ODL-Messwerte wurden während Niederschlagsperioden gemessen.



**Figur 6:**  
Dosisleistungskarte-Karte in EURDEP.  
Quelle: EURDEP (28.03.2014)

Es ist interessant den Jahresmittelwert mit dem häufigsten Wert zu vergleichen (Tabelle 1). In den überwiegend schneefreien Gebieten sind die beiden Werte gleich (z.B. Bern, Bezau, Genève, Luzern, Möhlin). Wenn es jedoch am Standort der Sonde eine klare Wintersaison mit viel Schnee gibt und die terrestrischen Strahlung aufgrund des Untergrunds vergleichsweise gross ist, dann liegen diese beiden Werte klar auseinander (z.B. Gütsch, Ulrichen, San Bernardino).

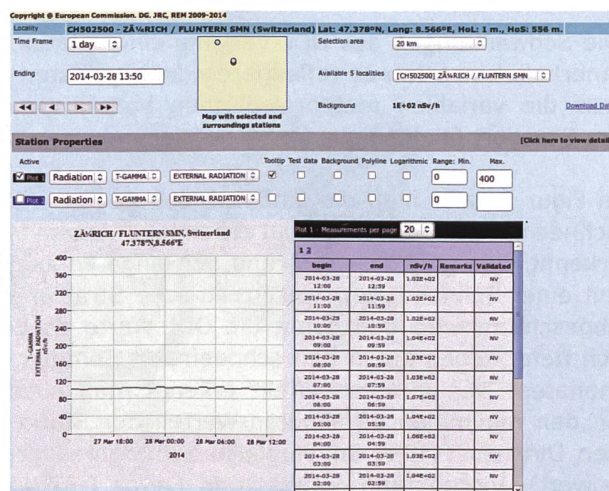
Infolge heftiger Niederschläge gab es 2013 mehrere klar erhöhte Werte (z.B. Magadino 398 nSv/h am 22.07.13 und Le Moleson 449 nSv/h am 17.09.13).

Am 09. Oktober wurde bei den NADAM- und MADUK-Sonden in der Umgebung von Leibstadt eine Erhöhung der ODL-Werte bis 477 nSv/h gemessen. Die nuklidspezifischen Analysen des ENSI haben gezeigt, dass natürliche Radioaktivität die Ursache war. Details zu diesem Ereignis finden Sie in Kapitel 8.3.

Die Station Vicosoprano ist fett markiert, da sie am 06.02.2013 neu in Betrieb genommen wurde.

## Die europäische Plattform EURDEP

Seit 2002 wird von der EU die zentrale Datenbank EURDEP (European Radiological Data Exchange Platform) betrieben. Auf dieser Plattform werden radiologische Daten der meisten europäischen Länder nahezu in Echtzeit gesammelt und dargestellt. Der zentrale Knoten des EURDEP-Netzwerks ist das European Commission Joint Research Centre JRC in Ispra, Italien. 29 Länder (Stand 28.03.2014) schi-



**Figur 7:**  
Darstellungsmöglichkeit in EURDEP: ODL-Zeitverlauf der Station Zürich-Fluntern. Quelle: EURDEP (28.03.2014)



**Tabelle 1: Jahresmittelwert, häufigster Wert, Minimum und Maximum der NADAM-Stationen**

In der folgenden Tabelle sind die Jahresmittelwerte, die häufigsten Werte, die Minima und Maxima, basierend auf den 10-Min-Werten, für alle NADAM-Stationen im Jahr 2013 aufgeführt.

Station (Abkürzung)	Kanton	Datum der Inbetriebnahme	Höhe [m.ü.M.]	Jahresmittelwert [nSv/h]	Häufigster Wert [nSv/h]	Minimum [nSv/h]	Maximum [nSv/h]
Adelboden (ABO)	BE	04.11.09	1322	111	114	78	217
Aigle (AIG)	VD	09.09.09	382	134	132	106	262
Altdorf (ALT)	UR	28.10.09	439	129	128	101	240
Basel-Binningen (BAS)	BS	19.11.09	317	106	104	90	203
Bern-Zollikofen (BER)	BE	30.09.09	554	109	108	86	238
Beznau (BEZ)	AG	19.11.09	327	108	107	90	205
Buchs-Aarau (BUS)	AG	20.11.09	388	94	92	79	191
Changins (CGI)	VD	23.09.09	459	111	109	87	232
Chasseral (CHA)	BE	17.09.09	1594	102	109	68	195
Chur (CHU)	GR	09.10.09	557	98	96	79	227
Grand St Bernard (GSB)	VS	09.09.09	2491	130	121	96	190
Davos (DAV)	GR	08.10.09	1589	133	145	84	222
Disentis (DIS)	GR	28.10.09	1197	115	116	85	248
Egolzwil (EGO)	LU	22.09.10	523	97	96	82	189
Engelberg (ENG)	OW	30.10.09	1035	93	95	67	212
Fahy (FAH)	JU	14.10.09	597	111	110	85	224
Génève (GVE)	GE	24.09.09	412	108	108	82	205
Glarus (GLA)	GL	02.12.09	518	95	96	60	205
Gösgen (GOE)	SO	20.11.09	381	100	98	83	155
Grenchen (GRE)	SO	06.12.10	431	94	93	77	193
Gütsch Andermatt (GUE)	UR	01.09.05	2296	136	106	87	257
Güttingen (GUT)	TG	03.12.09	441	104	103	88	181
Hörnli (HOE)	ZH	12.11.09	1133	92	92	71	181
Jungfrauoch (JUN)	VS	29.09.09	3581	189	183	159	251
Chaux de Fonds (CDF)	NE	17.09.09	1018	110	114	76	208
La Dôle (DOL)	VD	23.09.09	1670	106	111	79	192
La Frétaz (FRE)	VD	24.09.09	1206	103	109	71	183
Le Moléson (MLS)	FR	19.08.09	1975	110	114	80	449
Leibstadt (LEI)	AG	19.11.09	342	87	85	69	477
Locarno-Monti (OTL)	TI	22.10.09	368	166	161	138	298
Lugano (LUG)	TI	21.10.09	297	128	126	108	209
Luzern (LUZ)	LU	05.11.09	455	99	98	81	230
Cadenazzo (MAG)	TI	22.10.09	204	143	141	117	398
Meiringen (MER)	BE	06.10.11	590	132	134	78	307
Möhlín (MOE)	AG	09.2010	341	113	112	91	219
Mühleberg (MUB)	BE	15.10.09	481	107	104	83	211
Napf (NAP)	BE	05.11.09	1405	94	100	65	164
Neuchâtel (NEU)	NE	10.12.09	485	88	85	71	205
Oron (ORO)	VD	29.02.12	828	106	105	81	219
PSI- Villigen (PSI)	AG	2011	335	94	92	78	167
Payerne (PAY)	VD	13.08.09	490	104	102	88	216
Piotta (PIO)	TI	29.10.09	990	136	135	84	287
Plaffeien (PLF)	FR	14.08.09	1043	101	101	79	192
Pully (PUY)	VD	23.09.09	456	108	106	88	209
Reckenholz (REH)	ZH	13.11.09	444	113	112	91	243
Robbia (ROB)	GR	07.10.09	1079	149	144	104	334
Rünenberg (RUE)	BL	20.11.09	612	99	97	79	190
Samedan (SAM)	GR	25.08.09	1710	148	159	99	259
San Bernardino (SBE)	GR	29.10.09	1640	141	158	86	226
Santa Maria (SMM)	GR	15.12.11	1385	153	149	110	318
Sântis (SAE)	AI	11.11.09	2503	124	124	101	235
Schaffhausen (SHA)	SH	04.12.09	439	96	94	78	180
Scuol (SCU)	GR	27.08.09	1305	116	117	83	282
Sion (SIO)	VS	10.09.09	482	120	118	100	243
St. Gallen (STG)	SG	12.11.09	777	101	100	78	199
Stabio (SBO)	TI	21.10.09	352	134	131	93	248
Tänikon (TAE)	TG	03.12.09	539	103	101	83	186
Ulrichen (ULR)	VS	04.11.09	1347	138	163	70	252
Vaduz (VAD)	FL	03.12.09	458	109	107	91	244
<b>Vicosoprano (VIO)</b>	<b>GR</b>	<b>06.02.13</b>	<b>1089</b>	<b>203</b>	<b>201</b>	<b>114</b>	<b>319</b>
Visp (VIS)	VS	11.09.09	640	122	125	81	229
Wädenswil (WAE)	ZH	02.12.09	487	106	107	84	239
Wynau (WYN)	BE	15.10.09	423	102	101	83	202
Zermatt (ZER)	VS	11.09.09	1640	129	141	86	215
Zürich-Fluntern (SMA)	ZH	24.11.09	557	103	101	86	176
Zürich-Kloten (KLO)	ZH	24.11.09	427	102	98	85	209

cken ihre Dosisleistungsmesswerte (in der Regel Stundenmittelwerte) zum JRC: Einige Länder, darunter auch die Schweiz, schicken auch die Resultate von Luftaktivitätsmessungen.

Für die Schweiz ist die Nationale Alarmzentrale (NAZ) der Official Eurdep Contact Point: ihre Aufgabe ist es, alle Messwerte der Schweiz zu sammeln und an das JRC zu übermitteln und somit für alle EURDEP-Mitgliedsstaaten verfügbar zu machen. Folgende Werte werden von der Schweiz in EURDEP zur Verfügung gestellt:

- alle NADAM-Stundenmittelwerte (66 ODL-Stationen, 31.12.2013), stündlicher Versand (Quelle: NAZ)
- alle MADUK-Stundenmittelwerte (57 ODL-Stationen, 31.12.2013), stündlicher Versand (Quelle: ENSI)
- Luftaktivitätsresultate der 6 High Volume Samplers (31.12.2013), wöchentliche Auswertung und wöchentlicher Versand (Quelle: BAG-URA)
- 30min-gemittelte-Jodkonzentrationen in der Luft an 4 Stationen (31.12.2013), stündlicher Versand (Quelle: BAG-URA)

## Qualitätssicherung

Die Sonden sind vom Hersteller typengeprüft und wurden durch das „Institut universitaire de radio-physique appliquée“ (IRA) geeicht. Die Gültigkeit des Eichzertifikats ist auf fünf Jahre festgelegt.

Die Sonden werden jährlich getestet und mindestens alle fünf Jahre geeicht. Die einzelnen jährlichen Sondentests werden von MeteoSchweiz gleichzeitig mit dem Unterhalt der dort vorhandenen Meteo-Station durchgeführt. Ziel dieser Sondentests ist einerseits zu überprüfen, dass die Sonden im definierten Wertebereich korrekt messen: Bei einer Abweichung von mehr als 7% des gemessenen Wertes zum Sollwert wird die Sonde ausgewechselt. Somit können sich die Dosisleistungswerte von zwei verschiedenen Sonden (verschiedene Seriennummer) am gleichen Standort um bis zu 15 nSv/h unterscheiden. Bei technischen Defekten werden die Sonden ausgewechselt, bei der MeteoSchweiz in Payerne im Labor getestet und wenn notwendig dem Hersteller zur Reparatur geschickt. Andererseits werden bei dem Sondentest auch die Meldewege getestet, insbesondere die Auslösung des Alarms.

Im Jahr 2013 wurden bei 66 Stationen 75 Sondentests durchgeführt (9 Stationen wurden 2 Mal getestet). Gesamthaft wurden in diesem Jahr 6 Sonden zur Reparatur geschickt. Diese Zahlen bestätigen, dass die NADAM-Stationen stabil und zuverlässig sind.

In Hinblick auf den oben erwähnten Ausbau des NADAM-Netzes wurden 2013 15 zusätzliche Sonden gekauft. Damit verfügt die NAZ insgesamt über 106 Sonden. Der grösste Teil davon ist an den NADAM Stationen im Einsatz, weitere Sonden befinden sich laufend in der Eichung oder in der Reparatur. Daneben müssen einsatzbereite Ersatzsonden an vier Wartungsstandorten der MeteoSchweiz zur Verfügung stehen.



## 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, Industriestrasse 19, 5200 Brugg

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

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

### Zusammenfassung

Bei den Messflügen im Juni 2013 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Gösgen (KKG) und Mühleberg (KKM) abgedeckt. Weiter wurden Olten, Aarau, Thun, Biel und Lyss sowie Sektor 3 in der Zone 2 von KKG und Sektor 5 in Zone 2 von KKM befliegen. Zudem wurde auf dem Waffenplatz Thun die Quellensuche geübt sowie das Kandertal entlang der Bahnlinie und eine Flugroute von Belp nach Dübendorf gemessen.

Die Messresultate in den Messgebieten KKG und KKM zeigten ein ähnliches Bild wie in früheren Jahren. KKG konnte nicht detektiert werden. Bei KKM konnte wie in früheren Jahren die gestreute, hochenergetische Photonenstrahlung des <sup>16</sup>N detektiert werden. Ausserhalb der Betriebsareale wurden keine Aktivitäten identifiziert, die auf den Betrieb der Kernkraftwerke zurückzuführen wären.

Bei den Messungen über den Städten und den Sektoren der Zone 2 von KKG und KKM wurden keine Ergebnisse von radiologischer Bedeutung registriert. Die Messwerte lagen im für diese Gebiete typischen Erfahrungsbereich.

### 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 der schweizerischen Kernanlagen jährlich aeroradiometrisch auf einer Fläche von jeweils rund

50 km<sup>2</sup> vermessen. Im Jahre 1994 ging man zu einem Zweijahresrhythmus über, wobei seither 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, Abstürze von Satelliten mit Nuklearreaktoren und „Dirty Bombs“ im Vordergrund. Die jährlichen Messprogramme werden durch die Fachgruppe Aeroradiometrie zusammengestellt, die sich aus Mitgliedern der beteiligten Stellen zusammensetzt. Der Einsatz erfolgt unter der Regie der Nationalen Alarmzentrale (NAZ).

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

Im Jahre 2010 (Bucher et. al, 2010) wurde mithilfe der Auswertung der Langzeitdaten die Nachweisgrenze der Messmethode ermittelt: 20 nSv/h werden in 95 von 100 Fällen erkannt (Vertrauensbereich 95%). Dies entspricht ungefähr 20 % der natürlichen externen Strahlung.



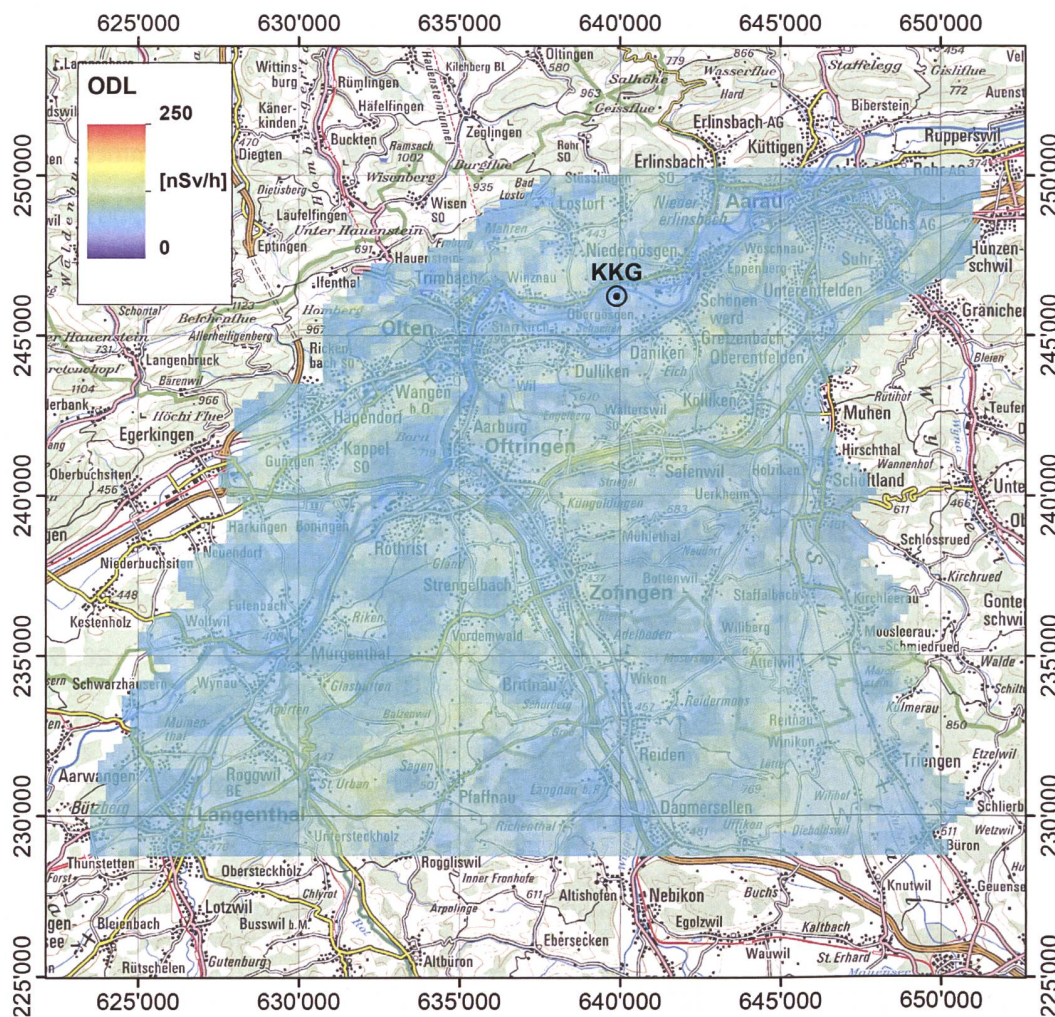
## Messungen und Messresultate 2013

Bei den Messflügen im Juni 2013 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Gösgen (KKG) und Mühleberg (KKM) abgedeckt. Weiter wurden Olten, Aarau, Thun, Biel und Lyss sowie Sektor 3 in der Zone 2 von KKG und Sektor 5 in Zone 2 von KKM befliegen. Zudem wurde auf dem Waffenplatz Thun die Quellensuche geübt sowie das Kandertal entlang der Bahnlinie und eine Flugroute von Belp nach Dübendorf gemessen.

Die Messresultate im Messgebiet KKG zeigten ein ähnliches Bild wie in vorangegangenen Messkampagnen. KKG mit seinem Druckwasserreaktor konnte aeroradiometrisch nicht detektiert werden (Abbildung 1). Die Ergebnisse im Sektor 3 der Zone 2 sind sehr ähnlich zu denen in der unmittelbaren Umgebung des KKG und weisen keine Besonder-

heiten auf. Kleine Unterschiede sind auf Einflüsse der Topographie wie Untergrund, Vegetation und Gewässer zurückzuführen.

Im Gegensatz zu KKG können am Standort von KKM in der Abbildung 2 erhöhte Messwerte erkannt werden. Das KKM mit seinem Siedewasserreaktor konnte anhand gestreuter, hochenergetischer Photonenstrahlung detektiert werden (Abbildung 4). Diese Strahlung wird durch das Aktivierungsprodukt  $^{16}\text{N}$  erzeugt, welches bei Siedewasserreaktoren durch die Frischdampfleitung in die Turbinen im Maschinenhaus gelangt. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise gering abgeschirmt ist, kann die hochenergetische Gammastrahlung des  $^{16}\text{N}$  aus der Luft gut gemessen werden. Ausserhalb des Betriebsareals sind keine erhöhten Werte erkennbar, die auf den Betrieb des KKM zurückgeführt werden könnten. Die Ergebnisse im Sektor 5 der



**Abbildung 1:**  
Ortsdosisleistung 2013 im Messgebiet KKG, im Sektor 3 der Zone 2 von KKG, Olten und Aarau.  
Kartendaten PK200 © Bundesamt für Landestopografie.



Zone 2 sowie bei den Städten Biel und Lyss sind wie bei KKG sehr ähnlich zu denen in der unmittelbaren Umgebung des KKM und weisen keine Besonderheiten auf. Kleine Unterschiede sind auf Einflüsse der Topographie wie Untergrund, Vegetation und Gewässer zurückzuführen.

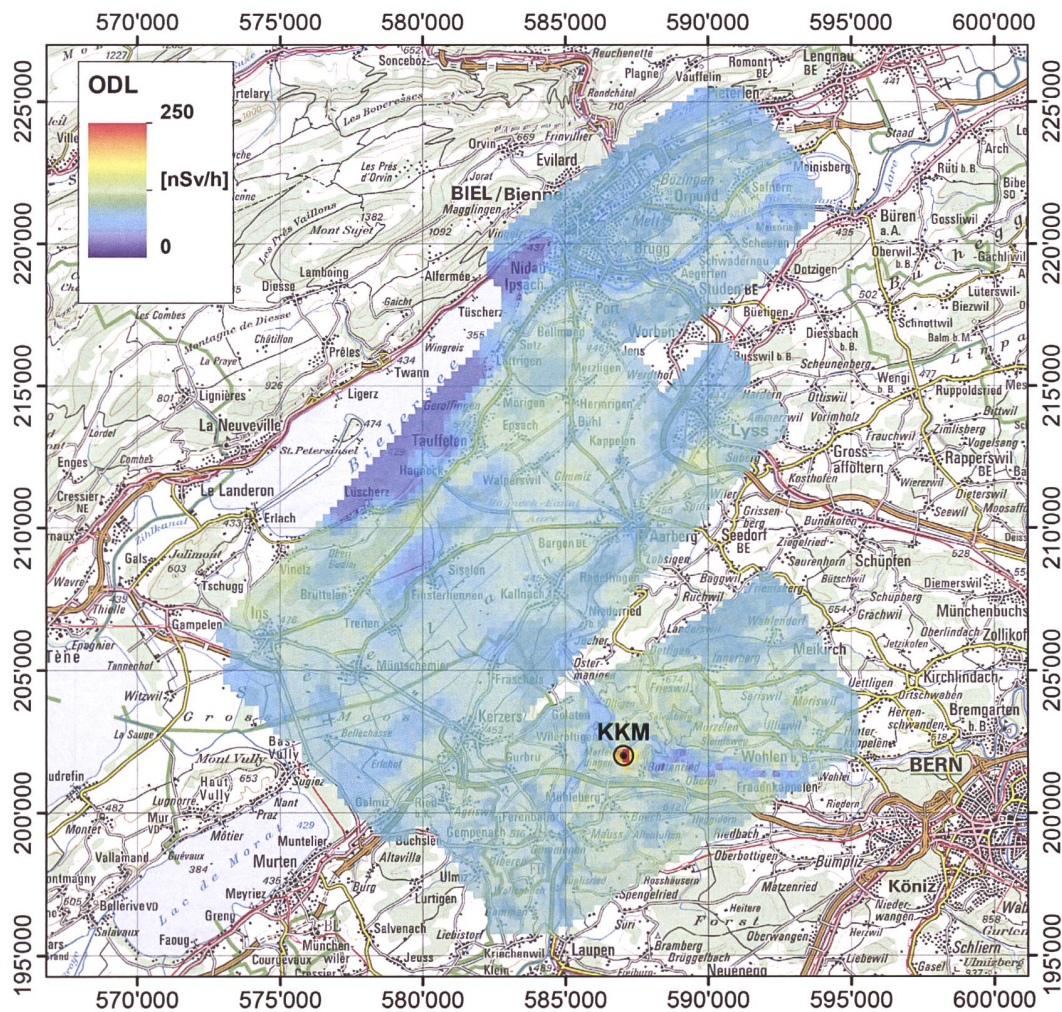
Die Messresultate über der Stadt Thun (Abb. 3) entsprechen den für das Schweizer Mittelland typischen Werten. Es wurden keine ungewöhnlichen Messwerte registriert. Unterschiede sind auf Einflüsse der Topographie wie Untergrund, Vegetation und Gewässer zurückzuführen. Ebenfalls bei den Messungen im Kandertal sowie auf der Strecke von Belp nach Dübendorf wurden keine ausserordentlichen Messwerte registriert.

## Literatur

Schwarz, G. F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr.23, Schweizerische Geophysikalische Kommission.

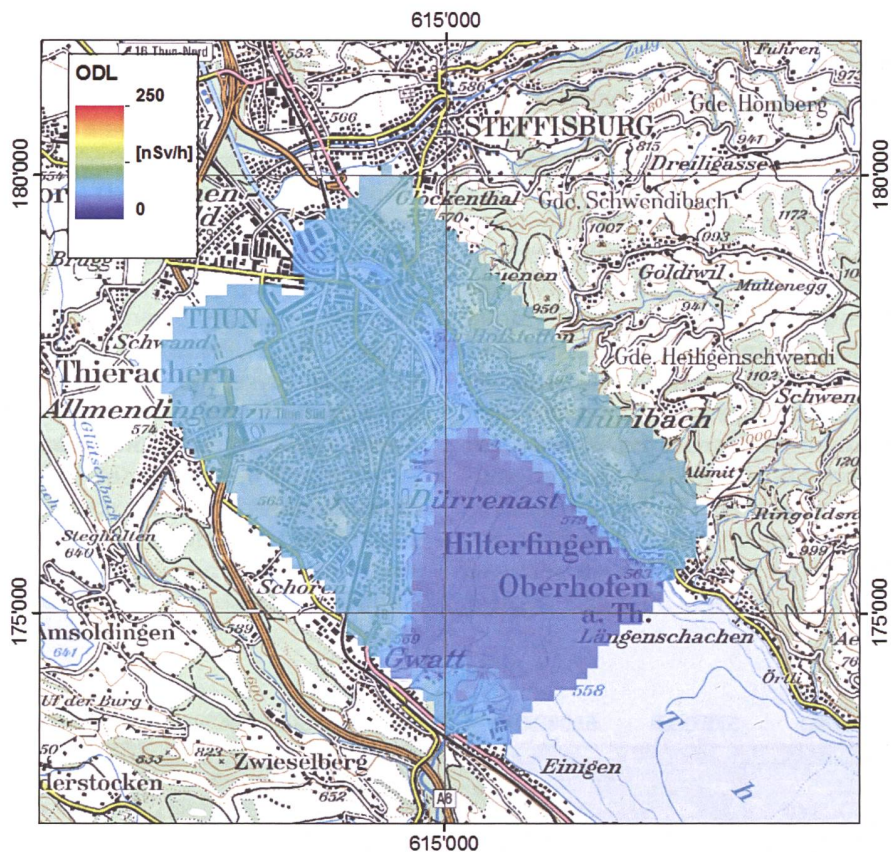
Bucher, B., 2001: Methodische Weiterentwicklungen in der Aeroradiometrie. Dissertation Nr. 13973, ETH Zürich.

Bucher, B., Rybach, L., 2010: Flächendeckende Langzeitanalyse der Strahlung in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen mit Hilfe der Aeroradiometrie, in: Natürliche und künstliche Radionuklide in unserer Umwelt, 42. Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz e.V., FS-2010-153-T, ISSN 1013-4506, TÜV Media GmbH, Köln.



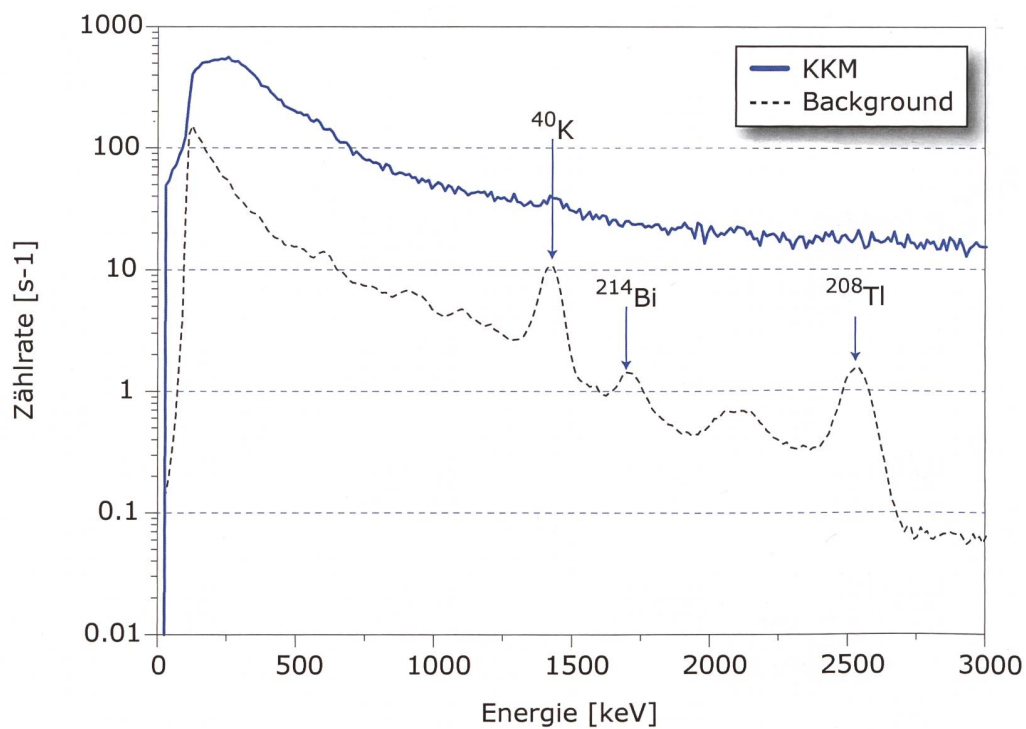
**Abbildung 2:**  
Ortsdosisleistung 2013 im Messgebiet KKM, Sektor 5 der Zone 2 von KKM, Lyss und Biel.  
Kartendaten PK200 © Bundesamt für Landestopografie.





**Abbildung 3:**

Ortsdosisleistung 2013 im Messgebiet Thun. Kartendaten PK200 © Bundesamt für Landestopografie.



**Abbildung 4:**

Photonenspektrum 2013 im Bereich des Maschinenhauses des KKM im Vergleich zum Untergrund ausserhalb des Betriebsareals. Die Erhöhung der Zählraten im gesamten Energiebereich beim KKM ist auf Streustrahlung der hochenergetischen Gammalinien des  $^{16}\text{N}$  zurückzuführen.