Externe Strahlung = Rayonnement externe

Objekttyp: **Group**

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**

Band (Jahr): **- (2011)**

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Umweltradioaktivität
und Strahlendosen in der Schweiz

Radioactivité de l'environnement
et doses de rayonnements en Suisse

Ergebnisse 2011
Résultats 2011

3

Externe Strahlung

Rayonnement externe

3.1 Mesures in situ et exposition externe	**36**
Résumé	36
Introduction	36
Méthodologie in situ	37
Résultats in situ 2011	38
Conclusions	40
3.2 Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM	**41**
Zusammenfassung	41
Übersicht	42
Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2011	43
Qualitätssicherung	44
3.3 Aeroradiometrische Messungen	**47**
Zusammenfassung	47
Einleitung	47
Messungen und Messresultate 2011	48

3.1
Mesures in situ et exposition externe

S. Estier, A. Gurtner
Section Radioactivité de l'environnement (URA), OFSP, 3003 Bern

Résumé

En 2011, 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}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 2011 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 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, Bern), 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.

3.1 Mesures in situ et exposition externe - @OFSP 2012

Méthodologie in situ

L'exploitation de la spectrométrie gamma in situ en Suisse se base largement sur les recommandations ICRU[1], 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 nouveaux coefficients de conversion utilisés au laboratoire de l'OFSP sont détaillés plus bas.

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^2], 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'^{238}U et du ^{232}Th ainsi que pour le ^{40}K et le ^{137}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 dans un journal scientifique de référence en 2007[2] et ont été validés en 2009 par le groupe d'experts en dosimétrie de la Commission fédérale de Protection contre les radiations et de surveillance de la Radioactivité (CPR) dans le document «Recommandations concernant l'utilisation des facteurs de conversion H*(10) pour la mesure du débit d'équivalent de dose ambiant par spectrométrie in situ»[3].

La contribution d'origine naturelle au débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) s'obtient par sommation des composantes locales du rayonnement terrestre (^{40}K, séries ^{238}U et ^{232}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 due être adaptée par rapport à celle anciennement utilisée pour le débit de kerma dans l'air[4], et s'écrit :

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

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'^{238}U et du ^{232}Th ainsi que pour le ^{40}K et le ^{137}Cs, dans le cas d'une distribution homogène de ces radionucléides dans le sol [2].*

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

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

2 Lemercier 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 2011

En 2011, 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.

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 2011. 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}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 les radionucléides détectés au voisinage des centrales nucléaires et des centres de recherche (PSI, CERN) ainsi que leurs contributions au débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) ne se distinguent pas de manière significative de ceux enregistrés ailleurs sur le plateau Suisse comme Fribourg, Berne ou St-Prex.

Cette méthode a toutefois permis de mettre en évidence la présence d' ^{41}Ar dans l'enceinte du CERN. En effet, une concentration de 1.3 Bq d' ^{41}Ar par m^3 d'air environnant a pu être mesurée à la Rue Booster, sur le site de Meyrin. Comme détaillé au chapitre 8.7, cette valeur représente environ 0.8 % de la valeur limite d'immissions définie dans l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP). 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.

Pour tous les autres sites examinés, le seul radionucléide d'origine artificielle mis en évidence en 2011 est le ^{137}Cs. Au Tessin, la contamination rémanente en ^{137}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.

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.

Notons encore que les mesures au Tessin et dans le canton de Fribourg ont été effectuées début avril 2011 soit juste après l'arrivée en Suisse des masses d'air contenant des traces de radioisotopes émis à Fukushima. Comme le démontre la série temporelle des mesures à Caslano (figure 4), la déposition de radioactivité au sol après l'accident de Fukushima a été trop faible en Suisse pour être détectée par spectrométrie gamma in situ.

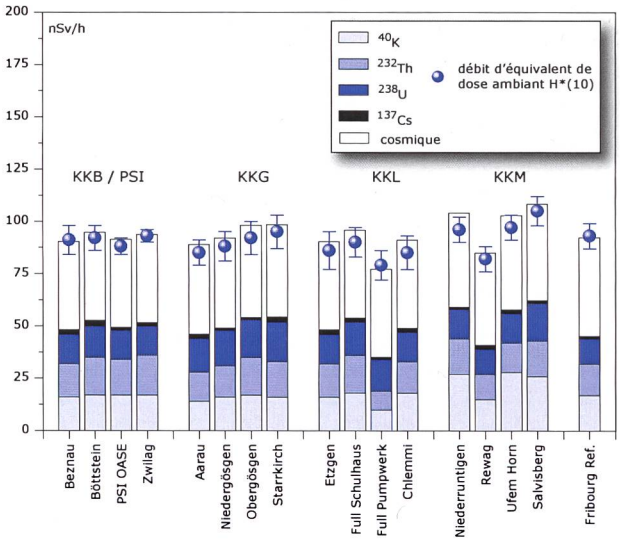


Figure 1:
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés au voisinage des centrales nucléaires suisses en 2011. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) avec chambre d'ionisation est également représentée.*

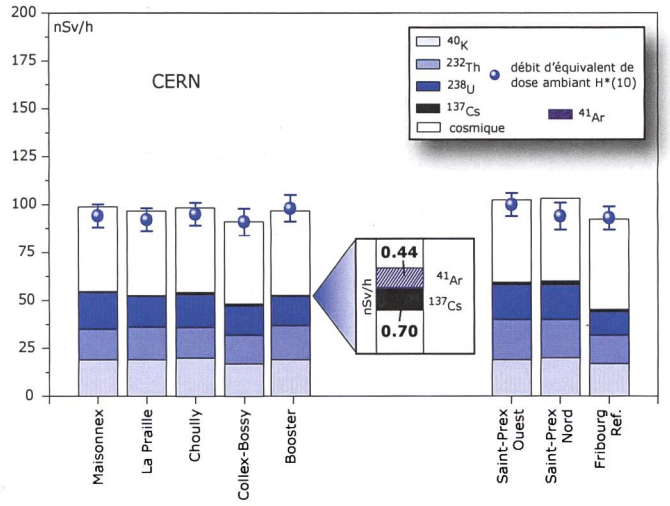


Figure 2:
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2011 au voisinage du CERN, à St-Prex/VD ainsi qu'au point de référence de Fribourg. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) avec chambre d'ionisation est également représentée.*

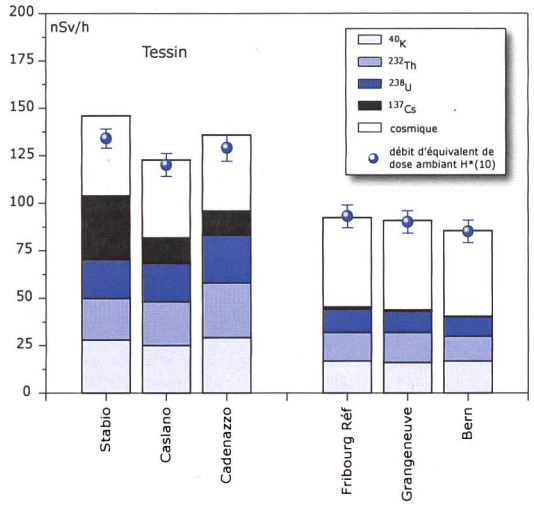


Figure 3:
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2011 au Tessin, ainsi qu'à Berne et dans le canton de Fribourg. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) avec chambre d'ionisation est également représentée.*

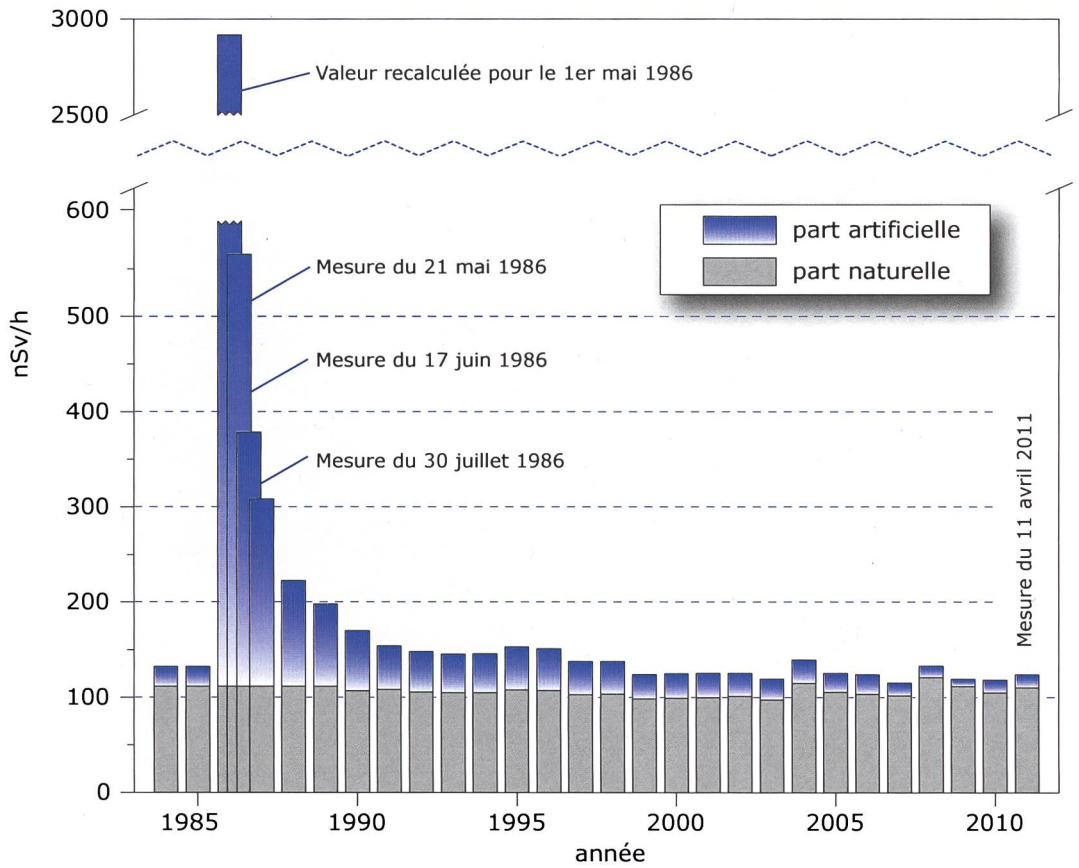


Figure 4:
Evolution des parts naturelle et artificielle au débit de dose à Caslano/TI déterminées sur la base des mesures par spectrométrie gamma in situ effectuées de 1986 à 2011.

ISIGAMMA 2011

Un exercice international d'intercomparaison en spectrométrie gamma in situ, organisé conjointement par l'OFSP, l'IFSN et le Laboratoire de Spiez, s'est déroulé du 19 au 23 septembre 2011 dans la région de Davos/GR. Cet exercice, qui a réunit une centaine de spécialistes (figure 5) du domaine provenant d'Allemagne, d'Autriche, de France, de Hongrie, d'Italie, de Slovaquie, de Slovénie, de Suisse ainsi que de Réplublique tchèque a permis de comparer les différentes méthodes et équipements utilisés ainsi que de très intéressants échanges d'expérience. L'OFSP, l'IFSN et le laboratoire de Spiez, en tant qu'organisateurs, n'ont toutefois pu prendre part aux mesures. Plus d'informations sur l'événement ainsi que le rapport des résultats de l'exercice sont disponibles à l'adresse : www.isigamma.ch

Conclusions

Les mesures de spectrométrie gamma in situ réalisées par l'OFSP en 2011 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).

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}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 5:
ISIGAMMA 2011 Davos.

3.2 Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM

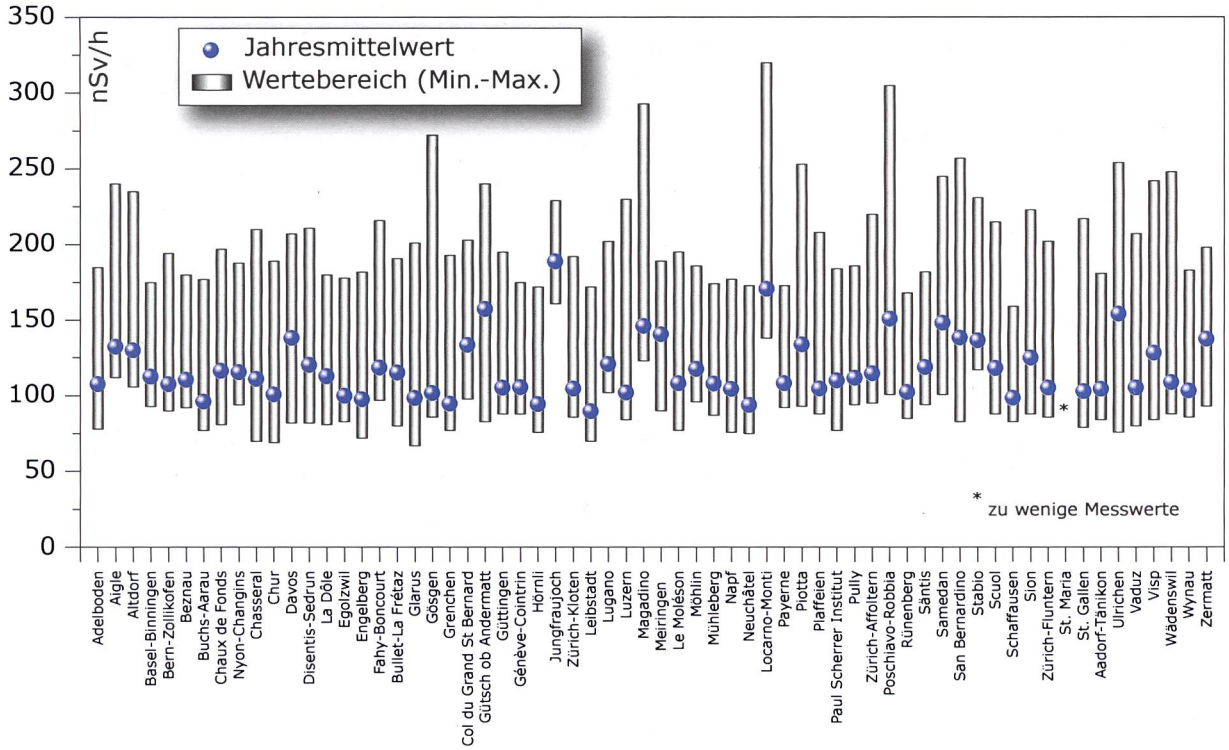
Cristina Danzi, Franziskus Stoffel
Nationale Alarmzentrale NAZ, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS,
Ackermannstrasse 26, 8044 Zürich

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 64 Stationen (Stand 31.12.2011), die über die ganze Schweiz verteilt sind. Alle Stationen messen in 10 Minuten Intervallen die γ-Ortsdosisleistung (ODL).

Um das schweizerische Gebiet noch besser abzudecken, wurden im Jahr 2011 zwei neue Stationen (Meiringen und Santa Maria) gebaut und in Betrieb genommen.

Im Jahr 2011 wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen liessen.



Figur 1:
Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2011 der NADAM-Sonden. Der dargestellte Erfahrungsbereich entspricht dem Bereich zwischen dem minimalen und dem maximalen 10-Minunten-Wert der Sonde im Jahr 2011. Die Station Meiringen ist fett markiert, da sie im Verlauf von 2011 neu in Betrieb genommen wurde. Bei dieser Station sind die 10-Minuten Werte (Maximum, Minimum und Mittelwert) nicht unbedingt repräsentativ, weil sie nicht das ganze Jahr im Betrieb war. Die Station St. Maria ist nicht dargestellt, da sie erst seit dem 15. Dezember Messwerte liefert.

Übersicht

Die permanente Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz wird von den 64 über die ganze Schweiz verteilten NADAM-Stationen (Stand 31.12.2011) garantiert. Die Stationen befinden sich bei den Wetterstationen von MeteoSchweiz und liefern alle zehn Minuten Daten zur Ortsdosisleistung (ODL). In Ergänzung zu den ODL-Daten sind damit auch Wetterdaten verfügbar, die wichtige Zusatzinformationen für die Interpretation der Messwerte liefern.

Die ODL-Werte der NADAM-Sonden werden zweimal täglich auf der Internetseite der NAZ (www.naz.ch) publiziert. Unter der Rubrik «Aktuell» können die Stundenmittelwerte der letzten drei Tage sowie die Tagesmittelwerte vom Vortag abgerufen werden.

Das NADAM-Netz dient auch als Frühwarnsystem. Bei Überschreitung der Alarmschwelle (1 µSv/h) wird in der NAZ sofort eine Alarmmeldung an das Pikett der NAZ ausgelöst. Bei einem radiologischen Ereignis unterstützt das NADAM-Netz die NAZ bei der Bestimmung des betroffenen Gebietes und der Beurteilung der allfällig notwendigen Massnahmen.

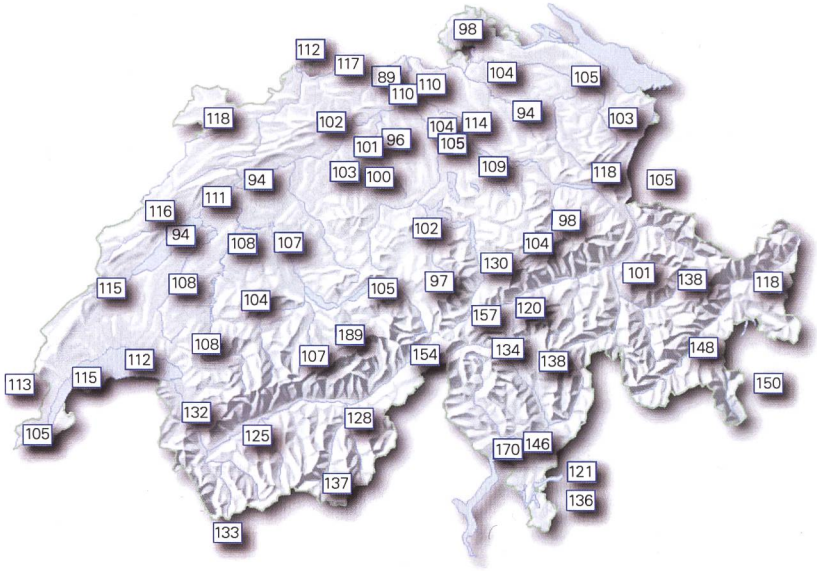
Zwischen 2005 und 2009 wurde eine umfangreiche Erneuerung des NADAM-Netzes durchgeführt. Dabei wurden die Stationen dem heutigen Stand der Technik angepasst und mit neuen Messsonden ausgerüstet. Die neuen Sonden sind mit drei Geiger-Müller-Zählrohren bestückt, zwei für den Niederdosis- und eines für den Hochdosisbereich. Dadurch erhöht sich die Genauigkeit der Messungen im Untergrundsbereich. Der Messbereich wird auch wesentlich grösser (10 nSv/h - 10 Sv/h) und deckt nun die ganze Spannweite bis hin zu Dosisleistungen ab, wie sie z.B. nach einem A-Waffeneinsatz zu messen wären. Weitere Verbesserungen ergeben sich bei der Eichung der einzelnen Sonden, bei der direkten Berechnung von Impuls/Sekunde auf µSv/h, und beim Abzug des Eigeneffekts. Dieser ist vom Hersteller für jede Sonde einzeln gemessen worden und wird automatisch vom Messwert subtrahiert.

Im Verlauf des Jahres 2011 konnten die letzten beiden alten NADAM-Stationen abgelöst werden: die Station Hinterrhein wurde am 20. Juli 2011 definitiv ausser Betrieb genommen, ihre Aufgabe übernimmt die seit 2008 bestehende Station, San Bernardino (in Luftlinie ungefähr 7 km entfernt). Die NADAM-Station PSI wurde auf eine neue Sonde umgerüstet und liefert seit 27. Juli 2011 wieder Messwerte.

Im Jahr 2011 wurden ausserdem zwei neue Stationen gebaut, nämlich Meiringen und Santa Maria. Für das Jahr 2012 sind weitere zwei neue Standorte geplant.

In der Berichtsperiode wurden nur vereinzelt technische Störungen bei der Messung oder der Datenübertragung registriert.

Im Jahr 2011 wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen liessen.



Figur 2:
Karte der Jahresmittelwerte, basierend auf allen 10-Min-Werten 2011 der NADAM-Sonden. Der Jahresmittelwert der Ortsdosisleistung variiert je nach Standort zwischen 89 und 189 nSv/h.

Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2011

Übersichten der Jahresmittelwerte und der extremen 10-Minuten-Werte für die einzelnen Stationen sind in den Fig. 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 µSv/h liegen.

Eine detailliertere Analyse für die Station Samedan

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

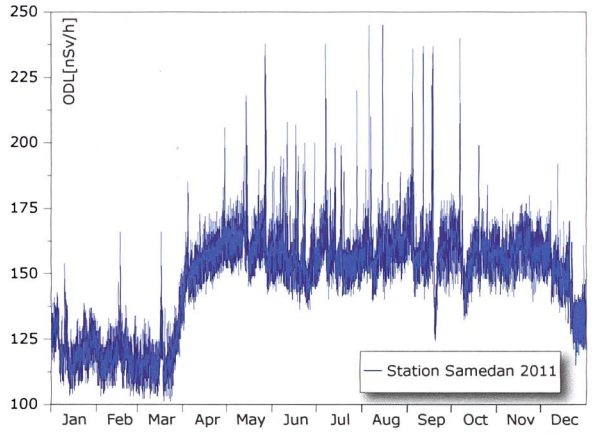
Der geologische Untergrund bestimmt den Beitrag der terrestrischen Strahlung zur Ortsdosisleistung. In alpinen Gebieten mit uran- und thoriumhaltigem Gestein ist der Anteil der natürlichen Radioaktivität im Boden höher als z.B. im Mittelland. Dies führt zu einer höheren terrestrischen Strahlung.

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. desto grösser wird die Intensität der kosmischen Strahlung.

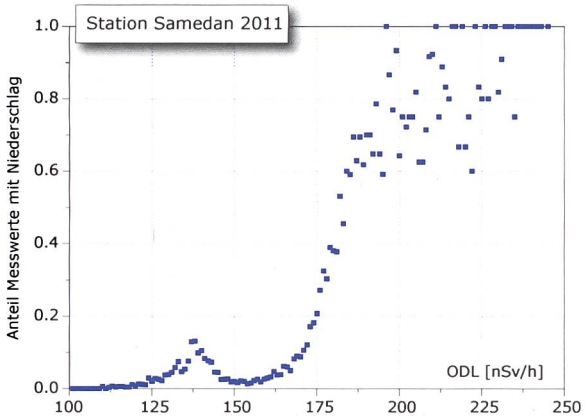
Die Beiträge der terrestrischen und der kosmischen Strahlung führen zu den regional beobachteten Unterschieden bei den Jahresmittelwerten.

Die Schwankungen des ODL-Verlaufs einer Station innerhalb eines Jahres reflektieren dann grösstenteils die variablen meteorologischen Verhältnisse am Standort (siehe Figur 3). In dieser Darstellung kann man die Einflüsse von Regen und Schnee auf die ODL-Daten gut erkennen. Einerseits sieht man, dass in den Wintermonaten die ODL-Werte durchschnittlich tiefer sind als in den Sommermonaten. Die Schneedecke schirmt die terrestrische Strahlung ab. Den gleichen Effekt erkennt man an den minimalen Tagesmittelwerten der Stationen Davos (-41% im Vergleich zum Jahresmittelwert) , Gütsch (-47%), San Bernardino (-40%) und Ulrichen (-51%) (Figur 1).

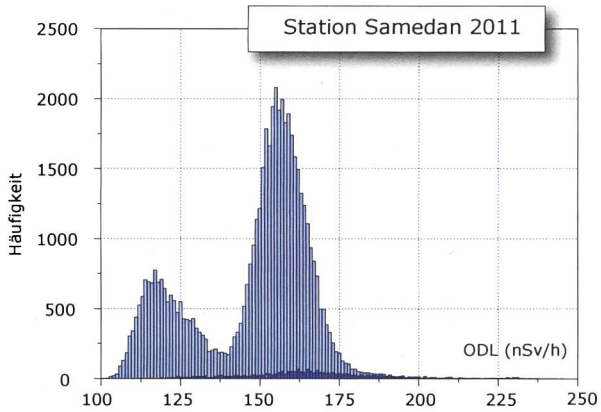
Andererseits beobachtet man einzelne Spitzen nach oben. Diese sind auf Niederschläge zurückzuführen, welche die Folgeprodukte des natürlich vorkom-



Figur 3:
Zeitverlauf 10-Min-ODL-Werten der Station Samedan im Jahr 2011.



Figur 4:
Korrelation zwischen 10-Min-ODL-Daten und dem Niederschlag. Die ODL-Daten über 190 nSv/h korrelieren in 60% - 100% der Fälle mit Niederschlägen.



Figur 5:
Häufigkeitsverteilung von Messwerten; hellblau: alle Messwerte; dunkelblau: Messwerte während Niederschläge. Die beiden hellblauen Spitzen zeigen die am häufigsten gemessenen Werte im Winter (bei geschlossener Schneedecke) und im Sommer. Bei Regen werden vermehrt höhere Werte gemessen (Auswaschung von Radon-Folgeprodukten).

menden Radon (^{222}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-Werte über 190 nSv/h korrelieren in 60% - 100% der Fälle 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 Luzern (+126% im Vergleich zum Jahresmittelwert), Magadino (+101%), Robbia (+103%) und Wädenswil (+128%) (Figur 1).

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

Bei der hellblauen Kurve sind zwei lokale Maxima gut sichtbar. Das erste Maximum, das ungefähr bei 115 nSv/h liegt, entspricht dem häufigsten Wert an Tagen mit geschlossener Schneedecke. Das zweite Maximum (bei ungefähr 155 nSv/h) entspricht dem häufigsten Wert an Tagen ohne Schneedecke.

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

NADAM-Werte während des radiologischen Unfalls in Fukushima Daiichi

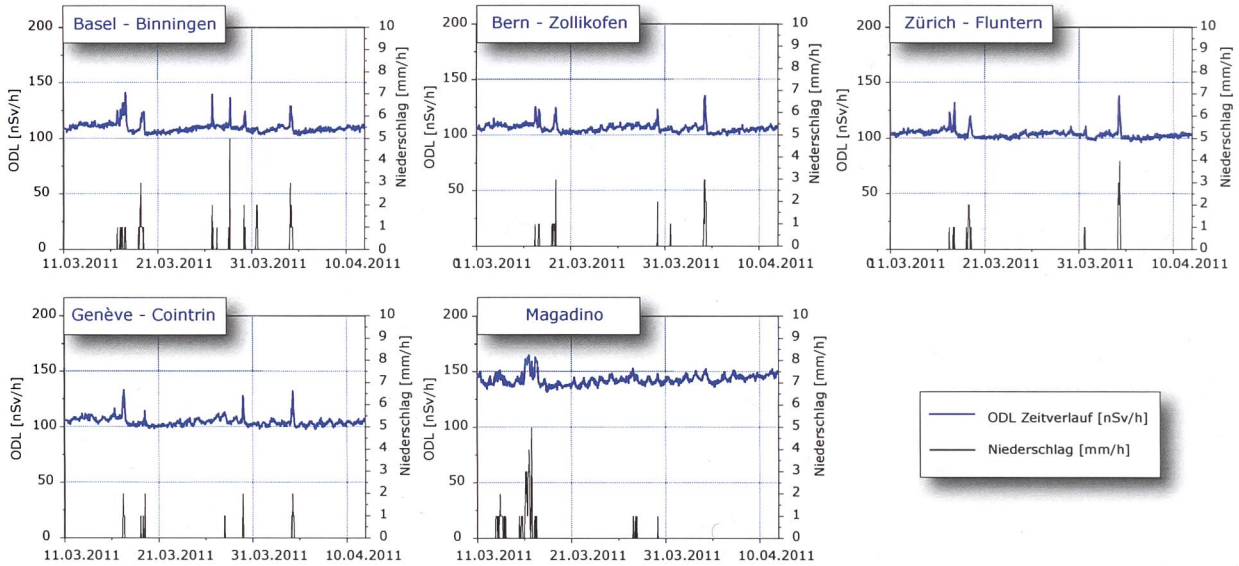
Am 11. März 2011 wurde das Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi durch ein starkes Erdbeben der Magnitude 9 und anschliessende Tsunamis schwer beschädigt. In den ersten Tagen nach der Katastrophe sind grosse Mengen Radioaktivität in die Umgebung freigesetzt worden.

Obwohl Japan ca. 10'000 km von der Schweiz entfernt ist, hat man mit hochempfindlichen Geräten in der Schweiz Spuren der freigesetzten radioaktiven Substanzen in der Luft nachgewiesen. In den ODL-Zeitverläufen hat man jedoch keine Erhöhung festgestellt (Figur 6). Die Luftkontaminationen waren zu gering. Alle Erhöhungen im fraglichen Zeitpunkt lassen sich durch die Auswaschung von Radon-Folgeprodukten während Niederschlägen erklären.

Qualitätssicherung

Die neuen Sonden sind vom Hersteller typengeprüft und wurden durch das Institut universitaire de radiophysique appliquée in Lausanne (IRA) geeicht. Im Einverständnis mit der Aufsichtsbehörde wurde die Gültigkeit des Eichzertifikats auf fünf Jahre festgelegt.

Die Sonden werden jährlich getestet und mindestens alle fünf Jahre geeicht. Die jährlichen Sondentests werden von MeteoSchweiz gleichzeitig mit dem Unterhalt der gesamten Meteo-Station durchgeführt. Ziel dieser Sondentests ist einerseits zu



Figur 6:
Zeitverlauf ODL-Werte (Stundenmittelwerte) von 11.03.2011 bis 12.04.2011 von fünf Stationen in der Schweiz: nämlich Basel-Binningen, Bern-Zollikofen, Genève-Cointrin, Magadino und Zürich-Fluntern.

überprüfen, ob die Sonden im definierten Wertebereich messen. Bei einer Abweichung von mehr als 7% des gemessenen Wertes über oder unter dem Sollwert wird die Sonde ausgewechselt. Damit können sich die gemessenen Dosisleistungswerte von zwei verschiedenen Sonden am gleichen Standort um maximal 15 nSv/h unterscheiden. Anderseits werden bei dem Sondentests auch die Meldewege getestet, insbesondere die Auslösung des Alarms. Aus diesem Grund muss die Alarmstelle NAZ vor jedem Sondentest informiert werden, damit die Alarmmeldungen als Teil des Tests erkannt werden.

Sonden, die nach Ablauf der Fünfjahresfrist geeicht werden müssen, werden ersetzt und zur Eichung zur IRA geschickt. Routinemässig betrifft dies ungefähr 15 Sonden pro Jahr. Bei technischen Defekten werden die Sonden ausgewechselt, bei MeteoSchweiz Payerne im Labor getestet und wenn notwendig dem Hersteller zur Reparatur geschickt.

Im Jahr 2011 wurden durch die MeteoSchweiz 66 Sondentests bei 62 Stationen durchgeführt (4 Stationen wurden zwei Mal getestet). Die zwei fehlenden Stationen waren bereits Ende November bzw. Anfang Dezember 2010 überprüft worden. Gesamthaft wurden 2011 6 Sonden ausgewechselt (9 zusätzliche Sonden wurden bereits 2010 ausgewechselt).

Die NAZ verfügt insgesamt über 91 Sonden. Im Jahr 2011 wurden 11 zusätzliche Messsonden beschafft, da einerseits neue Messstationen geplant sind, andererseits um einen adäquaten Austauschplan (Reparatur, Eichung, Reserve) garantieren zu können. Die Ersatzgeräte werden an den Meteo-Schweiz-Standorten in Zürich, Payerne, Davos und Locarno Monti gelagert, damit sie bei technischen Problemen der Messonden rasch eingesetzt werden können.

Die Resultate für 2011 zeigen, dass die neuen NADAM-Stationen stabil und zuverlässig sind.

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 aller NADAM-Stationen während des Jahres 2011 aufgeführt. Interessant ist der Vergleich des Jahresmittelwerts einer Station mit dessen häufigsten Wert. Sind dies beiden Werte gleich gross (z.B. Aigle, Basel, Glarus), handelt es sich um eine Station, bei der 2011 nie oder fast nie Schnee lag. In der Tat sind diese zwei Werte bei den tiefer gelegenen Stationen in der Regel immer fast gleich. Hingegen unterscheiden sie sich markant, wenn die Station eine klare Wintersaison mit viel Schnee hat (z.B. Gütsch und Ulrichen). Die drei fett markierten Stationen wurden in 2011 neu errichtet oder umgerüstet und waren nicht während des ganzen Jahres in Betrieb. Da die Station St. Maria erst ab Dezember Messwerte lieferte, wurde auf Angaben zum Jahresmittelwert, zum häufigsten Wert und zu Minimum und Maximum verzichtet.

Station (Abkürzung)	Kanton	Datum der Inbetriebnahme der neuen Messonde	Höhe [m.ü.M.]	Jahresmittelwert [nSv/h]	Häufigster Wert [nSv/h]	Minimum [nSv/h]	Maximum [nSv/h]
Aadorf - Tänikon (TAE)	TG	04.10.2006	536	104	102	84	181
Adelboden (ABO)	BE	24.08.2009	1320	107	107	78	185
Aigle (AIG)	VD	01.09.2005	381	132	132	112	240
Altdorf (ALT)	UR	08.12.2008	438	130	128	106	235
Basel-Binningen (BAS)	BS	09.12.2009	316	112	112	93	175
Bern - Zollikofen (BER)	BE	03.08.2006	553	107	106	90	194
Beznau (BEZ)	AG	03.06.2008	326	110	110	92	180
Buchs - Aarau (BUS)	AG	05.05.2008	387	96	94	77	177
Bullet - La Frétaz (FRE)	VD	24.02.2006	1205	115	116	80	191
Chasseral (CHA)	BE	05.12.2006	1594	111	111	70	210
Chur (CHU)	GR	23.03.2007	556	101	99	69	189
Col du Grand-St Bernard (GSB)	VS	11.11.2005	2472	133	142	98	203
Davos (DAV)	GR	14.12.2006	1594	138	145	82	207
Disentis - Sedrun (DIS)	GR	14.12.2006	1197	120	119	82	211
Egolzwil (EGO)	LU	22.09.2010	521	100	99	83	178
Engelberg (ENG)	OW	14.12.2006	1037	97	97	72	182
Fahy - Boncourt (FAH)	JU	12.04.2006	596	118	118	97	216
Genève-Cointrin (GVE)	GE	12.06.2009	420	105	105	88	175
Glarus (GLA)	GL	13.10.2005	517	98	98	67	201

Station (Abkürzung)	Kanton	Datum der Inbetrieb-nahme der neuen Messonde	Höhe [m.ü.M.]	Jahres-mittel-wert [nSv/h]	Häufigs-ter Wert [nSv/h]	Minimum [nSv/h]	Maximum [nSv/h]
Gösgen (GOE)	SO	03.06.2008	380	101	100	86	272
Grenchen (GRE)	SO	06.12.2010	430	94	93	77	193
Gütsch ob Andermatt (GUE)	UR	01.09.2005	2287	157	177	83	240
Güttingen (GUT)	TG	29.08.2006	440	105	103	88	195
Hörnli (HOE)	ZH	03.12.2008	1132	94	93	76	172
Jungfraujoch (JUN)	VS	29.08.2006	3580	189	185	161	229
La Chaux-de-Fonds (CDF)	NE	10.11.2005	1018	116	117	81	197
La Dôle (DOL)	VD	14.12.2006	1670	113	133	81	180
Le Moléson (MLS)	FR	14.10.2008	1974	108	109	77	195
Leibstadt (LEI)	AG	03.06.2008	341	89	88	70	172
Locarno-Monti (OTL)	TI	23.03.2007	383	170	169	138	320
Lugano (LUG)	TI	04.10.2006	273	121	119	102	202
Luzern (LUZ)	LU	05.12.2006	454	102	100	84	230
Magadino - Cadenazzo (MAG)	TI	15.02.2006	203	146	144	123	293
Meiringen	**BE**	**06.10.2011**	**589**	**140**	**145**	**90**	**189**
Möhlin (MOE)	AG	09.09.2010	344	117	115	96	186
Mühleberg (MUB)	BE	26.05.2008	480	108	106	87	174
Napf (NAP)	BE	03.07.2007	1404	104	107	76	177
Neuchâtel (NEU)	NE	14.07.2008	485	94	92	75	173
Nyon - Changins (CGI)	VD	13.10.2005	455	115	114	94	188
Payerne (PAY)	VD	05.12.2006	490	108	107	92	173
Piotta (PIO)	TI	21.10.2009	990	134	135	93	253
Plaffeien (PLF)	FR	08.08.2005	1042	104	104	88	208
Poschiavo - Robbia (ROB)	GR	23.01.2008	1078	150	146	101	305
PSI/Würenlingen (PSI)*	**AG**	**27.07.2011**	**334**	**110***	**123***	**77**	**184**
Pully (PUY)	VD	19.01.2006	455	112	110	94	186
Rünenberg (RUE)	BL	09.08.2006	611	102	102	85	168
Samedan (SAM)	GR	03.07.2007	1709	148	155	101	245
San Bernardino (SBE)	GR	19.01.2006	1639	138	151	83	257
Santa Maria	**GR**	**15.12.2011**	**1383**	**-**	**-**	**-**	**-**
Säntis (SAE)	AI	30.11.2005	2502	118	118	94	182
Schaffausen (SHA)	SH	30.07.2008	438	98	97	83	159
Scuol (SCU)	GR	24.02.2006	1304	118	119	88	215
Sion (SIO)	VS	13.10.2005	482	125	125	88	223
St. Gallen (STG)	SG	23.01.2008	776	103	101	79	217
Stabio (SBO)	TI	08.10.2009	353	136	134	117	231
Ulrichen (ULR)	VS	28.05.2008	1346	154	169	76	254
Vaduz (VAD)	FL	03.08.2006	460	105	105	80	207
Visp (VIS)	VS	29.09.2008	639	128	127	84	242
Wädenswil (WAE)	ZH	04.06.2008	485	109	107	88	248
Wynau (WYN)	BE	29.09.2005	422	103	103	86	183
Zermatt (ZER)	VS	01.09.2005	1638	137	142	93	198
Zürich - Affoltern (REH)	ZH	11.09.2007	444	114	112	95	220
Zürich - Fluntern (SMA)	ZH	11.07.2007	556	105	103	86	202
Zürich - Kloten (KLO)	ZH	24.09.2009	436	104	103	86	192

* Umgerüstet auf eine neue Sonde.

3.3 Aeroradiometrische Messungen

B. Bucher[1], G. Butterweck[2], L. Rybach[3], G. Schwarz[1]

[1] Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Industriestrasse 19, 5200 Brugg
[2] Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit, Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI
[3] Institut für Geophysik, ETH Zürich, 8092 Zürich

Zusammenfassung

Bei den Messflügen im September 2011 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Gösgen (KKG) und Mühleberg (KKM) abgedeckt. Weiter wurden Ausbruchsmaterial-Deponien und Tunnelportale der NEAT, die Stadt Chiasso, drei Referenzflächen des BAG sowie drei Mülldeponien im Tessin beflogen. Es erfolgten zudem auch Messungen über einer geologischen Anomalie nahe des Piz Giuv/GR und über einer ^{137}Cs-Anomalie am Pizzo Ometto/TI.

Die Messresultate in den Messgebieten KKG und KKM zeigten ein ähnliches Bild wie in früheren Jahren. Beim KKG konnte keine erhöhte Radioaktivität nicht detektiert werden. Bei KKM, das sich in Revision befand, konnten kurzfristig auf dem Betriebsgelände gelagerte radioaktive Abfälle anhand von ^{60}Co erkannt werden. Ausserhalb der Betriebsareale wurden keine Aktivitäten identifiziert, die auf den Betrieb der Kernkraftwerke zurückzuführen wären.

Bei Messungen im Tessin wurden noch immer, teils deutliche, Signale von ^{137}Cs gemessen. Bei den Messwerten über den Tunnelportalen und Materialdeponien der NEAT sind keine radiologisch bedeutenden Abweichungen von der Umgebung erkennbar.

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^2 vermessen. Im Jahre 1994 ging man zu einem Zweijahresrhythmus über, wobei abwechslungsweise 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).

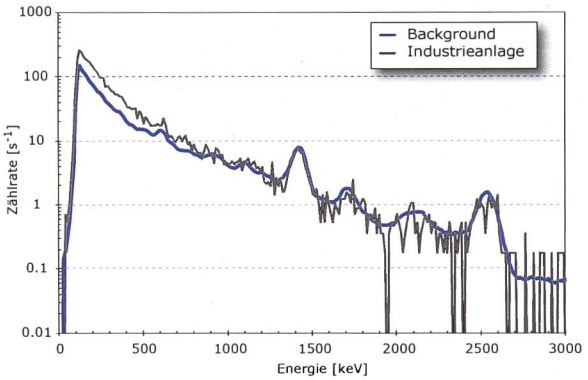
Im Jahre 1994 wurde die Aeroradiometrie in die Einsatzorganisation Radioaktivität des Bundes integriert. Als mögliche Einsatzfälle stehen Transport- und Industrieunfälle mit radioaktivem Material, KKW-Störfälle, Abstürze von Satelliten mit Nuklearreaktoren und «Dirty Bombs» im Vordergrund. Die jährlichen 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). 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 bereits vorhandene online Datenauswertungs- und Kartierungssoftware im Messsystem integriert. 2006 wurde ein zweiter Detektor mit 16.8 l Volumen beschafft, auf den Bestrahlungsanlagen des PSI kalibriert und bei den Messflügen 2007 erstmals eingesetzt.

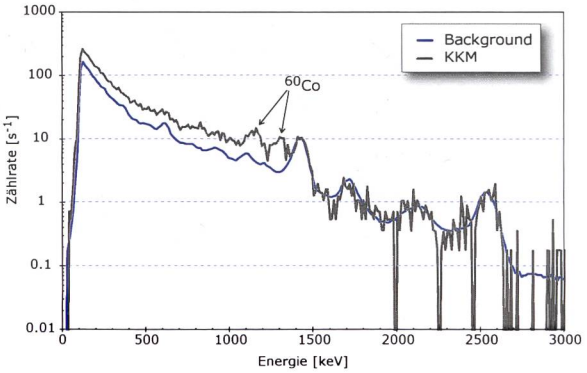
Messungen und Messresultate 2011

Bei den Messflügen im September 2011 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Gösgen (KKG) und Mühleberg (KKM) abgedeckt. Weiter wurden Ausbruchsmaterial-Deponien und Tunnelportale der NEAT, die Stadt Chiasso, drei Referenzflächen des BAG sowie drei Mülldeponien im Tessin beflogen. Es erfolgten zudem auch Messungen über einer geologischen Anomalie nahe des Piz Giuv/GR und über einer ^{137}Cs-Anomalie am Pizzo Ometto/TI.

Die Messresultate in den Messgebieten KKG und KKM zeigten ein ähnliches Bild wie in vorangegangenen Messkampagnen. KKG mit seinem Druckwasserreaktor konnte aeroradiometrisch nicht erkannt werden. Südlich von KKG wurde jedoch mit Hilfe der MMGC-Ratio, das Verhältnis zwischen den Zählraten im hochenergetischen (1´400 – 3´000 keV) und im niederenergetischen (400 – 1´400 keV) Bereich, eine industrielle Bestrahlungsanlage detektiert. Die Bestrahlungsanlage war bereits vor 1997 detektiert worden. Nach dem Anbringen von zusätzlichen Abschirmungen konnte sie seither aus der Luft nicht mehr spektrometrisch nachgewiesen werden. In den Spektren über der Anlage sind vor allem erhöhte Zählraten im tiefenergetischen Bereich unterhalb von 600 keV zu erkennen (Figur 1). In der Karte der Ortsdosisleistung (Abbildung 2) ist die Bestrahlungsanlage nicht zu erkennen.



Figur 1:
Photonenspektrum über der industriellen Bestrahlungsanlage im Messgebiet KKG im Vergleich zum Background ausserhalb des Betriebsareals. Die Erhöhung der Zählraten im niedrigenergetischen Bereich ist auf Streustrahlung zurückzuführen.



Figur 3:
Photonenspektrum über dem KKM im Vergleich zum Backgroundspektrum.

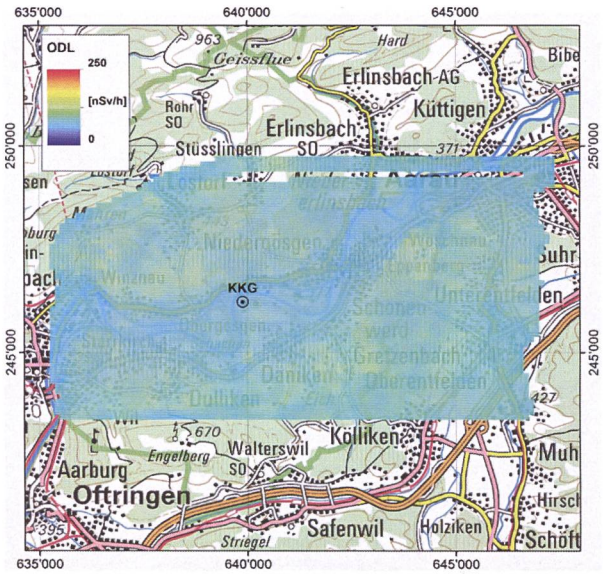


Abbildung 2:
Ortsdosisleistung im Messgebiet KKG.
Kartendaten PK200 © Bundesamt für Landestopografie.

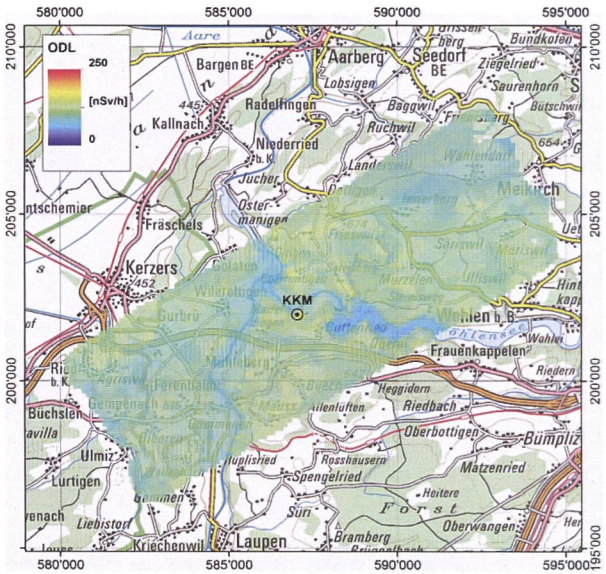


Abbildung 4:
Karte der Ortsdosisleistung im Messgebiet KKM.
Kartendaten PK200 © Bundesamt für Landestopografie.

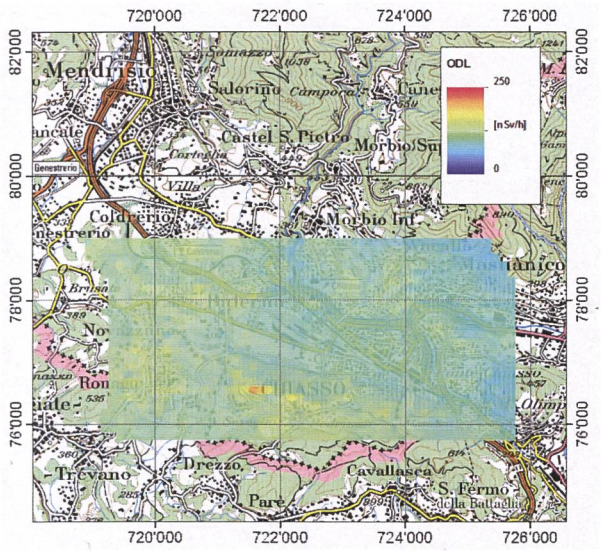
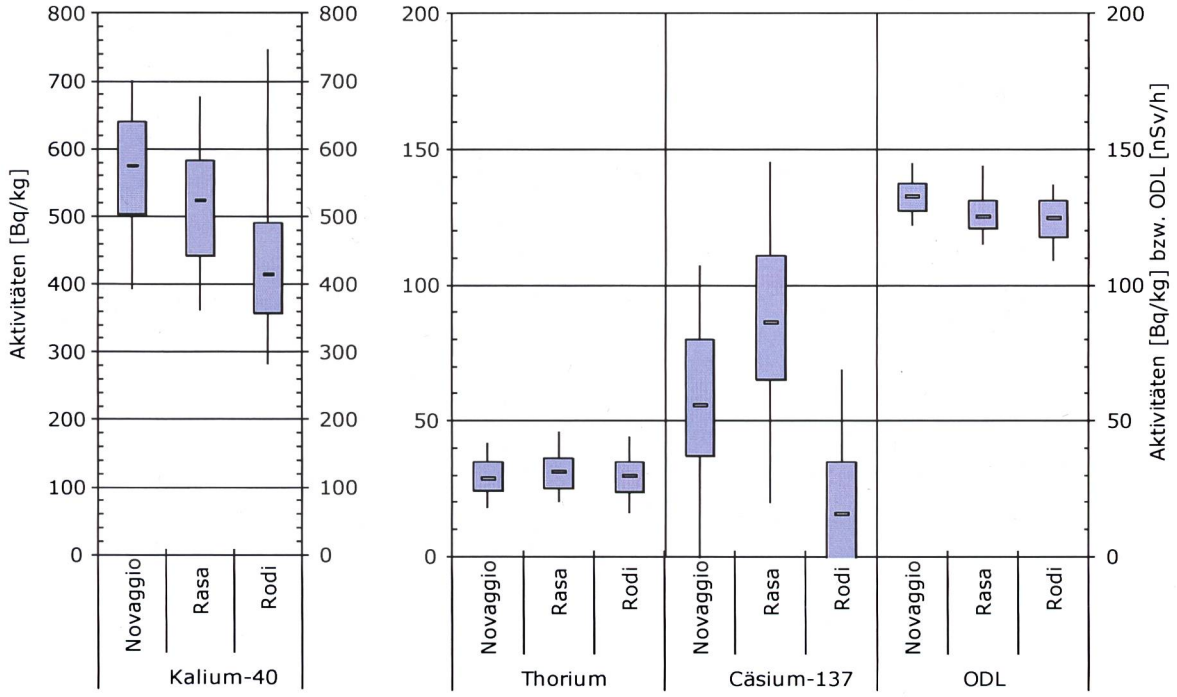


Abbildung 5:
Karte der Ortsdosisleistung im Messgebiet Chiasso. Kartendaten PK100 © Bundesamt für Landestopografie.

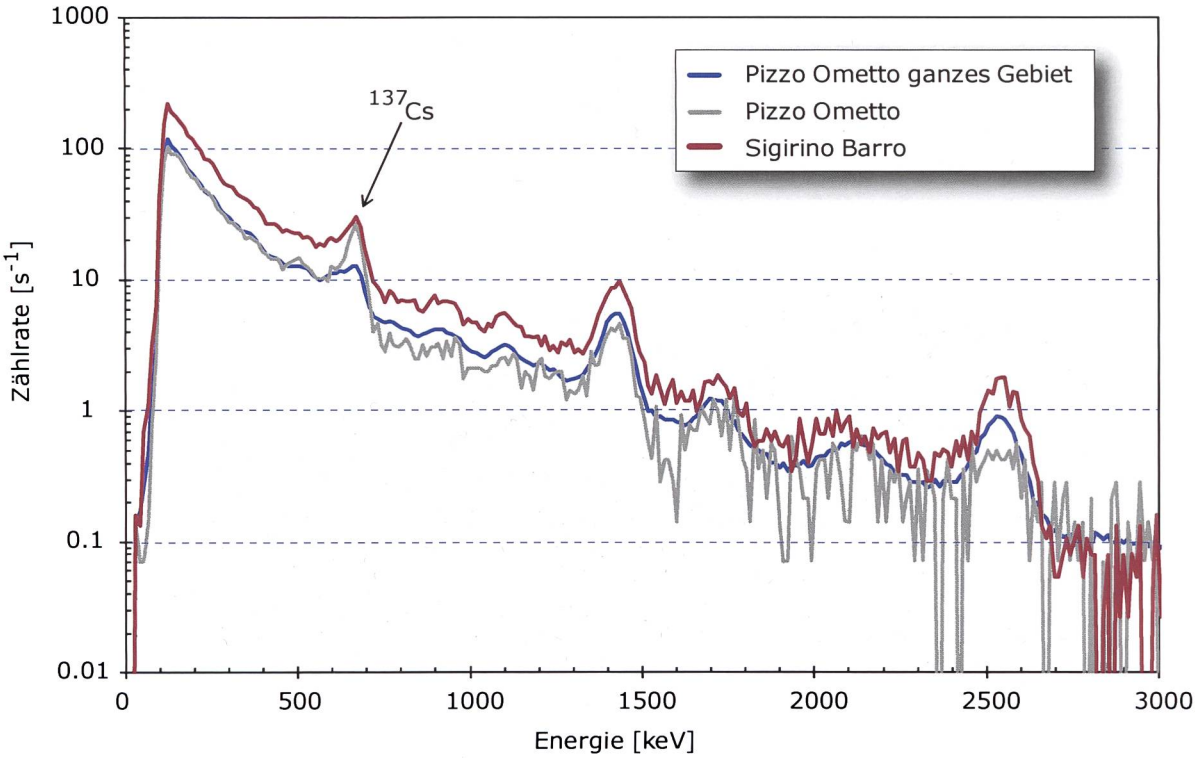
KKM befand sich zum Zeitpunkt der Messflüge im Revisionsstillstand. Die gestreute, hochenergetische Photonenstrahlung, welche sonst in Siedewasserreaktoren durch das Aktivierungsprodukt ^{16}N im Frischdampf erzeugt wird, konnte deshalb dieses Jahr nicht detektiert werden. Hingegen konnte in den über dem Betriebsareal gemessenen Spektren ^{60}Co identifiziert werden (Figur 3). Das Signal stammt von auf dem Betriebsareal zwischengelagertem, radioaktivem Abfall. Ausserhalb des Betriebsareals sind keine erhöhten Werte erkennbar.

Bei den Ausbruchsmaterial-Deponien und den Tunnelportalen der NEAT wurden keine wesentlichen Erhöhungen der Gammastrahlung gegenüber dem natürlichen Untergrund registriert. Einzig bei der Deponie in der Nähe von Biasca konnte ein leichter Unterschied im Vergleich zur Umgebung festgestellt werden. Den Hauptteil dieser Erhöhung trägt das natürliche ^{40}K im granitischen Ausbruchsmaterial bei.

Im Gebiet der Stadt Chiasso wurden Dosisleistungen im normalen, natürlichen Schwankungsbereich registriert (Abbildung 5). Am Punkt mit der höchsten Dosisleistung wurden im Vergleich mit der Umgebung leicht höhere natürliche Aktivitäten wie auch etwas höhere ^{137}Cs-Aktivitäten registriert. Während die höheren natürlichen Aktivitäten auf geologische Unterschiede hindeuten, sind die im Vergleich zum restlichen Messgebiet leicht erhöhten ^{137}Cs-Aktivitäten auf die Topographie und die damit zusammenhängende höhere Deposition von ^{137}Cs aus dem Tschernobyl-Ereignis zurückzuführen.



Figur 6:
Statistische Verteilung der Ergebnisse in den zwei Referenzflächen des BAG. Dargestellt sind die 5 % und 95 % Quantile, das erste und dritte Quartil (Box) und der Medianwert für die Aktivitäten von ^{40}K, der Thorium-Reihe, und ^{137}Cs sowie für die Ortsdosisleistung (ODL).



Figur 7:
Gemitteltes Spektrum am Pizzo Ometto, über das ganze Messgebiet Pizzo Ometto gemitteltes Spektrum und gemitteltes Spektrum über dem Punkt Barro im Messgebiet Sigirino.

Bei den drei Referenzflächen in Novaggio, Rodi und Rasa wurden vergleichbare Aktivitäten der natürlichen Radionuklide bestimmt. Die bestimmten ^{137}Cs-Aktivitäten lagen im Messgebiet Rasa im Durchschnitt rund 30 Bq/kg höher als in Novaggio (Figur 6).

Im Messgebiet Piz Giuv konnte die geologisch bedingte Anomalie anhand deutlich erhöhter Aktivitäten in der Thorium-Reihe kartiert werden. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit den Resultaten des Messfluges, der 1998 in diesem Gebiet stattgefunden hat.

Nach einem Messflug 1999 wurde erneut das Gebiet um den Pizzo Ometto/TI oberhalb von Brissago vermessen. Dabei konnte noch immer ein deutlicher ^{137}Cs-Peak in den Spektren erkannt werden (Figur 7). Die aus den Messungen bestimmten ^{137}Cs Aktivitäten (max. 280 Bq/kg) betragen nur etwa die Hälfte des Wertes, welcher aufgrund der Aktivitätsabnahme durch den radioaktiven Zerfall der 1999 bestimmten Aktivitäten (max. 750 Bq/kg) erwartet würde.

Im Messgebiet Sigirino wurde ausserhalb der Materialdeponie und des NEAT Tunnelportals um den Punkt Barro (714´430/103´430) ebenfalls ein deutlicher ^{137}Cs-Peak in den Spektren registriert (Figur 7). Die maximal bestimmte ^{137}Cs-Aktivität von rund 270 Bq/kg ist auf Tschernobyl-Fallout zurückzuführen.

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.

Für weitere Informationen siehe auch:
www.far.ensi.ch