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: - (2012)

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: 03.07.2025

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 2012
Résultats 2012

3

Externe Strahlung

Rayonnement externe

3.1 Mesures in situ et exposition externe	**38**
Résumé	38
Introduction	38
Méthodologie in situ	39
Résultats in situ 2012	40
3.2 Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM	**43**
Zusammenfassung	43
Einleitung	44
Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2012	45
Die europäische Plattform EURDEP	46
Qualitätssicherung	47
3.3 Aeroradiometrische Messungen	**49**
Zusammenfassung	49
Einleitung	49
Messungen und Messresultate 2012	50

3.1
Mesures in situ et exposition externe

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

Résumé

En 2012, 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 2012 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 2013

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 coefficients de conversion actuellement utilisés au laboratoire de l'OFSP sont détaillés plus bas[2,3].

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[2,3].

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 [2,3].*

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 2012

En 2012, 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 spectrométie gamma in situ ont également été effectuées sur les trois sites de référence pour la surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse. Conformément aux recommandations 2000/73/EURATOM, trois stations de référence, une pour chacune des trois grandes régions géographiques de suisse («Plateau-Ouest», «Plateau-Est» et «Sud des Alpes»), ont en effet été sélectionnées par l'OFSP fin 2010, après une phase d'étude. En plus des facteurs géographiques et météorologiques ainsi que de l'absence de sources potentielles de radioactivité dans un voisinage proche, des facteurs logistiques ainsi que le maintien d'un suivi radiologique à long terme ont également été pris en compte pour la sélection des sites. Pour les trois sites de référence choisis, à savoir Grangeneuve-Posieux/FR, Güttingen/TG et Cadenazzo/Ti, il est prévu de mesurer la radioactivité sur l'ensemble de la chaîne, de l'air jusqu'aux denrées alimentaires, en passant par les précipitations, le sol et l'herbe. Les échantillons sont analysés en laboratoire avec une grande sensibilité, l'objectif étant de pouvoir déterminer les niveaux réels de radioactivité de chacun des compartiments environnementaux et ainsi établir des valeurs de référence pour la radioactivité naturelle et artificielle (stations du «Réseau de contrôle espacé» selon la terminologie définie dans EURATOM). L'ensemble de ces analyses sont complétées par des mesures sur site. Ces valeurs de référence sont utiles pour évaluer les doses de rayonnements moyennes reçues par la population suisse mais surtout pour estimer l'impact d'un rejet potentiel ou avéré de radioactivité après un incident/accident radiologique. Notons que le site de référence analysé depuis de nombreuses années pour comparer les résultats obtenus par spectrométrie gamma in situ était situé à Fribourg. Ce site de référence spécifique à la spectrométrie gamma in situ a également été examiné en 2012, afin de permettre la comparaison avec les nouveaux sites de référence, de Grangeneuve-Posieux ou de Güttingen. Il sera remplacé par le site de Posieux dans le futur.

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 2012. 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 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 de manière significative de ceux enregistrés ailleurs sur le plateau suisse, comme à Fribourg. Cette méthode a toutefois permis de mettre en évidence la présence d'^{41}Ar à proximité du PSI. La concentration dans l'air de ce radionucléide de très courte période (1.8 h) s'élevait à 1.2 Bq/m^3 ce qui représente environ 0.7% de la valeur limite d'immission définie dans l'ordonnance sur la radioprotection (ORaP). L'évaluation de la concentration d'^{41}Ar dans l'air, sur la base des résultats des mesures in situ, a été effectuée en utilisant les facteurs de la publication ICRU 53 en supposant une distribution homogène (source volumique semi-infinie) de ce radionucléide dans l'air, hypothèse relativement réaliste pour un gaz rare. Comme l'illustre la figure 1, son impact radiologique 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 sur les spectres in situ en 2012 est le ^{137}Cs. Ce dernier a été enregistré sur tous les sites de mesure.

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. 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}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.

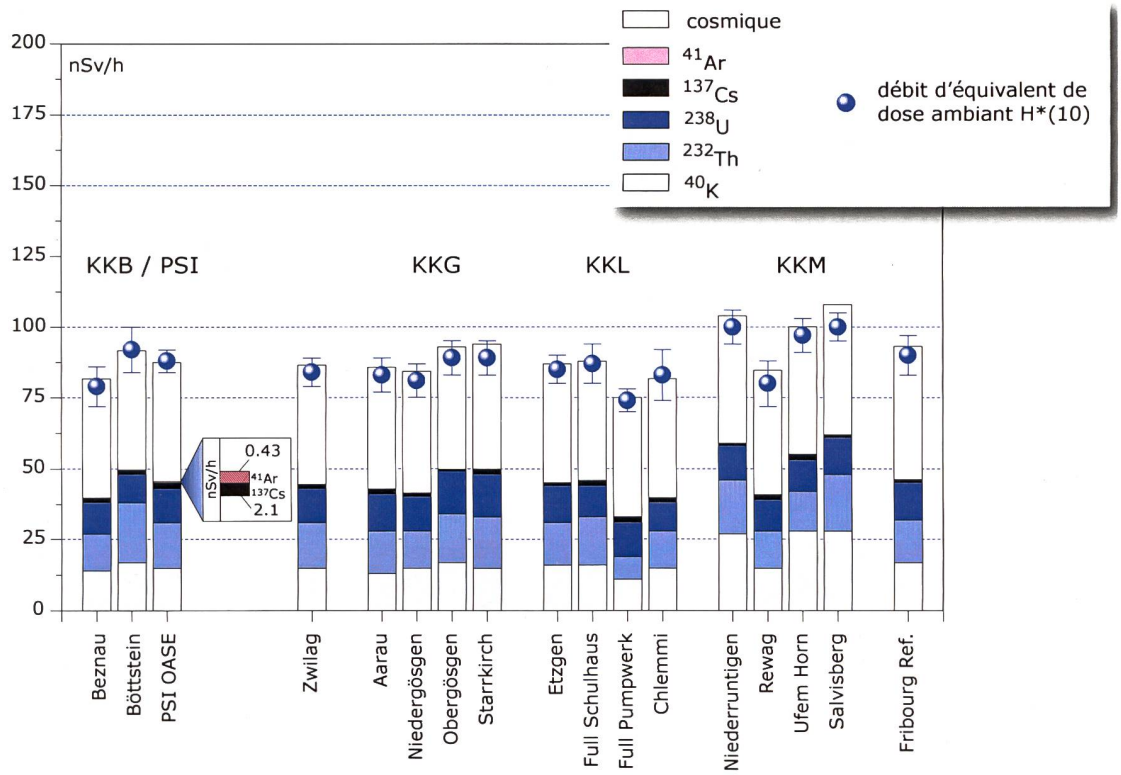


Figure 1:
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés au voisinage des centrales nucléaires suisses en 2012. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) avec chambre d'ionisation est également représentée.*

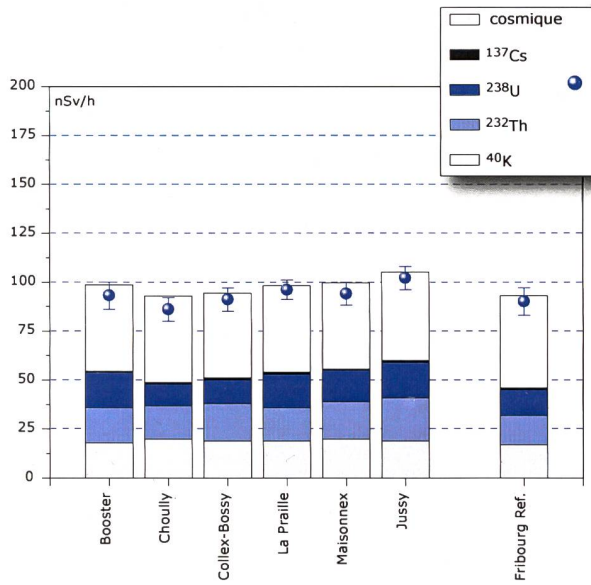


Figure 2:
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2012 au voisinage du CERN ainsi qu'au point de référence de Fribourg. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) avec chambre d'ionisation est également représentée.*

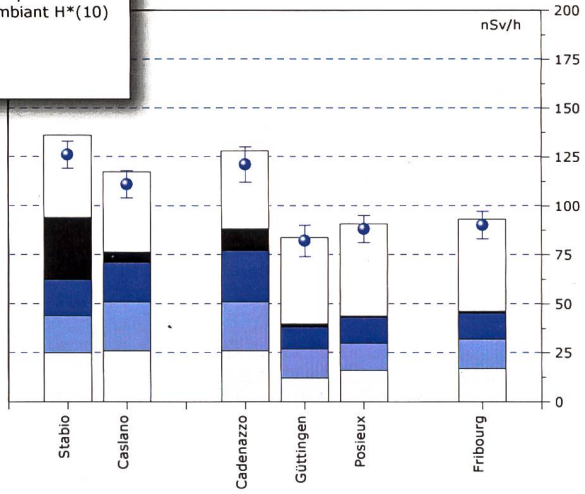


Figure 3:
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2012 au Tessin ainsi que sur les 3 sites de référence pour la surveillance de la radioactivité dans l'environnement. 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 2012 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 4:
Mesure in situ au point de référence de Cadenazzo

3.2 Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM

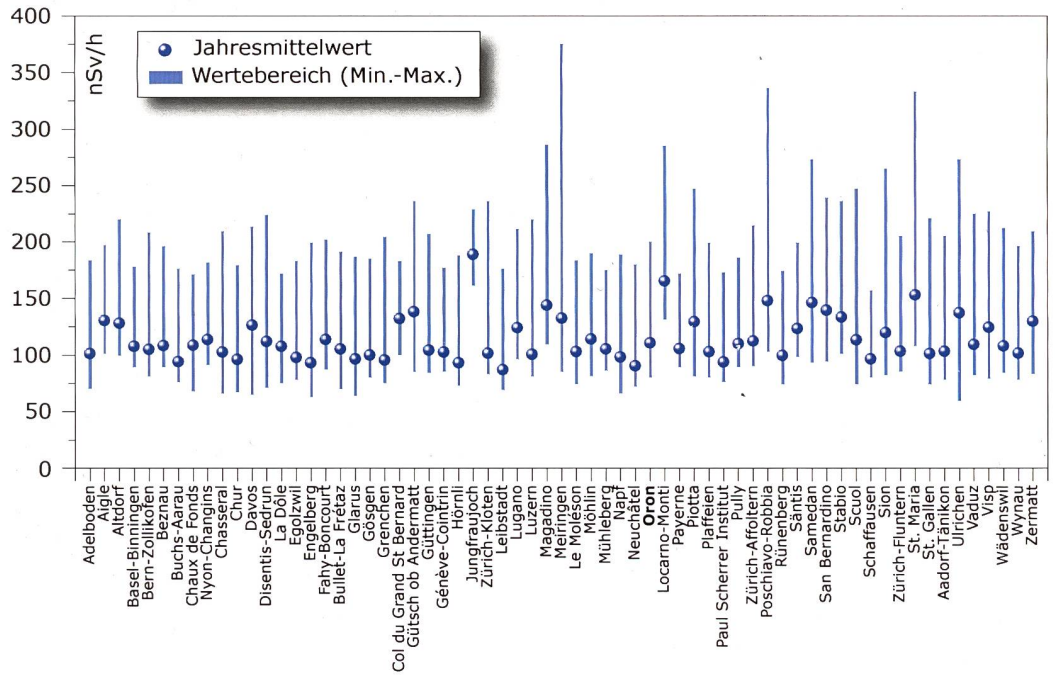
C. Danzi, F. Stoffel
Nationale Alarmzentrale NAZ, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS,
Ackermannstrasse 26, 8044 Zürich

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 65 Stationen (Stand 31.12.2012), die über die ganze Schweiz verteilt sind. Alle Stationen messen in 10 Minuten Intervallen die γ-Ortsdosisleistung (ODL).

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 2012 wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen liessen.



Figur 1:
Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2012 der NADAM-Sonden. Der dargestellte Erfahrungsbereich entspricht dem Bereich zwischen dem minimalen und dem maximalen 10-Minuten-Wert der Sonde im Jahr 2012. Die Station Oron ist fett markiert, da sie im Verlauf von 2012 neu in Betrieb genommen wurde. Bei dieser Station sind die 10-Minuten-Werte (Maximum, Minimum und Mittelwert) nicht unbedingt repräsentativ, weil die Stationen nicht das ganze Jahr im Betrieb war.

Einleitung

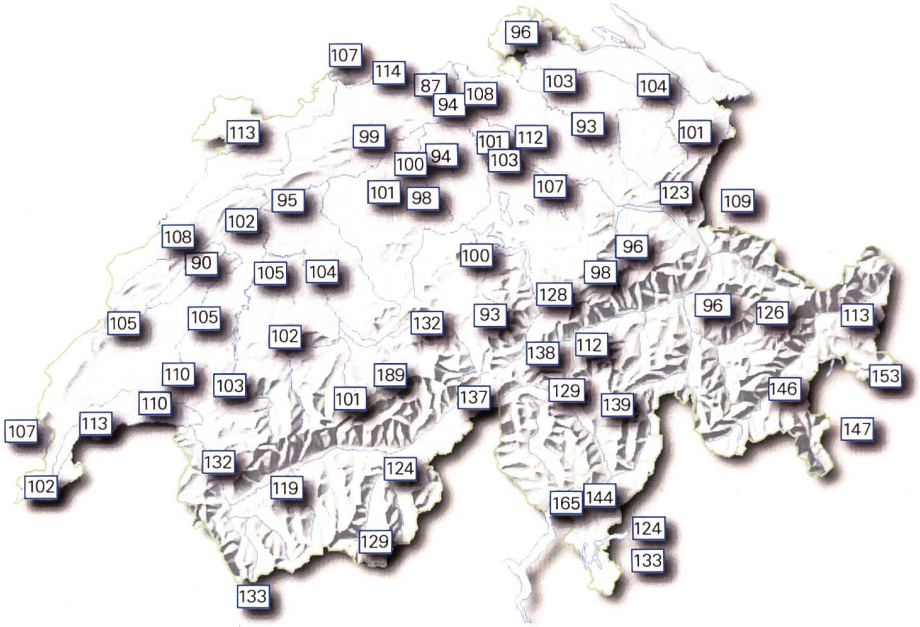
Die permanente Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz wird von den 65 über die ganze Schweiz verteilten NADAM-Stationen (Stand 31.12.2012) garantiert. Die Stationen befinden sich bei den Wetterstationen von MeteoSchweiz und liefern alle zehn Minuten Daten zur Ortsdosisleistung (ODL). In Ergänzung zu den ODL-Daten sind damit auch Wetterdaten verfügbar, die wichtige Zusatzinformationen für die Interpretation der Messwerte liefern.

Die 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 einer 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 aufgeboten. Bei einem ernsthaften Verdacht auf eine mögliche radiologische Gefährdung wird die ganze NAZ aufgeboten 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) publiziert. Unter der Rubrik „Aktuell" können die Stundenmittelwerte der letzten drei Tage sowie die Tagesmittelwerte vom Vortag abgerufen werden. Im Jahr 2012 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 2012 wurde in Oron eine neue Station in Betrieb genommen. 2013 wird in Vicosoprano die 66. und vorerst letzte Station gebaut. Momentan ist kein weiterer Ausbau des NADAM-Netzes geplant.



Figur 2:
Karte der Jahresmittelwerte 2012 aller NADAM-Sonden in Nanosievert pro Stunde, basierend auf den 10-Min-Werten. Der Jahresmittelwert der Ortsdosisleistung variiert je nach Standort zwischen 86 und 189 nSv/h.

Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2012

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 mikroSv/h liegen.

Eine detailliertere Analyse der Station Ulrichen
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.

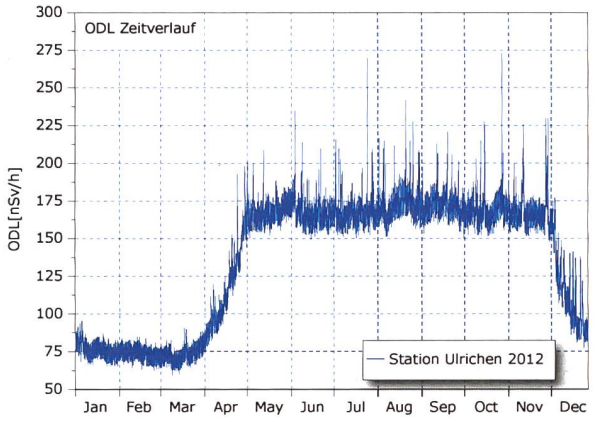
Die Höhe des Sondenstandortes über Meer bestimmt den kosmischen Anteil zur ODL. Je höher der Messstandort, desto weniger wird die kosmische Strahlung durch die Atmosphäre abgeschwächt, d.h. um so grösser wird die Intensität der kosmischen Strahlung.

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

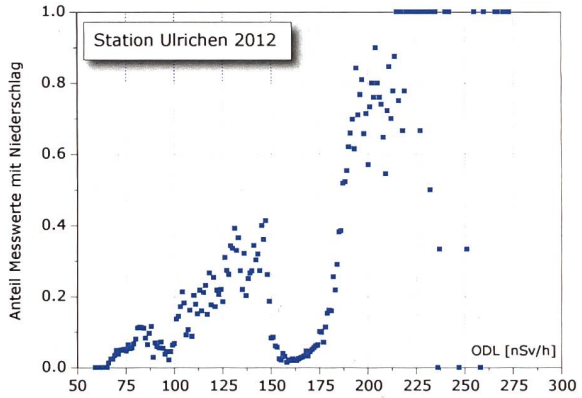
Die Schwankungen des ODL-Verlaufs einer Station innerhalb eines Jahres reflektieren dann grösstenteils die variablen meteorologischen Verhältnisse am Standort (siehe Figur 3).

In Figur 3 kann man die Einflüsse von Regen und Schnee auf die ODL-Daten gut erkennen. Einerseits 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 10-Minuten-Werten der Stationen Davos (-48% im Vergleich zum Jahresmittelwert), Gütsch (-38%) und Piotta (-37%) (siehe Figur 1).

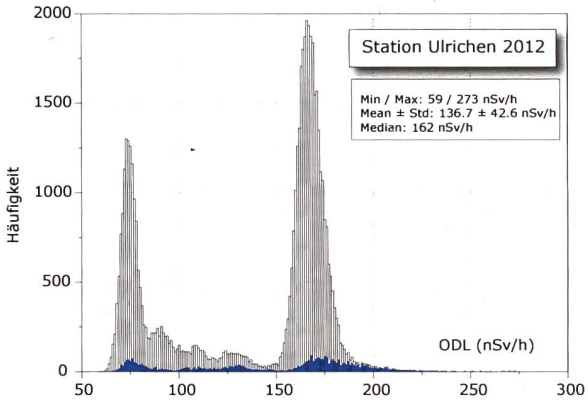
Andererseits beobachtet man einzelne Spitzen nach oben. Diese sind auf Niederschläge zurückzuführen, welche die Folgeprodukte des natürlich vorkommenden Radons (^{222}Rn) auswaschen und am Boden



Figur 3:
Zeitverlauf der 10-Min-Werte für die Station Ulrichen im Jahr 2012. Deutlich sichtbar sind die niedrigeren Ortsdosisleistungswerte in den Wintermonaten, in denen der Schnee die terrestrische Strahlung abschirmt.



Figur 4:
Korrelation zwischen 10-Min-ODL-Daten und dem Niederschlag. Die ODL-Daten über 190 nSv/h korrelieren sehr gut mit Niederschlägen.



Figur 5:
Verteilung der 10-Min-ODL-Werte für die Station Ulrichen im Jahr 2012; grau: alle Messwerte; blau: Messwerte während Niederschläge. 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.

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 190 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 Luzern (+120% im Vergleich zum Jahresmittelwert), Meiringen (+184%), Robbia (+128%) und Sion (+122%) (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).

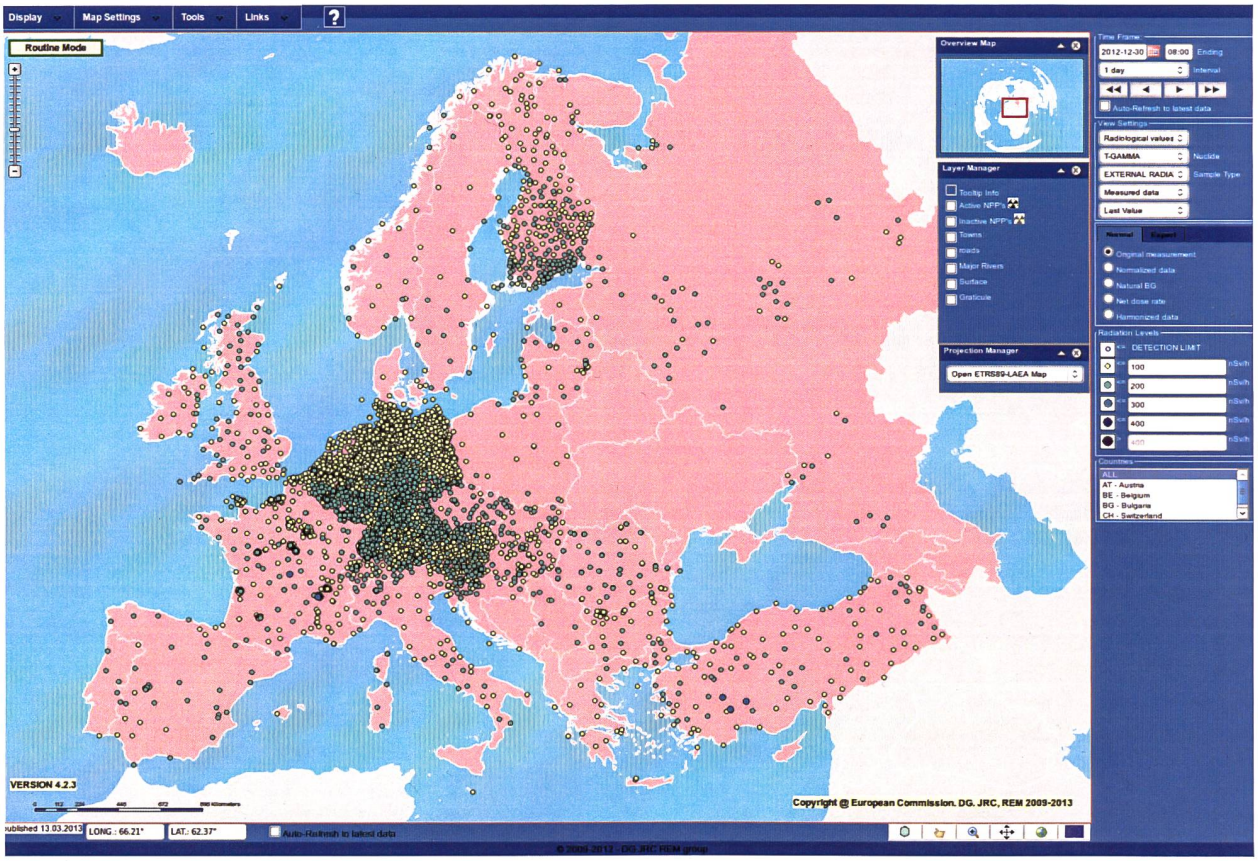
Bei der grauen Kurve sind zwei lokale Maxima sichtbar. Das erste Maximum, das ungefähr bei 75 nSv/h liegt, entspricht dem häufigsten Wert an Tagen mit geschlossener Schneedecke. Das zweite Maximum (bei ungefähr 170 nSv/h) entspricht dem häufigsten Wert an Tagen ohne Schneedecke.

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

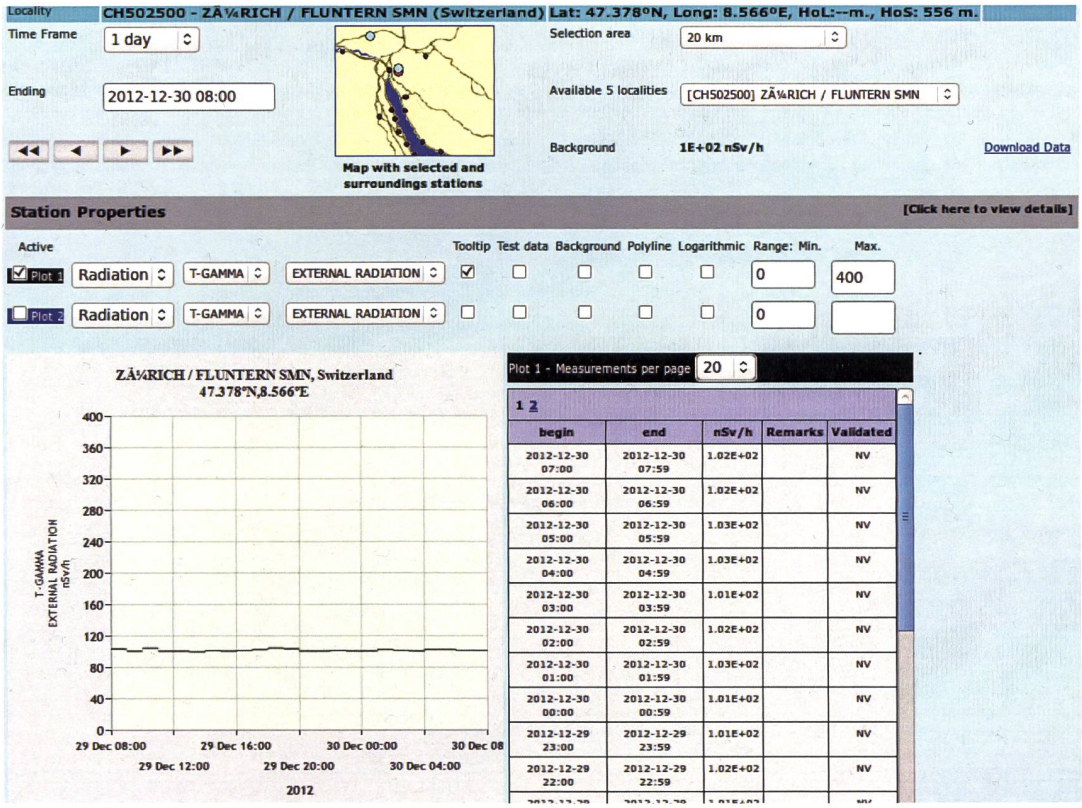
Die europäische Plattform EURDEP

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. 33 Länder (Stand 14.03.2013) schicken 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 sam-



Figur 6:
Dosisleistungskarte-Karte in EURDEP. Quelle: EURDEP (21.03.2013)



Figur 7:
Darstellungsmöglichkeit in EURDEP: ODL-Zeitverlauf der Station Zürich-Fluntern. Quelle: EURDEP (21.03.2013)

meln 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 (65 ODL-Stationen, 31.12.2012), stündlicher Versand (Quelle: NAZ)
- alle MADUK-Stundenmittelwerte (57 ODL-Stationen, 31.12.2012), stündlicher Versand (Quelle: ENSI)
- Luftaktivitätsresultate der 6 High Volume Samplers (31.12.2012), wöchentliche Auswertung und wöchentlicher Versand (Quelle: BAG-URA)
- Iod-Luftaktivitätsresultate der 4 RADAIR-Stationen (31.12.2012), Auswertung alle 30min und stündlicher Versand (Quelle: BAG-URA)

Qualitätssicherung

Die Sonden sind vom Hersteller typengeprüft und wurden durch das „Institut universitaire de radiophysique 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. Anderseits werden bei dem Sondentest auch die Meldewege getestet, insbesondere die Auslösung des Alarms.

Im Jahr 2012 wurden bei 65 Stationen 72 Sondentests durchgeführt (5 Stationen wurden 2 bis 4 Mal getestet). Gesamthaft wurden in diesem Jahr 4 Sonden zur Reparatur geschickt. Diese Zahlen bestätigen, dass die NADAM-Stationen stabil und zuverlässig sind.

Die NAZ verfügt insgesamt über 91 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.

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 2012 aufgeführt. Es ist interessant den Jahresmittelwert mit dem häufigsten Wert zu vergleichen. Wenn die zwei Werte gleich sind (z.B. Chur, Glarus, Vaduz, Wynau) heisst dies, dass im Jahr 2012 kein oder nur wenig Schnee bei der Station vorhanden war. In der Tat sind diese beiden Werte bei den tiefer gelegenen Stationen in der Regel fast gleich. Hingegen gibt es einen markanten Unterschied, wenn es am Standort der Sonde eine klare Wintersaison mit viel Schnee gibt (z.B. Gütsch, Ulrichen) oder er oberhalb 1'500 m.ü.M (z.B. Col du Grand-St Bernard, Davos, Samedan, San Bernardino und Zermatt) liegt. Die Station Oron ist fett markiert, da sie am 29.02.2012 neu in Betrieb genommen wurde.

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	101	104	70	184
Aigle (AIG)	VD	09.09.09	382	130	129	101	197
Altdorf (ALT)	UR	28.10.09	439	128	126	99	220
Basel-Binningen (BAS)	BS	19.11.09	317	107	106	89	178
Bern-Zollikofen (BER)	BE	30.09.09	554	104	103	81	208
Beznau (BEZ)	AG	19.11.09	327	108	107	89	196
Buchs-Aarau (BUS)	AG	20.11.09	388	94	92	76	176
Changins (CGI)	VD	23.09.09	459	113	111	91	182
Chasseral (CHA)	BE	17.09.09	1594	102	111	66	209
Chur (CHU)	GR	09.10.09	557	96	96	67	179
Grand St Bernard (GSB)	VS	09.09.09	2491	132	142	100	183
Davos (DAV)	GR	08.10.09	1589	126	142	65	213
Disentis (DIS)	GR	28.10.09	1197	112	118	71	224
Egolzwil (EGO)	LU	22.09.10	523	98	96	78	183
Engelberg (ENG)	OW	30.10.09	1035	93	96	63	199
Fahy (FAH)	JU	14.10.09	597	113	112	87	202
Génève (GVE)	GE	24.09.09	412	102	100	85	177
Glarus (GLA)	GL	02.12.09	518	96	96	64	187
Gösgen (GOE)	SO	20.11.09	381	100	98	80	185
Grenchen (GRE)	SO	06.12.10	431	95	94	75	204
Gütsch Andermatt (GUE)	UR	01.09.05	2296	138	175	85	236
Güttingen (GUT)	TG	03.12.09	441	104	103	84	207
Hörnli (HOE)	ZH	12.11.09	1133	93	92	73	188
Jungfraujoch (JUN)	VS	29.09.09	3581	189	183	161	229
Chaux de Fonds (CDF)	NE	17.09.09	1018	108	115	68	171
La Dôle (DOL)	VD	23.09.09	1670	107	113	75	172
La Frétaz (FRE)	VD	24.09.09	1206	105	111	70	191
Le Moléson (MLS)	FR	19.08.09	1975	103	109	74	184
Leibstadt (LEI)	AG	19.11.09	342	87	85	69	176
Locarno-Monti (OTL)	TI	22.10.09	368	165	163	131	285
Lugano (LUG)	TI	21.10.09	297	124	122	96	211
Luzern (LUZ)	LU	05.11.09	455	100	98	81	220
Cadenazzo (MAG)	TI	22.10.09	204	144	142	109	286
Meiringen (MER)	BE	06.10.11	590	132	137	85	375
Möhlin (MOE)	AG	09.2010	341	114	112	81	190
Mühleberg (MUB)	BE	15.10.09	481	105	103	86	175
Napf (NAP)	BE	05.11.09	1405	98	105	66	189
Neuchâtel (NEU)	NE	10.12.09	485	90	88	72	180
Oron (ORO)	**VD**	**29.02.12**	**828**	**110**	**108**	**80**	**200**
PSI – Villigen (PSI)	AG	2011	335	94	92	76	173
Payerne (PAY)	VD	13.08.09	490	105	104	89	172
Piotta (PIO)	TI	29.10.09	990	129	133	81	247
Plaffeien (PLF)	FR	14.08.09	1043	102	102	80	199
Pully (PUY)	VD	23.09.09	456	110	107	89	186
Reckenholz (REH)	ZH	13.11.09	444	112	111	90	214
Robbia (ROB)	GR	07.10.09	1079	147	146	103	336
Rünenberg (RUE)	BL	20.11.09	612	99	99	74	174
Samedan (SAM)	GR	25.08.09	1710	146	155	93	273
San Bernardino (SBE)	GR	29.10.09	1640	139	149	94	239
Santa Maria (SMM)	GR	15.12.11	1385	153	156	108	333
Säntis (SAE)	AI	11.11.09	2503	123	122	98	199
Schaffausen (SHA)	SH	04.12.09	439	96	94	80	157
Scuol (SCU)	GR	27.08.09	1305	113	117	74	247
Sion (SIO)	VS	10.09.09	482	119	120	82	265
St. Gallen (STG)	SG	12.11.09	777	101	100	74	221
Stabio (SBO)	TI	21.10.09	352	133	131	101	236
Tänikon (TAE)	TG	03.12.09	539	103	102	78	205
Ulrichen (ULR)	VS	04.11.09	1347	137	166	59	273
Vaduz (VAD)	FL	03.12.09	458	109	109	82	225
Visp (VIS)	VS	11.09.09	640	124	125	79	227
Wädenswil (WAE)	ZH	02.12.09	487	107	106	84	212
Wynau (WYN)	BE	15.10.09	423	101	101	78	196
Zermatt (ZER)	VS	11.09.09	1640	129	142	83	209
Zürich-Fluntern (SMA)	ZH	24.11.09	557	103	102	85	205
Zürich-Kloten (KLO)	ZH	24.11.09	427	101	100	83	236

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 Juni 2012 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL) sowie der Forschungsanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) und der Zwischenlager AG (ZWILAG) abgedeckt. Weiter wurden die Stadt Zürich, Baustellen bei den Stauseen Lac d'Emosson und Linth-Limmern und der Rangierbahnhof Limmattal bei Spreitenbach (AG) beflogen. Zudem wurde eine Transversale von Bischofszell (TG) zum Grossen St. Bernhard (VS) gemessen.

Die Messresultate in den Messgebieten KKB, KKL, PSI und ZWILAG zeigten ein ähnliches Bild wie in früheren Jahren. KKB und ZWILAG konnten nicht detektiert werden. Bei KKL konnte wie in früheren Jahren die gestreute, hochenergetische Photonenstrahlung des ^{16}N detektiert werden. Beim PSI West wurden wie in der letzten Messkampagne die Positronenstrahler aus der Fortluftanlage anhand der Annihilationsstrahlung erkannt. Beim Bundeszwischenlager (BZL) auf dem Areal des PSI Ost konnten die Gammalinien von ^{60}Co identifiziert werden. Ausserhalb der Betriebsareale wurden keine Aktivitäten identifiziert, die auf den Betrieb der Kernkraftwerke zurückzuführen wären.

Bei den Messwerten über der Stadt Zürich, den Baustellen bei den Stauseen Lac d'Emosson und Linth-Limmern, dem Rangierbahnhof Limmattal und der Transversale 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 km² 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).

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.

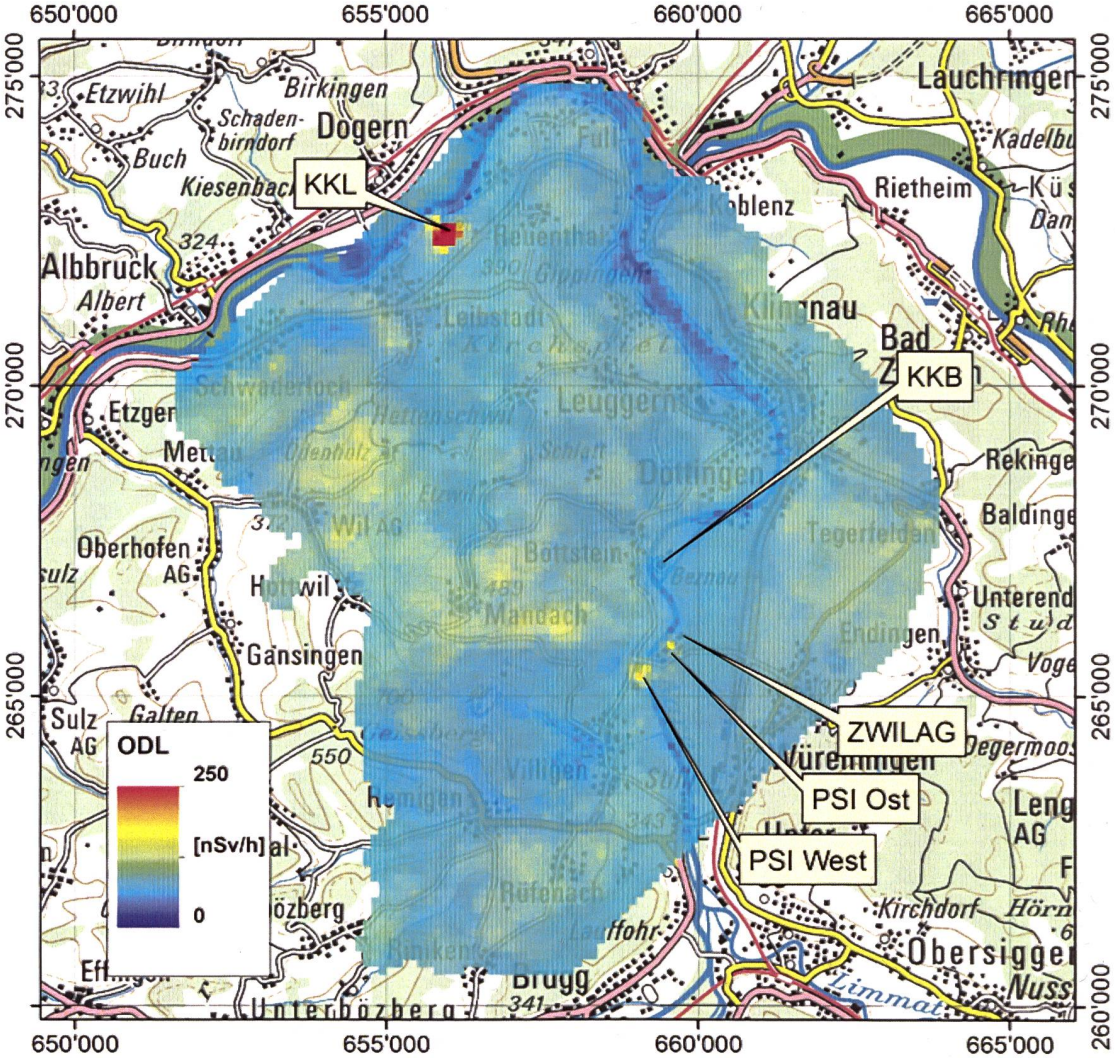
Im Jahre 2010 (Bucher et. al, 2010) wurde mithilfe der Auswertung der Langzeitdaten die Nachweisgrenze der Messmethode ermittelt: 0.02 µSv/h werden in 95 von 100 Fällen erkannt (Vertrauensbereich 95%). Dies entspricht ungefähr 20 % der natürlichen externen Strahlung.

Messungen und Messresultate 2012

Bei den Messflügen im Juni 2012 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL) sowie der Forschungsanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) und der Zwischenlager AG (ZWILAG) abgedeckt. Weiter wurden die Stad Zürich, Baustellen bei den Stauseen Lac d'Emosson und Linth-Limmern und der Rangierbahnhof Limmattal bei Spreitenbach (AG) beflogen. Zudem wurde eine Transversale von Bischofszell (TG) zum Grossen St. Bernhard (VS) gemessen.

Die Messresultate in den Messgebieten KKB/KKL/PSI/ZWILAG zeigten ein ähnliches Bild wie in vorangegangenen Messkampagnen. KKB mit seinem Druckwasserreaktor konnte aeroradiometrisch weder aufgrund der Ortsdosisleistung noch aufgrund des MMGC-Ratio erkannt werden (Figuren 1 und 2). Das MMGC-Ratio steht für das Verhältnis der Zählrate im Energiebereich von 1'400 - 3'000 keV zur Zählrate im Energiebereich von 400 - 1'400 keV. Da die meisten Spaltprodukte Gammalinien im Energiebereich unterhalb von 1'400 keV aufweisen, stellt das MMGC-Ratio ein empfindliches Instrument zur Lokalisierung künstlicher Radionuklide dar.

Im Gegensatz zum KKB können an den Standorten von KKL, PSI und dem Bundeszwischenlager (BZL) in den Figuren 1 und 2 erhöhte Messwerte erkannt werden. Das KKL mit seinem Siedewasserreaktor konnte anhand gestreuter, hochenergetischer Photonenstrahlung erkannt werden (Figur 3). Diese Strahlung wird durch das Aktivierungsprodukt ^{16}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}N aus der Luft gut gemessen werden. Im Spektrum ist



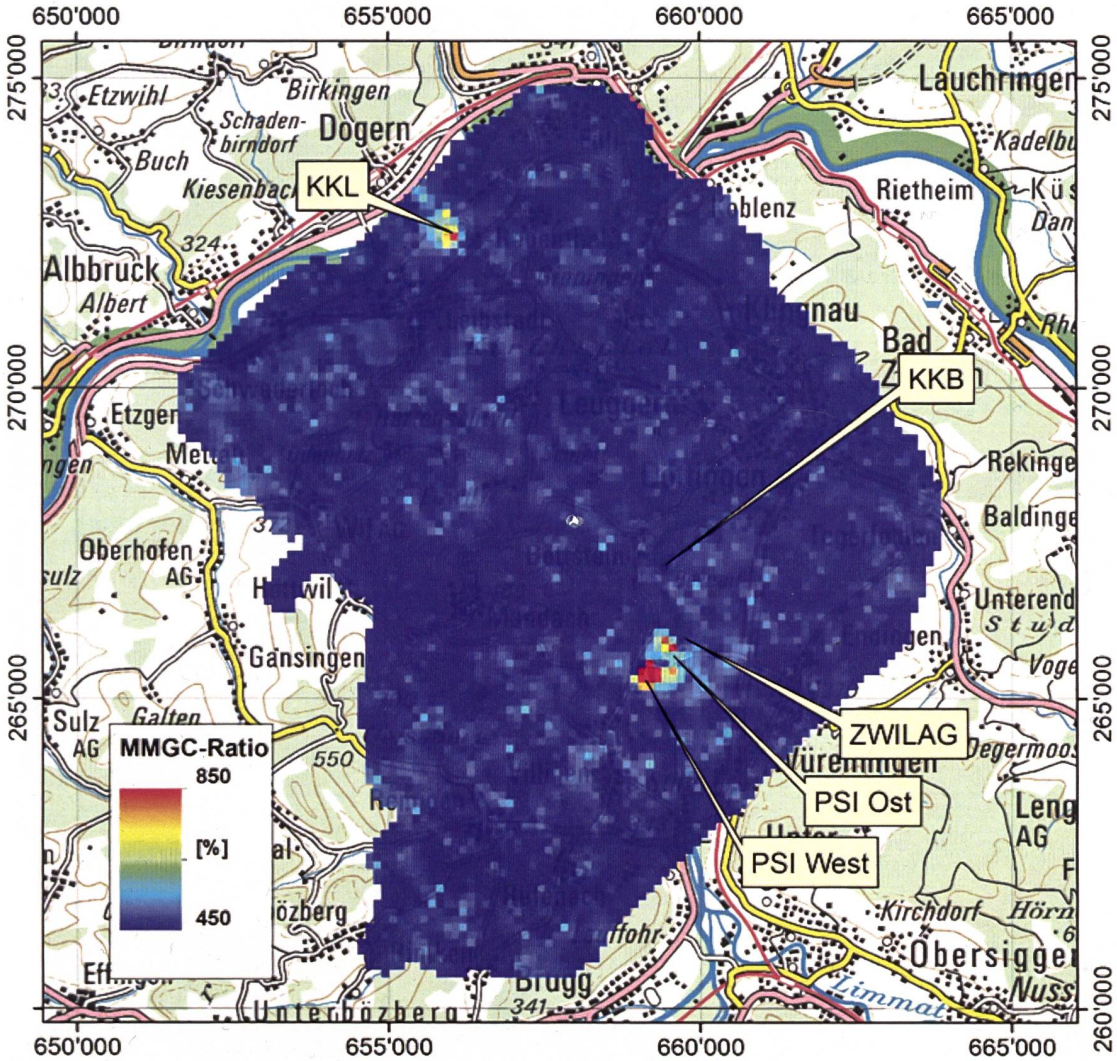
Figur 1:
Ortsdosisleistung im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG. Kartendaten PK200 © Bundesamt für Landestopografie.

ein Annihilationspeak bei 511 keV zu erkennen, der eine Folge der Paarbildung aufgrund der hochenergetischen Photonenstrahlung darstellt. Ausserhalb des Betriebsareals sind keine erhöhten Werte erkennbar.

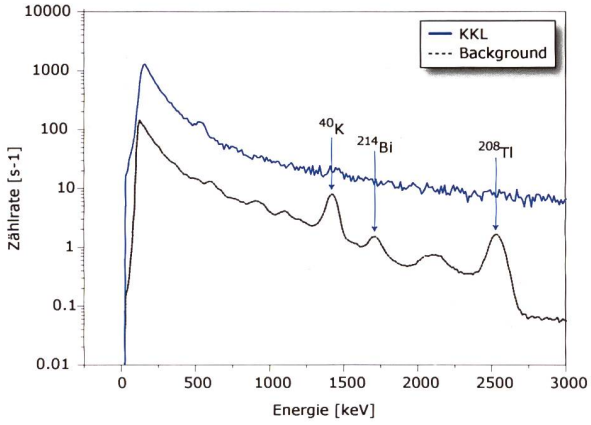
Beim PSI West sind wie in vorangegangenen Messkampagnen die Positronenstrahler anhand der Annihilationsstrahlung (Gammalinie bei 511 keV) zu erkennen (Figur 4), die während des Betriebs des Protonenbeschleunigers kontrolliert und bilanziert über die Fortluftanlage des PSI West an die Umgebung abgegeben werden. Die Gammalinien wurden auch in Spektren nordöstlich und östlich der Abgabestelle nachgewiesen, die in der Karte des MMGC-Ratio (Figur 2) ebenfalls zu erkennen sind. Die gasförmigen und kurzlebigen Positronenstrahler der Fortluft werden besonders gut erkannt, da sie sich in Flughöhe des Helikopters befinden.

Das Bundeszwischenlager (BZL), das sich auf dem Areal des PSI Ost befindet, konnte ebenfalls mit Hilfe des MMGC-Ratio erkannt werden. In den entsprechenden Spektren sind hauptsächlich die Gammalinien des ^{60}Co als Verursacher zu erkennen (Figur 5).

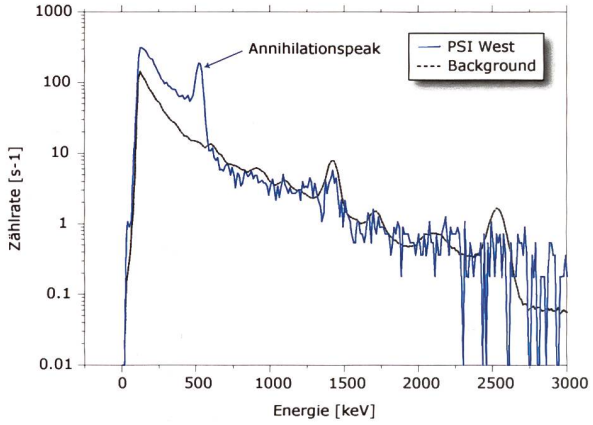
Das ZWILAG konnte wie in den vorangegangenen Jahren nicht aus der Luft detektiert werden. Ausserhalb der umzäunten Werksareale sind in der ODL-Karte (Figur 1) keine erhöhten Werte erkennbar. Die Wertevariation ausserhalb der Anlagenareale ist auf variable natürliche Radioelementgehalte im Untergrund zurückzuführen. Die tiefsten Werte findet man über den Gewässern, da die terrestrische Strahlung dort durch den Wasserkörper abgeschirmt wird.



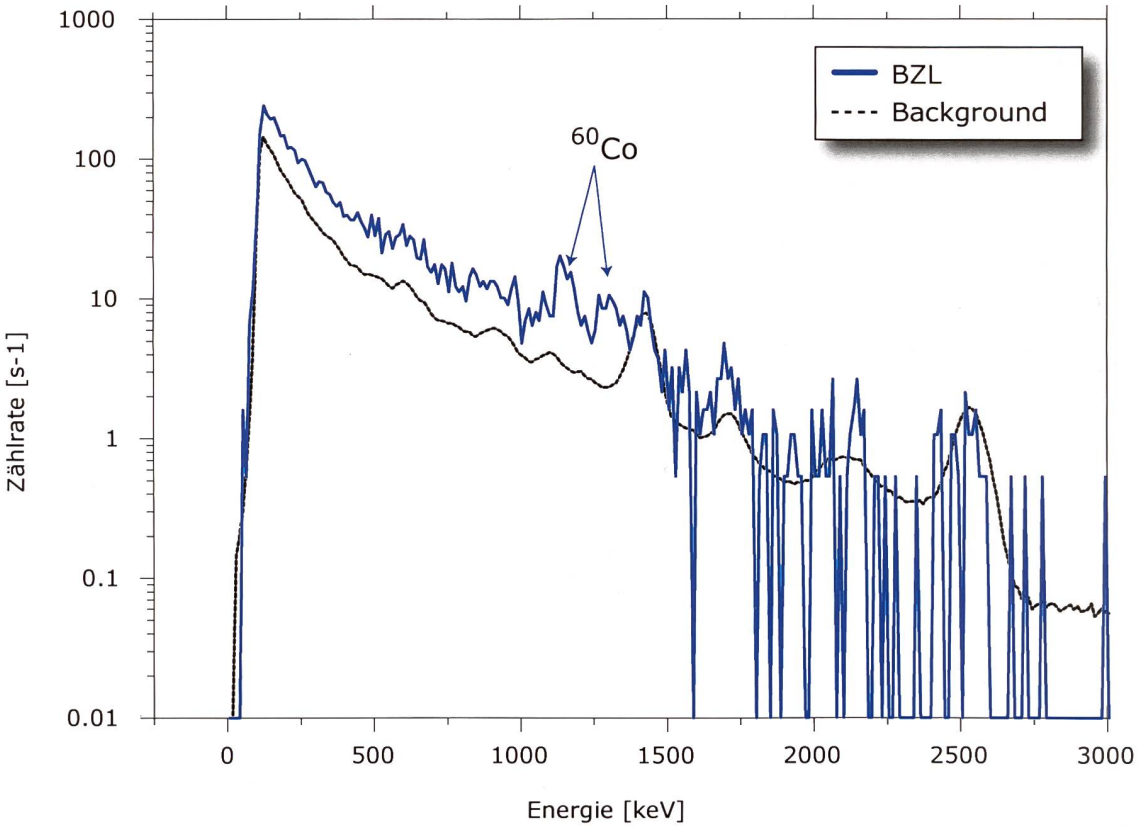
Figur 2:
Karte des MMGC-Ratio im Messgebiet KKB/KKL/PSI/ZWILAG. Kartendaten PK200 © Bundesamt für Landestopografie.



Figur 3:
Photonenspektrum im Bereich des Maschinenhauses des KKL im Vergleich zum Background ausserhalb des Betriebsareals. Die Erhöhung der Zählraten im gesamten Energiebereich ist auf Streustrahlung der hochenergetischen Gammalinien des ^{16}N (> 6 MeV) zurückzuführen.

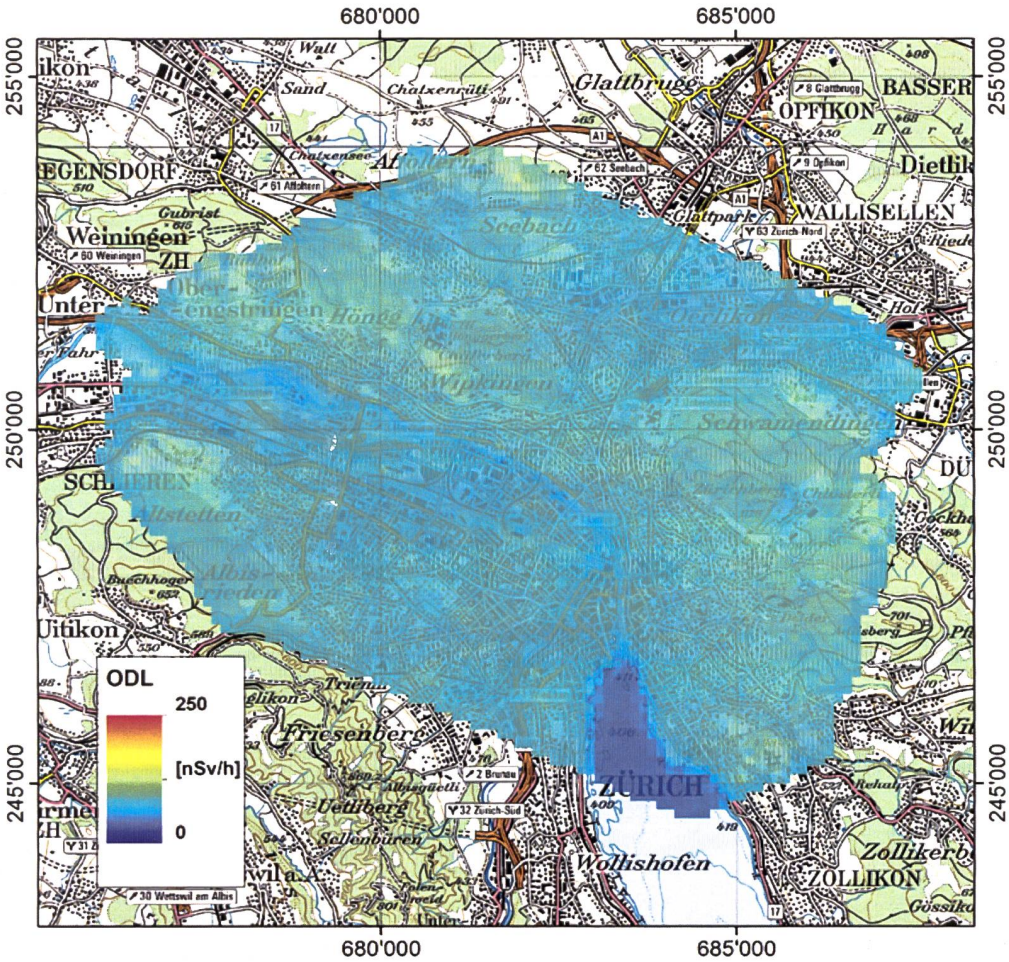


Figur 4:
Photonenspektrum in der Nähe des Fortluftkamins der Abgabestelle PSI West (mit Annihilationspeak bei 511 keV) im Vergleich zum Backgroundspektrum.



Figur 5:
Photonenspektrum im Bereich des BZL mit ^{60}Co-Signalen im Vergleich zum Backgroundspektrum ausserhalb der Betriebsareale.

Die drei Figuren 3, 4 und 5 zeigen beispielhaft, wie mit zunehmender Energie der Hauptgammalinie die Zählraten im darunterliegenden Energiebereich durch die Compton-Streustrahlung zunehmen: bei der Figur 3 liegt die Hauptgammalinie von ^{16}N bei 6.1 MeV ausserhalb des Spektrums, bei Figur 4 liegt die Hauptgammalinie der Positronenstrahler bei 511 keV (Annihilationsstrahlung) und bei Figur 5 liegt die Hauptgammalinie des ^{60}Co bei 1'173 keV bzw. 1'332 keV.



Figur 6:
Ortsdosisleistung im Messgebiet der Stadt Zürich. Kartendaten PK100 © Bundesamt für Landestopografie.

Mit der Stadt Zürich konnte eine weitere grosse Stadt der Schweiz aeroradiometrisch vermessen werden. Die Ergebnisse entsprechen den im Mittelland aufgrund der Geologie zu erwartenden Werten. Es wurden keine auffälligen Werte registriert (Figur 6). Die Messergebnisse über dem Rangierbahnhof Limmattal zeigten wie bei der Stadt Zürich keine Besonderheiten.

Die Messungen bei den Stauseen Lac d'Emosson und Linth-Limmern wiederspiegelten die geologischen Verhältnisse in den entsprechenden Gebieten und die damit verbundenen zum Teil unterschiedlichen Gehalte an natürlichen Radionukliden in den Gesteinen. Zudem liegt der Beitrag der kosmischen Strahlung zur Ortsdosisleistung in diesen Höhenlagen deutlich über dem im schweizerischen Mittelland. Detailliertere Informationen zu den Messergebnissen kann im Bericht der Fachgruppe Aeroradiometrie unter http://www.far.ensi.ch/reports/uarm2012/PSI-Bericht_13-01.pdf gefunden werden.

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.