

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:	- (2007)
Rubrik:	Externe Strahlung = Rayonnement externe

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.02.2026

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

Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz

Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse

Ergebnisse 2007

Résultats 2007

Kapitel 3 Externe Strahlung

Chapitre 3 Rayonnement externe

Chapitre 3.1 Mesures in situ et exposition externe	22
Résumé	22
Introduction	22
Méthodologie in situ	22
Résultats in situ 2007	23
Conclusions	25
Kapitel 3.2 Die automatische Überwachung der Ortsdosen mit NADAM	26
Übersicht	26
Erfahrungs- und Mittelwerte	27
Qualitätssicherung	27
Erneuerung der NADAM-Sonden	27
Kapitel 3.3 Aeroradiometrische Messungen	29
Zusammenfassung	29
Einleitung	29
Messungen und Messresultate 2007	30

Chapitre 3.1

Mesures in situ et exposition externe

S. Estier, A. Gurtner

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

Résumé

En 2007, 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 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 2007 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 la dose globale, sans permettre d'en distinguer les composantes individuelles. Les mesures d'échantillons de l'environnement par spectrométrie gamma en laboratoire s'orientent, quant à elles, avant tout vers 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), de la DSN, du Laboratoire de Spiez et de l'IRA misent sur la spectrométrie gamma directe sur site (in situ). En effet, cette méthode possède l'avantage de permettre à la fois l'identification des radionucléides (émetteurs gamma) pré-

sents sur le site et l'estimation de 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 les doses qui en résultent.

Méthodologie in situ

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

Lors d'une mesure sur le terrain, un spectre gamma est enregistré et l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ global est mesuré simultanément sur le site à l'aide d'une chambre d'ionisation. L'analyse du spectre gamma in situ permet tout d'abord d'identifier les différents radionucléides naturels et artificiels présents sur le site puis, en se référant à la publication ICRU 53, de calculer leur concentration radioactive respective dans le sol en [Bq/kg] ou [Bq/m²], pour peu que la distribution de chacun d'eux soit connue (déposition en surface, distribution homogène des radio-

nucléides dans le sol, décroissance exponentielle, etc.).

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

Les facteurs de conversion de l'activité spécifique au débit d'équivalent de dose ambiante $H^*(10)$ utilisés par notre laboratoire pour les séries de ^{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 par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) en 2007 [2].

Tableau 1: Facteurs de conversion de l'activité spécifique en débit d'équivalent de dose ambiante $H^*(10)$ utilisés par l'OFSP pour les séries naturelles de ^{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	[$\text{nSv}\cdot\text{h}^{-1}/\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$]
Série ^{238}U (total)	0.564
Série ^{232}Th (total)	0.749
^{40}K	0.0512
^{137}Cs	0.192

La contribution d'origine naturelle au débit d'équivalent de dose ambiante $H^*(10)$ s'obtient finalement 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 à l'aide des facteurs indiqués dans le tableau 1, avec la part ionisante cosmique calculée à l'altitude du site. Notons que la formule permettant de calculer la contribution du rayonnement cosmique au débit d'équivalent de dose ambiante $H^*(10)$ a également été adaptée par rapport à celle anciennement utilisée pour le débit de kerma dans l'air [3], et s'écrit :

$$H^*(10)_{\text{cosm}} [\text{nSv/h}] = 3.7 \cdot \exp(0.38 \cdot Z)$$

où Z est l'altitude en km.

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

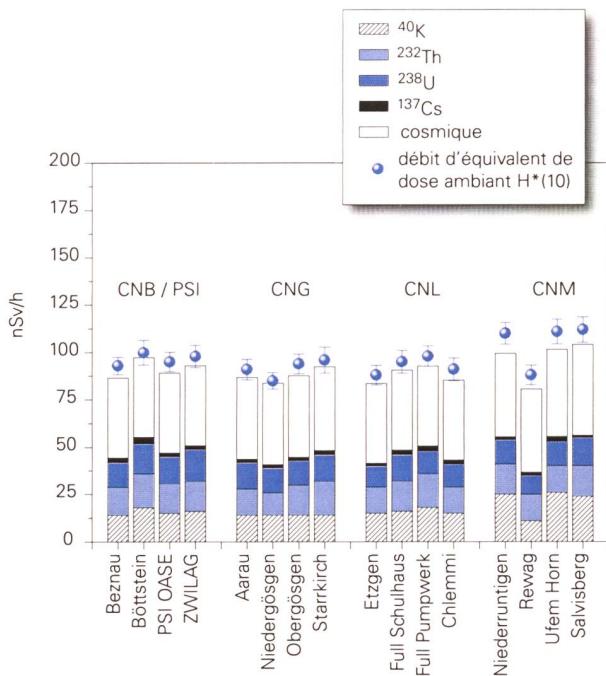
Si, par contre, la distribution dans le sol de chacun des radionucléides artificiels est connue, il sera possible de déterminer leur contribution respective au débit d'équivalent de dose ambiante $H^*(10)$. La somme des contributions naturelles et artificielles, calculées à partir des spectres *in situ*, est ensuite comparée à la valeur globale mesurée avec la chambre d'ionisation, afin d'évaluer la fiabilité de la méthode de reconstitution.

Résultats *in situ* 2007

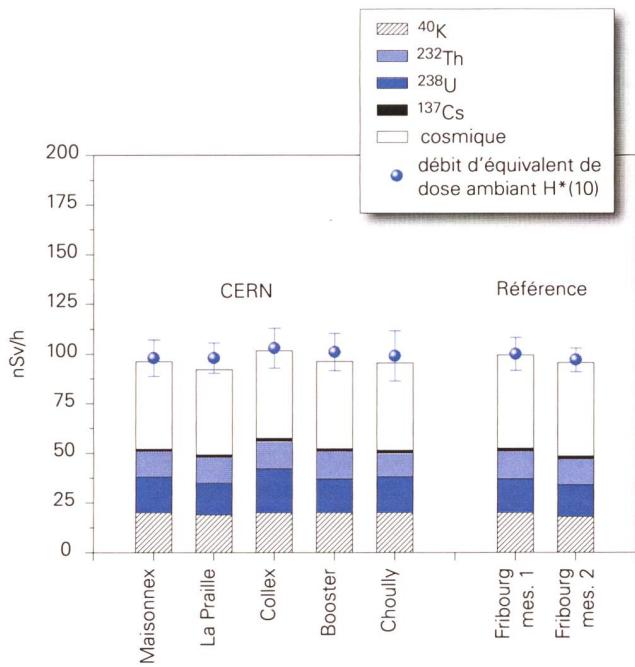
En 2007, les examens *in situ* ont été réalisés principalement au voisinage des centrales nucléaires de Beznau (CNB), Gösgen (CNG), Leibstadt (CNL) et Mühleberg (CNM) et des centres de recherche (PSI, CERN) ainsi qu'au Tessin, région de Suisse la plus touchée par les retombées de l'accident de Tchernobyl. En dehors de ce programme de surveillance annuel, le laboratoire de l'OFSP a également participé à un exercice d'intercomparaison international (ISIS 2007) organisé par «Austrian Research Centers GmbH - ARC» en collaboration avec l'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique). Cet exercice s'est déroulé du 16 au 20 avril 2007 à Wiener Neustadt, en Autriche. Le rapport de résultats n'a toutefois pas encore été publié.

Les contributions respectives au débit d'équivalent de dose ambiante $H^*(10)$ 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 2007. 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 le débit d'équivalent de dose ambiante $H^*(10)$ relevé au voisinage des centrales nucléaires et des centres de recherche (PSI, CERN) ne se distingue pas de manière significative de celui mesuré au point de référence de Fribourg. Remarquons également qu'en dehors du ^{137}Cs , aucun radionucléide d'origine artificielle n'a été mis en évidence sur les spectres *in situ* en 2007.

**Figure 1:**

Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant $\text{H}^*(10)$ calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés au voisinage des centrales nucléaires suisses en 2007. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant $\text{H}^*(10)$ avec chambre d'ionisation est également représentée.

**Figure 2:**

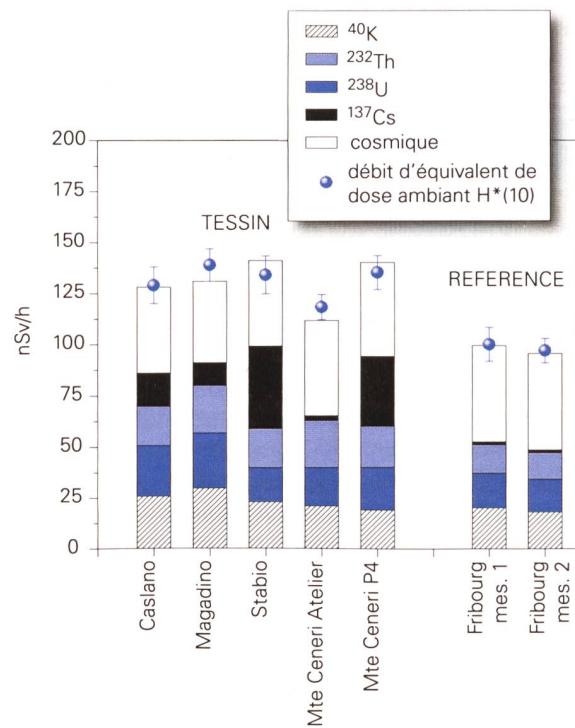
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant $\text{H}^*(10)$ calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés au voisinage du CERN ainsi qu'au point de référence de Fribourg. La mesure globale du débit d'équivalent de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

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.

On notera que, pour l'ensemble des sites, les différences entre reconstruction in situ et mesures globales sont restées inférieures à 10 %, attestant ainsi que les résultats obtenus par cette méthode traduisent bien la réalité.

Si la mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant $\text{H}^*(10)$ dépasse de plus de 10 % la reconstitution calculée sur la base des spectres in situ, une contribution gamma d'énergie supérieure à celle couverte par le spectre in situ (40 keV à 2MeV) est à suspecter (par exemple, ^{16}N avec une ligne principale à 6.1 MeV).

Si, au contraire, la reconstruction in situ surestime de manière significative l'exposition par rapport à la valeur globale mesurée par chambre d'ionisation, les distributions admises pour les différents radionucléides doivent être remises en question. En effet, l'hypothèse d'une distribution homogène pour un radionucléide qui, en réalité, est situé en surface ou qui n'a que partiellement migré en profondeur, conduira à une surestimation de sa contribution au

**Figure 3:**

Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant $\text{H}^*(10)$ calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés au Tessin, ainsi qu'au point de référence de Fribourg. La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant $\text{H}^*(10)$ avec chambre d'ionisation est également représentée.

débit d'équivalent de dose ambiant. Plus la concentration de ce radionucléide sera élevée, plus cette surestimation sera par ailleurs visible dans la reconstitution in situ.

Même si l'écart est inférieur à 10 %, les résultats obtenus pour les sites où les dépôts en ^{137}Cs sont plus importants, comme Stabio ou Monte Ceneri P4, représentés sur la figure 3, illustrent ce phénomène. Pour ces sites la distribution homogène admise pour le ^{137}Cs résultant de l'accident de Tchernobyl induit une surestimation de sa contribution au débit de dose. Des mesures de profils de sol effectuées en 2003 sur des échantillons du Tessin avaient en effet montré que le ^{137}Cs n'avait que peu migré vers les couches plus profondes du sol dans les terrains non cultivés [4].

Conclusions

Les mesures par spectrométrie gamma in situ réalisées par l'OFSP en 2007 ont permis de caractériser les sites d'examen du point de vue de leur composition en radio-nucléides gamma, ainsi que d'évaluer les 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 radioéco-logique (suivi des contaminations en ^{137}Cs résultant des essais nucléaires et de Tchernobyl).

Cette méthode a permis de distinguer les composantes naturelles et artificielles de la radioactivité gamma et de s'assurer de la pertinence de l'information acquise par confrontation du débit d'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ calculé à partir de l'analyse spectrométrique à celui mesuré avec une chambre d'ionisation. Les résultats n'ont mis en évidence aucune valeur susceptible de représenter un danger pour la santé de la population.

Référence

- [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 spectro-metry », Radiation Protection Dosimetry Advance Access published October 17, 2007, doi:10.1093/rpd/ncm307
- [3] Radioprotection, vol. 22 n° 3, pages 231-239, 1987.
- [4] Rapport OFSP: Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnement en Suisse 2003; chap. 3.1, p. B.3.1.2.

Kapitel 3.2

Die automatische Überwachung der Ortsdosen mit NADAM

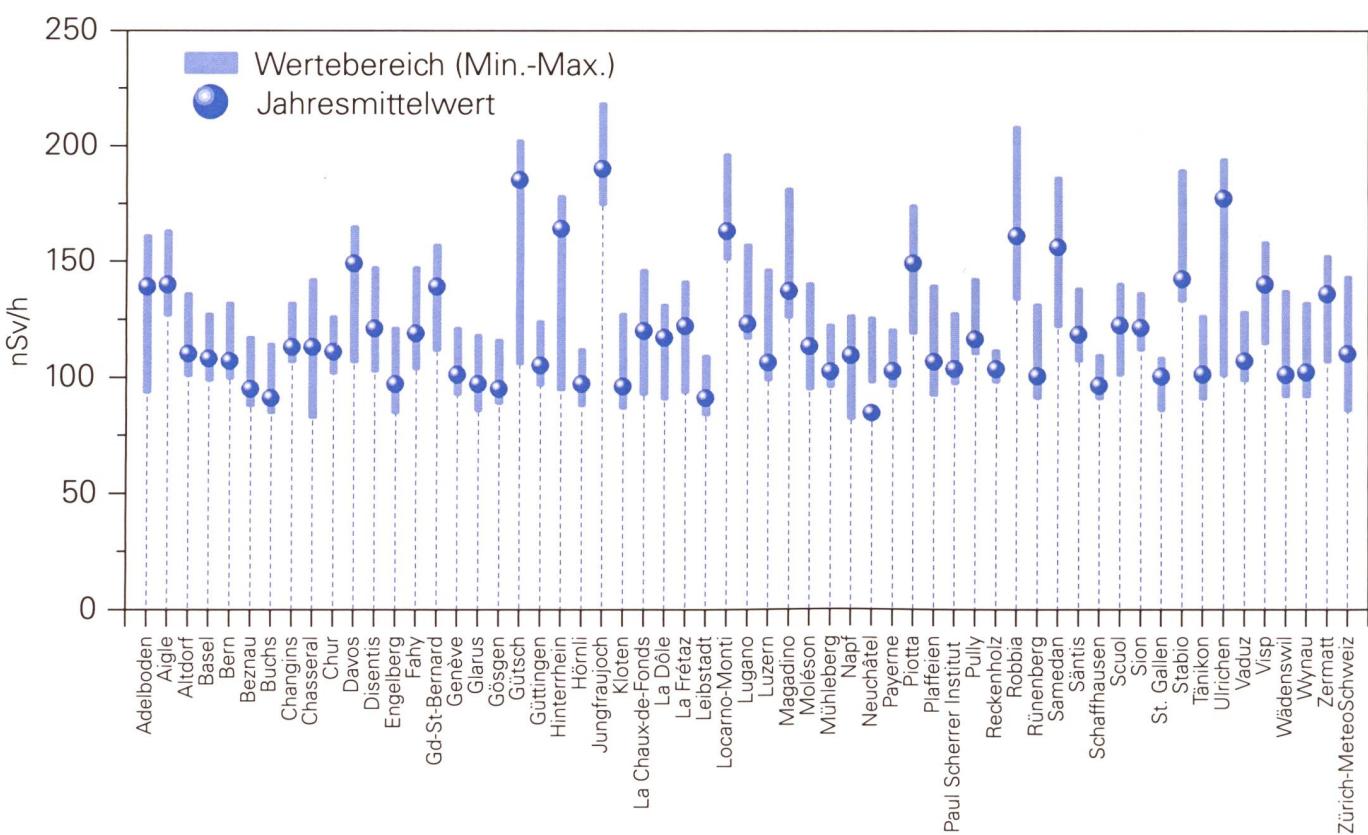
Y. Loertscher

Bundesamt für Bevölkerungsschutz, Nationale Alarmzentrale
Ackermannstrasse 26, 8044 Zürich

Übersicht

Das Netz für die automatische Dosisleistungsmessung und -alarmierung (NADAM) dient der grossräumigen und permanenten Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz. In der Berichtsperiode wurden bis auf einzelne technische Störungen bei der Messung oder der Datenübertragung keine besonderen Vorfälle registriert. Insbesondere wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen liessen.

Nach nahezu 20 Betriebsjahren wird das NADAM-Netz dem heutigen Stand der Technik angepasst. Der Umbau der NADAM-Sonden erfolgt parallel zur Erneuerung des Messnetzes der MeteoSchweiz. Im Mai 2005 hat die erste neue NADAM-Sonde den Betrieb aufgenommen, bis Ende 2007 wurden insgesamt 36 Stationen umgerüstet. Zusätzlich zu den erneuerten Stationen (siehe Tabelle 1) ist aus betrieblichen Gründen die NADAM-Station Interlaken (BE) aus dem Netz genommen worden. Diese Station wird durch die Installation einer neuen Station in Meiringen ersetzt. Aus den selben Gründen ist hingegen die Station Reckenholz (siehe Tabelle 1) neu im Netz aufgenommen worden.



Figur. 1:

Jahresmittelwerte 2007 der NADAM-Sonden



Figur. 2:

Karte der Jahresmittelwerte 2007 der NADAM-Sonden. Die Ortsdosisleistung variiert je nach Standort zwischen 90 und 210 $\mu\text{Sv/h}$. Dies ist vor allem durch Unterschiede in der natürlichen Strahlung bedingt. Einerseits hängt sie von Art und Zusammensetzung des Bodens ab, andererseits nimmt die Intensität der kosmischen Strahlung mit der Höhe zu.

Aufgrund einer Verspätung bei der Unterzeichnung einiger Verträge verzögert sich der vollständige Umbau des Messnetzes von MeteoSchweiz um etwa ein Jahr. Der Abschluss des NADAM-Projektes wurde deshalb auf Ende 2009 verschoben.

Erfahrungs- und Mittelwerte

Eine Übersicht der Jahresmittelwerte sowie der extremen Tageswerte für die einzelnen Stationen ist in den Figuren 1 und 2 dargestellt. Die Erfahrungswerte wurden anhand der Messwerte 2007 überprüft. Mit Ausnahme der Stationen Davos, Disentis und Engelberg sind keine Anpassungen der Erfahrungsbereiche notwendig. Für diese Sonden konnte zunächst nur ein temporärer Mittelwert berechnet werden, da die Betriebsdauer der neuen Sonden im Jahr 2006 zu kurz war (siehe BAG-Bericht von 2006). Der Erfahrungsbereich wurde aufgrund des Datensatzes von 2007 angepasst. Für die Stationen Chasseral, La Dôle, Luzern und Payerne konnte der im 2006 als temporär bezeichnete Erfahrungsbereich definitiv übernommen werden. Die Erfahrungswerte sind in der Tabelle 1 dargestellt

Die Erfahrungsbereiche der im 2007 installierten Sonden wurden aufgrund des verfügbaren Datensatzes nach der Inbetriebnahme bestimmt. Die so ermittelten Werte sind ebenfalls in der Tabelle 1 ersichtlich.

Berechnung der Erfahrungswerte

Screening der Erfahrungswerte
Der Erfahrungswert dient als Vergleichswert für die automatische Plausibilisierung der Messwerte und erleichtert somit das rasche Erkennen von erhöhten Messwerten. Er

soll für jede Station repräsentativ sein und nicht von besonderen Bedingungen geprägt werden. So kann z. B. im Winter der Anteil der terrestrischen Strahlung durch die Schneedecke stark reduziert werden. Für die Bestimmung des Erfahrungswertes werden solche Werte nicht berücksichtigt. Sie bleiben aber im Datenarchiv erhalten.

Qualitätssicherung

Die neuen Sonden sind vom Ersteller typengeprüft und werden durch das IRA geeicht. Im Einverständnis mit der Aufsichtsbehörde wurde die Gültigkeit des Eichzertifikats auf fünf Jahre festgelegt. Nach Ablauf dieser Zeit werden die Sonden neu geeicht.

Während der jährlichen Funktionsprüfungen werden die Sonden, welche eine Abweichung von mehr als 7% des gemessenen Wertes zum Sollwert aufzeigen, ausgewechselt und neu überprüft. Die Resultate für 2007 zeigen, dass sowohl die neuen als auch die alten NADAM-Stationen sehr stabil und zuverlässig sind.

Erneuerung der NADAM-Sonden

Seit April 2005 wird das Messnetz von MeteoSchweiz umgebaut, damit es wieder auf dem neuesten Stand der Technik gebracht werden kann. Parallel dazu werden auch die alten NADAM-Sonden durch neue Fühler ersetzt.

Die neuen Sonden sind mit drei Geiger-Müller-Zählrohren bestückt, zwei für den Niederdosis- und eines für den Hochdosisbereich. Dadurch erhöht sich die Genauigkeit von Messwerten im Untergrundsbereich. Der Messbereich wird auch wesentlich grösser (10 nSv/h – 10 Sv/h) und deckt nun die ganze Spanne bis hin zu Dosisleistungen, wie sie z. B. nach einem A-Waffenunfall zu messen wären, ab.

Weitere Verbesserungen ergeben sich bei der Eichung der einzelnen Sonden, bei der direkten Berechnung von Impuls/Sekunde auf $\mu\text{Sv}/\text{h}$, und beim Abzug des Eigeneffekts. Dieser ist vom Hersteller für jede Sonde einzeln gemessenen worden und wird automatisch vom Messwert subtrahiert. Auch die Vergleichbarkeit der NADAM-Messwerte mit denjenigen des MADUK-Netzes ist nun gewährleistet.

Zu den Kontrollen, denen die neuen Stationen unterzogen werden, gehört in der Regel auch der Vergleich der Messresultate der alten und neuen Systeme über einen Zeitraum von 1 bis 2 Monate pro Standort. Aus technischen Gründen sind nicht alle Stationen in der Lage, zwei Radioaktivitätsfühler parallel zu betreiben.

Eine Liste der bereits umgerüsteten NADAM-Stationen ist in der Tabelle 2 enthalten.

Tabelle 1:

Liste der neu ausgerüsteten Stationen mit neuen Erfahrungs-werten und -bereichen (Stand 31.12.2007).

Station	Datum der Inbetriebnahme	Erfahrungs-werte	Erfahrungs-bereiche
		[nSv/h]	[nSv/h]
Chasseral (CHA)	05.12.06	113	90 - 130
Chur (CHU)	23.03.07	111	90 - 130
Davos (DAV)	14.12.06	149	130 - 170
Disentis (DIS)	15.12.06	121	100 - 140
Engelberg (ENG)	15.12.06	97	80 - 120
La Dôle (DOL)	15.12.06	117	100 - 140
Locarno-Monti (OTL)	23.03.07	163	130 - 190
Luzern (LUZ)	05.12.06	106	90 - 130
Napf (NAP)	03.07.07	109	100-150
Payerne (PAY)	05.12.06	102	80 - 120
Reckenholz (REH)	11.09.07	103	80 - 120
Samedan (SAM)	03.07.07	156	130 - 190
Zürich Meteo-Schweiz (SMA)	17.07.07	110	90 - 130

Tabelle 2:

Liste der umgerüsteten Stationen (Stand 31.12.2007)

Station	Datum der Inbetriebnahme	Station	Datum der Inbetriebnahme
Aigle (AIG)	01.09.05	Lugano (LUG)	04.10.06
Bern (BER)	03.08.06	Luzern (LUZ)	05.12.06
Changins (CGI)	13.10.05	Magadino (MAG)	15.02.06
Chasseral (CHA)	05.12.06	Payerne (PAY)	05.12.06
Chur (CHU)	23.03.07	Plaffeien (PLF)	08.08.05
Davos (DAV)	15.12.06	Pully (PUY)	19.01.06
Disentis (DIS)	15.12.06	Reckenholz (REH)	11.09.07
Engelberg (ENG)	15.12.06	Rünenberg (RUE)	09.08.06
Fahy (FAH)	12.04.06	Samedan (SAM)	03.07.07
Gd. St-Bernard (GSB)	11.11.05	Säntis (SAE)	30.11.05
Glarus (GLA)	13.10.05	Scuol (SCU)	24.02.06
Gütsch (GUE)	01.09.05	Sion (SIO)	13.10.05
Güttingen (GUT)	19.08.06	Tänikon (TAE)	04.10.06
Jungfraujoch (JUN)	29.08.06	Vaduz (VAD)	03.08.06
La Chaux-de-Fonds (CDF)	10.11.05	Wynau (WYN)	29.09.05
La Dôle (DOL)	15.12.06	Zermatt (ZER)	01.09.05
La Fréta (FRE)	24.02.06	Zürich Meteo-Schweiz (SMA)	17.07.07
Locarno-Monti (OTL)	23.03.07		

Kapitel 3.3

Aeroradiometrische Messungen

B. Bucher¹, G. Butterweck², L. Rybach³, G. Schwarz¹,

¹⁾ Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK), 5232 Villigen HSK

²⁾ Abteilung für Strahlenschutz und Sicherheit, Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen PSI

³⁾ Institut für Geophysik, ETH Hönggerberg, 8093 Zürich

Zusammenfassung

Bei der jährlichen Messübung des Stab BR NAZ vom 27. bis 30. August 2007 wurde turnusgemäß im Auftrag der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) die Umgebung der Kernkraftwerke Gösgen (KKG) und Mühleberg (KKM) aeroradiometrisch vermessen. Die Messungen ergaben ähnliche Werte wie in früheren Jahren. Beim KKM, das sich zum Zeitpunkt der Messungen in Revision befand, wurde ^{60}Co identifiziert, das auf aktivierte, auf dem Werksgelände zwischengelagerte Komponenten zurückzuführen war. Da die Anlage nicht in Betrieb war, wurde keine Streustrahlung des Aktivierungsprodukts ^{16}N detektiert. Über KKG wurden keine erhöhten Werte gemessen. Ausserhalb der umzäunten Areale wurde keine künstliche Radioaktivität festgestellt, die nicht auf den Tschernobyl- oder Bombentest-Fallout zurückzuführen wäre. Im Rahmen einer trinationalen Übung mit Messteams aus Deutschland und Frankreich wurden die Gebiete um KKG und KKM auch durch die ausländischen Teams gemessen. Die Resultate zeigten innerhalb der Messgenauigkeit eine gute Übereinstimmung. Zudem wurde im Dreiländereck Basel erfolgreich ein Composite Mapping durchgeführt, wobei ^{40}K Anomalien identifiziert wurden, die durch Bodenmessungen des Kantonalen Laboratoriums Basel Stadt bestätigt werden konnten.

Einleitung

Aeroradiometrische Messungen in der Schweiz begannen 1986. Methodik und Software für Kalibrierung, Datenerfassung, Datenverarbeitung und Kartendarstellung wurden am Institut für Geophysik der ETH Zürich entwickelt (Schwarz 1991). In der Zeit von 1989 bis 1993 wurde die Umgebung (jeweils rund 50 km²) der schweizerischen Kernanlagen jährlich aeroradiometrisch vermessen. Im Jahre 1994 ging man zu einem Zweijahresrhythmus über, wobei abwechselungsweise zwei bzw. drei Gebiete mit Kernanlagen vermessen werden. 1992 und 1995 wurden ebenfalls am Institut für Geophysik der ETH Zürich zwei neue Messgeräte gebaut (16.8 und 4.0 l Detektoren). Seit den Messflügen 2001 kommt eine neu entwickelte online Datenauswertungs- und Kartierungssoftware zum Einsatz (Bucher 2001).

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

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

Messungen und Messresultate 2007

Bei den Messflügen im August 2007 lag der Schwerpunkt bei einer internationalen Messübung mit den Nachbarländern Deutschland und Frankreich. Daran nahmen Messteams des deutschen Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) und des französischen Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) teil. Neben den turnusgemässen Messgebieten, welche die Umgebung der Kernkraftwerke Gösgen (KKG) und Mühleberg (KKM) abdeckten, wurde die Stadt Basel aeroradiometrisch vermessen und die Quellensuche geübt. Bei Basel wurden mit einem Composite Mapping die Zusammenarbeit und der Datenaustausch über die Landesgrenzen hinweg geübt. Im Rahmen der Messflüge 2007 führten zum ersten Mal ausländische Messteams aeroradiometrische Messungen in der Umgebung von Schweizer Kernkraftwerken durch.

Die Messresultate in den Gebieten um die zwei Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg zeigten ein ähnliches Bild wie in vorangegangenen Messkampagnen. KKG konnte aeroradiometrisch nicht erkannt werden (Abb. 1). Das Messgebiet KKG wurde sowohl vom französischen wie auch vom deutschen Team aeroradiometrisch erfasst. Die Resultate für die Ortsdosisleistung (Abb. 2 und Abb. 3) stimmten innerhalb der Messgenauigkeit überein.

Da sich KKM zum Zeitpunkt der Messflüge in Revision befand, konnte keine hochenergetische Photonenstrahlung des Aktivierungsproduktes ^{16}N erkannt werden, wie dies

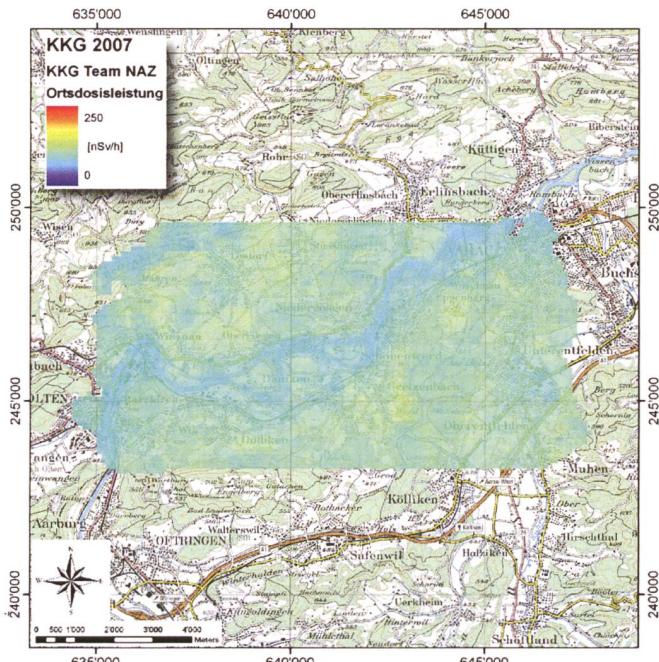


Abbildung 1:

Karte der Ortsdosisleistung im Messgebiet KKG. Messwerte des schweizerischen Teams. Kartendaten: PK100 © swisstopo, DV 316.2.

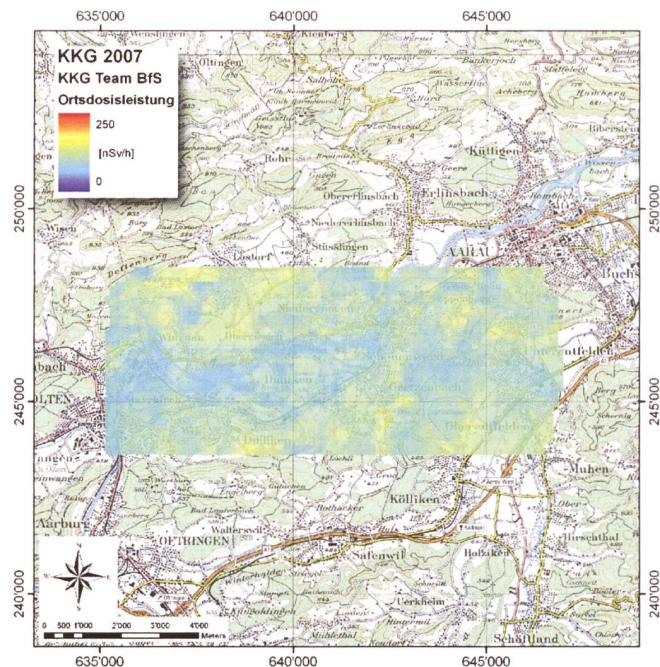


Abbildung 2:

Karte der Ortsdosisleistung im Messgebiet KKG. Messwerte des deutschen Teams. Kartendaten: PK100 © swisstopo, DV 316.2.

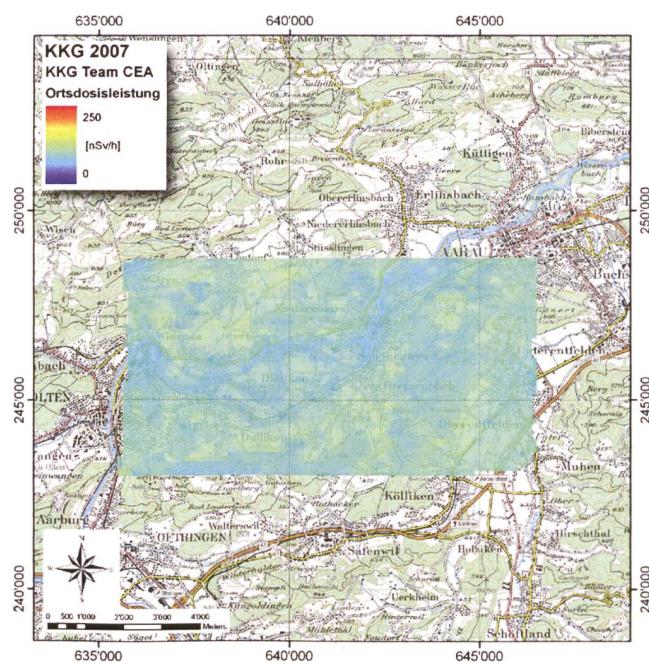
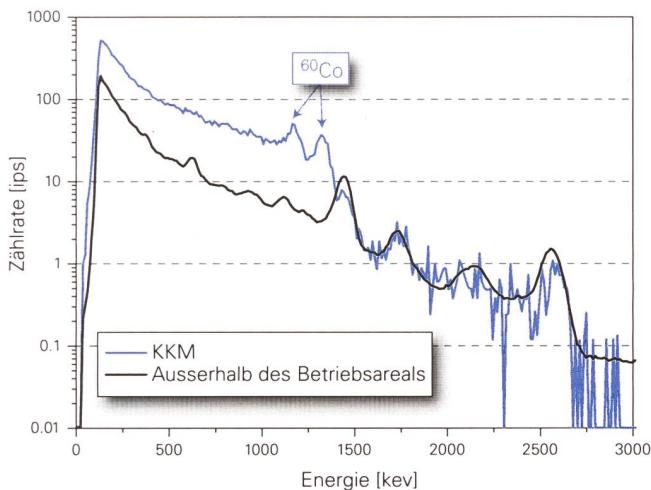


Abbildung 3:

Karte der Ortsdosisleistung im Messgebiet KKG. Messwerte des französischen Teams. Kartendaten: PK100 © swisstopo, DV 316.2.

in früheren Jahren der Fall (Bucher et al., 2004; Bucher et al., 2006) war. Hingegen konnte bei KKM das Radionuklid ^{60}Co detektiert werden (Fig. 1). Dieses ist auf aktivierte Komponenten zurückzuführen, die auf dem Betriebsgelände zwischengelagert wurden. Ausserhalb des Betriebsareals waren keine erhöhten Werte erkennbar (Abb. 4).



Figur 1:
Gemitteltes Spektrum innerhalb und ausserhalb des Betriebsareals als KKM.

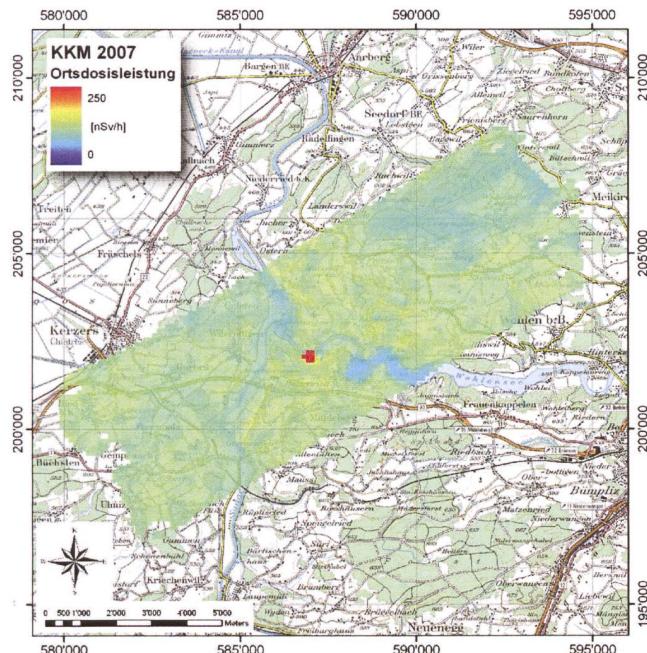
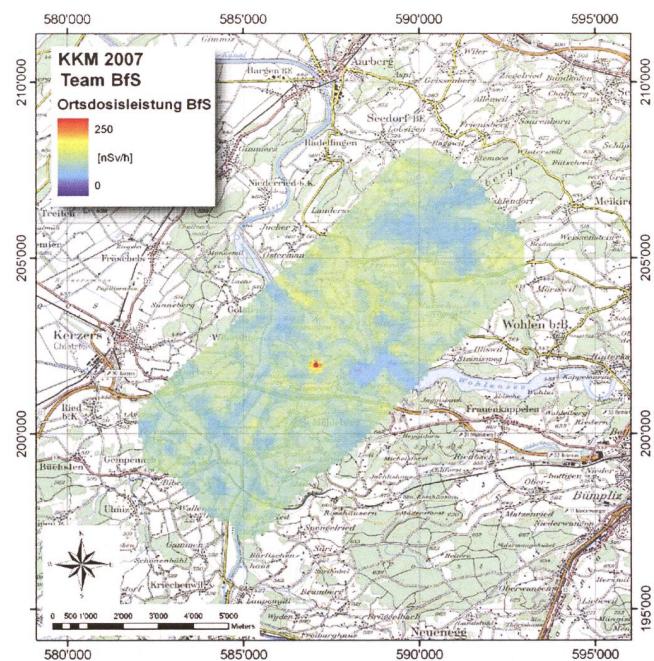


Abbildung 4:
Karte der Ortsdosleistung im Messgebiet KKM. Messwerte des schweizerischen Teams. Kartendaten: PK100 © swisstopo, DV 316.2.

Das Gebiet KKM wurde ebenfalls vom deutschen Team vermessen. Die Ergebnisse für die Ortsdosleistung (Abb. 5) stimmen innerhalb der Unsicherheiten mit den schweizerischen Resultaten überein.

Auf dem Rangierbahnhof Muttenz wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum ABC der Armee die Suche nach radioaktiven Quellen geübt. Dazu wurden diverse radioaktive Quellen für die Dauer der Messflüge im Gelände deponiert. Gleichzeitig zu den Messflügen

Abbildung 5:
Karte der Ortsdosleistung im Messgebiet KKM. Messwerte des deutschen Teams. Kartendaten: PK100 © swisstopo, DV 316.2.

wurden auch Messungen am Boden durchgeführt. Von den fünf ausgelegten Quellen wies nur eine Quelle (^{60}Co , 660 MBq) eine Aktivität aus, die mit der Standardflughöhe von 100 m erkannt werden kann. Das Team des CEA konnte neben der ^{60}Co -Quelle zwei weitere Quellen (^{137}Cs , 280 MBq und 230 MBq) lokalisieren. Die bessere Trefferquote war auf die geringere Flughöhe von 40 m und die damit verbundene, tiefere Nachweisgrenze zurückzuführen. Das Messteam des BfS konnte neben der ^{60}Co -Quelle ebenfalls noch eine der ^{137}Cs -Quellen lokalisieren.

Als Höhepunkt der Messübung 2007 erfolgte im Dreiländereck Basel ein sogenanntes Composite Mapping. Dabei wurde je ein Teil des gesamten Messgebietes durch ein Messteam vermessen. Das schweizerische Messteam konzentrierte sich auf das Gebiet innerhalb der Schweizer Landesgrenze, das französische Messteam deckte hauptsächlich französisches und das deutsche Messteam hauptsächlich deutsches Gebiet ab. Anschliessend wurden die Daten in einem vorher definierten Datenformat von den Messteams an die Datenzentrale geliefert, welche die Daten dann in einer Karte zusammenführte (Abb. 6).

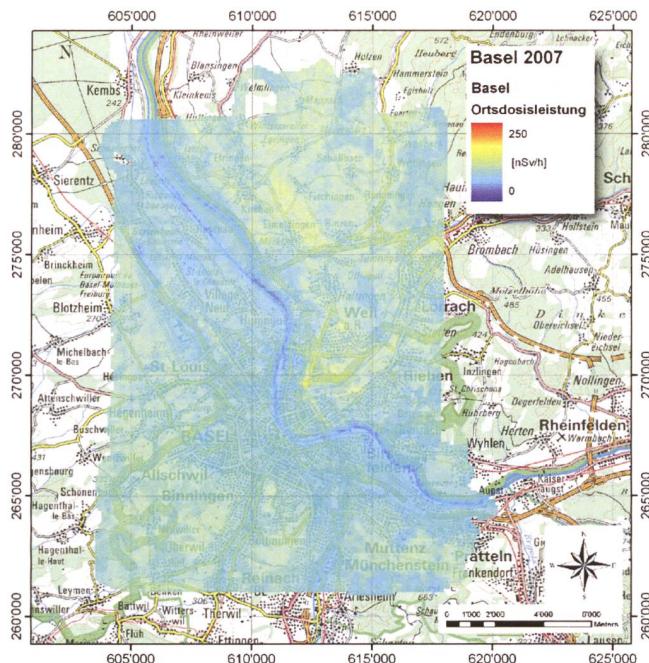


Abbildung 6:

Karte der zusammengeführten Ortsdosiseleistungsdaten der drei verschiedenen Teams im Messgebiet Dreiländereck Basel. Kartendaten: PK200 © swisstopo, DV 316.2.

Östlich von Kleinhüningen wurden im Vergleich zum restlichen Messgebiet durch die Aeroradiometrie erhöhte ^{40}K Aktivitäten detektiert. Diese wurden dem Kanton Basel Stadt gemeldet, dessen Kantonales Laboratorium in der Folge Bodenmessungen in den entsprechenden Gebieten durchführte. Die Resultate dieser Bodenmessungen bestätigten die Ergebnisse der Aeroradiometrie. Im Gebiet des ehemaligen Güterbahnhofes der Deutschen Bahn wurde mit rund 1'200 Bq/kg die höchste ^{40}K Aktivität an granitischem Schotter gemessen (Lörtscher, 2007).

Literatur

- Bucher, B., 2001: Methodische Weiterentwicklungen in der Aeroradiometrie. Dissertation Nr. 13973, ETH Zürich.
- Schwarz, G. F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr.23, Schweizerische Geophysikalische Kommission.
- Schwarz, G. F., Klingelé, E. E., Rybach, L., 1991: Aeroradiometrische Messungen in der Umgebung der schweizerischen Kernanlagen. Bericht für das Jahr 1991 zuhanden der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK). Interner Bericht, Institut für Geophysik, ETH Zürich.
- Bucher, B., Rybach, L., Schwarz, G., 2004: Aeroradiometrische Messungen im Rahmen der Übung ARM03. PSI Bericht Nr. 04-14. ISSN 1019-0643.
- Bucher, B., Butterweck, G., Rybach, L., Schwarz, G., 2006: Aeroradiometrische Messungen im Rahmen der Übung ARM05. PSI Bericht Nr. 06-06. ISSN 1019-0643.
- Lörtscher, Y., 2007: Messflüge 2007 vom 27.8. – 30.8.2007. Kurzbericht über die Aeroradiometrieflüge und Zusammenstellung der Resultate. Nationale Alarmzentrale, Zürich, <http://www.naz.ch>.