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: - (2020)

Rubrik: Rayonnement externe = Externe Strahlung

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: 01.10.2025

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

2020

Chapitre Kapitel 3

Rayonnement externe

Externe Strahlung

In situ Messungen

Netzwerk NADAM

Aeroradiometrische Messungen

Mesures in situ

Réseau NADAM

Mesures d'aéroradiométrie

3.1
Mesures in situ & exposition externe

S. Estier, A. Gurtner
Section Radioactivité de l'environnement, URA, Office fédéral de la santé publique OFSP, Berne

Résumé

En 2020, les mesures de spectrométrie 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 de spectrométrie in situ 2020 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, Berne), de l'IFSN (Brugg), du Laboratoire de Spiez et de l'IRA (Lausanne) misent sur la spectrométrie gamma directe sur site (in situ). En effet, cette méthode possède l'avantage de permettre l'identification des radionucléides émetteurs gamma présents sur le site, d'estimer leurs activités et de calculer leur contribution individuelle à l'exposition du public. La spectrométrie gamma in situ informe ainsi de manière sensible et réaliste sur les concentrations moyennes des radionucléides gamma ainsi que sur l'exposition ambiante qui en résulte.

Méthodologie in situ

L'exploitation de la spectrométrie gamma in situ en Suisse se base largement sur les recommandations ICRU[1], notamment pour la détermination de l'activité des radionucléides présents sur le site.

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], si leur distribution dans le sol est 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 d'équivalent 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 naturelles de l'^{238}U et du ^{232}Th ainsi que pour le ^{40}K et le ^{137}Cs, dans le cas d'une distri-

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

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

bution 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 contribution du rayonnement cosmique calculée à l'altitude du site. La formule suivante permet de calculer la contribution du rayonnement cosmique au débit d'équivalent de dose ambiant H*(10)

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

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 avec une 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 alors comparée à la valeur globale mesurée avec la chambre d'ionisation, afin d'évaluer la fiabilité de la méthode de reconstitution.

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 https://www.bag.admin.ch/dam/bag/fr/dokumente/str/kommission-strahlenschutz/stellungnahmen-dosimetrie/2010-empfehlung-umrechnungsfaktoren-gammaspektrometrie.pdf.download.pdf/2010-empfehlung-umrechnungsfaktoren-gammaspektrometrie.pdf

Sites examinés en 2020

En 2020, les mesures de spectrométrie gamma in situ ont été réalisées au voisinage des centrales nucléaires de Beznau (KKB), Gösgen (KKG), Leibstadt (KKL) et Mühleberg (KKM), des centres de recherche (PSI, CERN), du site d'entreposage temporaire de déchets radioactifs (ZWILAG) ainsi qu'au Tessin, région de Suisse la plus touchée par les retombées de l'accident de Tchernobyl, conformément au programme de surveillance habituel.

Les trois sites de référence pour la surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse, à savoir Grangeneuve-Posieux/FR, Güttingen/TG et Cadenazzo/TI ont également été examinés en 2020, comme à l'accoutumée. Quelques points particuliers tels que les cols du Splügen et du Grimsel ainsi que le site d'Arenenberg/TG complètent la liste des sites mesurés en 2020. Cette méthode a également été utilisée lors de l'exercice d'aéroradiométrie ARM20 sur la place d'armes de Thoune/BE.

Résultats in situ 2020

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, 2, 3 et 4 pour les sites suisses examinés en 2020. 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 pour le ^{137}Cs artificiel. Afin d'apprécier la fiabilité de la reconstitution, la valeur de la mesure globale avec chambre d'ionisation avec son incertitude sont également représentées. En 2020, le seul émetteur gamma d'origine artificielle mis en évidence sur l'ensemble des sites est le ^{137}Cs.

Les résultats des mesures effectuées au voisinage des centrales nucléaires, du PSI et du ZWILAG (figure 1) sont semblables à ceux enregistrés sur les sites de référence, situés hors influence de ces installations, comme Güttingen ou Posieux. Les valeurs plus élevées de débit de dose enregistrées au voisinage de la centrale de Mühleberg en particulier à Salvisberg, Fuchsenried, KKM clôture et Ufem Horn (figure 1) sont d'origine naturelle. Elles sont en effet essentiellement dues aux concentrations plus importantes de ^{40}K dans le sol, ainsi que, dans une moindre mesure, au rayonnement cosmique légèrement plus élevé en raison de l'altitude supérieure de ces sites.

En ce qui concerne la centrale nucléaire de Mühleberg, à l'arrêt depuis décembre 2019 et mise officiellement hors service en septembre 2020, les mesures in situ ont été réalisées en 2020 sur les sept sites qui avaient été examinés dans le cadre du programme complémentaires «Point zéro Démantèlement KKM 2017-2019» (voir figure 2).

Le rapport conjoint IFSN-OFSP sur les résultats de ces mesures complémentaires a été publié en avril 2020 et est consultable sur le site internet de l'OFSP: Démantèlement de la centrale nucléaire de Mühleberg: Mesures Point Zéro 2017-2019. Ainsi, outre les quatre sites examinés au cours de la période d'exploitation, ce programme comprend l'analyse de trois points supplémentaires (Fuchsenried, Oberruntigen et clôture), situés à proximité immédiate de la centrale. En effet, contrairement à un rejet éventuel par voie atmosphérique tel qu'il pourrait se produire en période d'exploitation, l'éventuel impact des travaux de désaffectation devrait être localisé dans un périmètre plus restreint.

La figure 3 montre les résultats des mesures in situ réalisées au voisinage du CERN en 2020. Hormis le ^{22}Na détecté dans l'enceinte du centre de recherche (BAT 588), ces résultats ne se distinguent pas de ceux enregistrés sur le site de référence de Posieux. Ces traces de ^{22}Na détectées dans le sol, proviennent très probablement de l'activation des tunnels du CERN. Tout comme en 2019, mais contrairement aux années précédentes, aucune trace d'^{41}Ar n'a par contre été mesurée dans l'air en 2020. L'absence de détection de ce radionucléide de courte période (demi-vie de 109.6 minutes) s'explique par l'arrêt quasi complet des installations du CERN en 2020 (voir chapitre 8.7)

La figure 4 montre les résultats des mesures effectuées au Tessin et sur les sites supplémentaires analysés en 2020.

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 (1986), est toujours clairement visible. Comme le montre la figure 4, 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, et en fonction de l'altitude pour les contributions des essais atomiques des années 50 et 60, et d'autre part par les différences de nature et de traitement des sols depuis 1986 (travaux, sols retournés ou non, etc.).

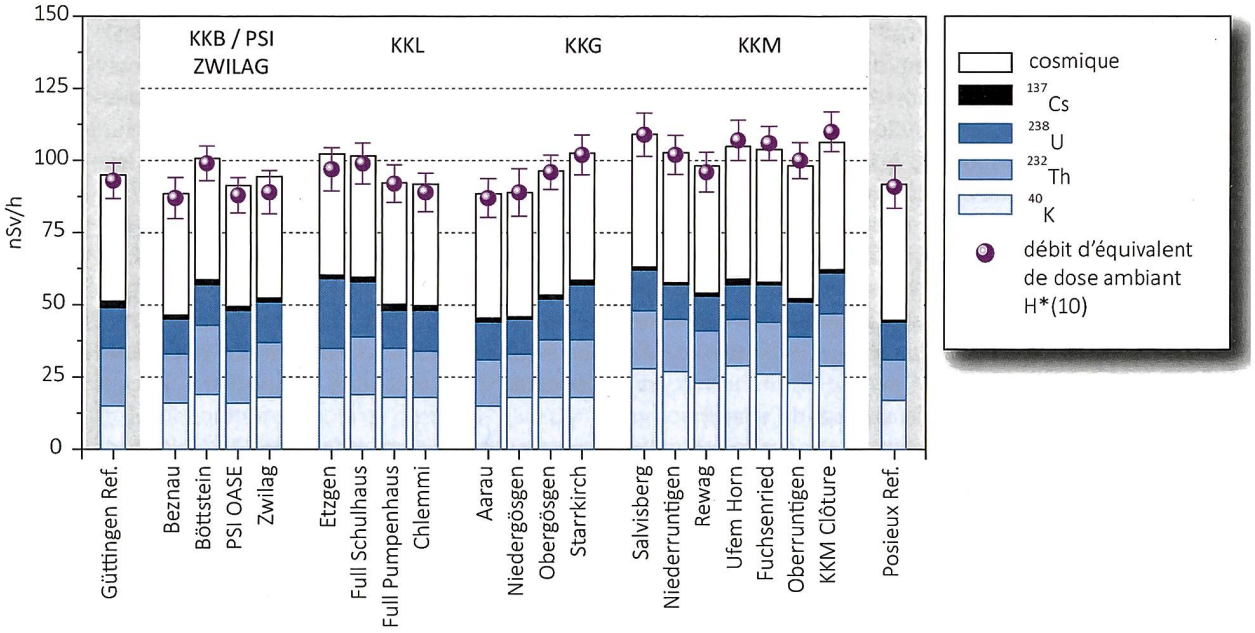


Figure 1 :
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés au voisinage des centrales nucléaires suisses en 2020 ainsi qu'aux points de référence de Güttingen/TG et Posieux/FR (en grisé). La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) avec chambre d'ionisation est également représentée.*

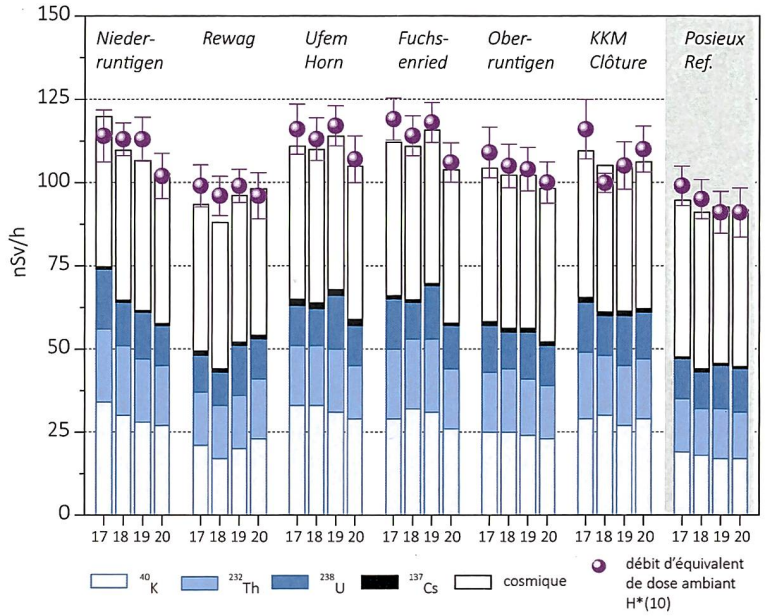


Figure 2 :
Suivi 2017-2020 des contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés au voisinage de la centrale nucléaire de Mühleberg ainsi qu'au point de référence de Posieux/FR (en grisé). La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) avec chambre d'ionisation est également représentée.*

Au Nord-Est de la Suisse (Güttingen, Arenenberg), les retombées de ^{137}Cs dues à l'accident de Tchernobyl ont été plus importantes que sur le reste du plateau suisse, mais sont restées nettement plus faibles qu'au sud des Alpes.

A noter que le débit d'équivalent de dose le plus élevé (208 nSv/h) a, comme attendu, été mesuré au col du Grimsel (2'163 m d'altitude) où le rayonnement cosmique[5] est presque doublé par rapport aux sites de plaine.

Notons encore que pour tous les sites examinés, les différences entre reconstruction in situ et mesures par chambre d'ionisation sont restées inférieures à 10 %, confirmant ainsi la fiabilité de la méthode.

[5] formule de calcul de la contribution du rayonnement cosmique- page 47

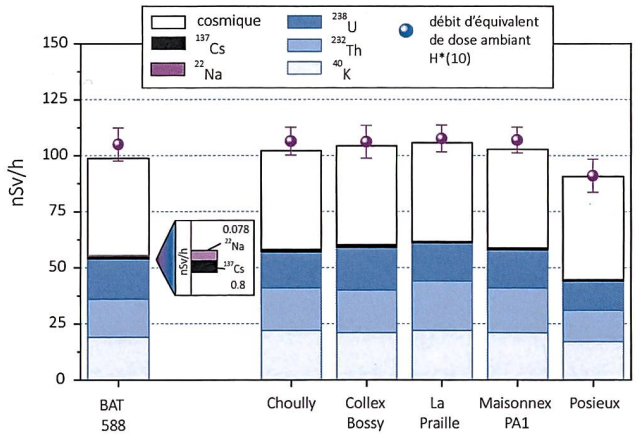


Figure 3 :
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2020 au voisinage du CERN ainsi qu'au point de référence de Posieux (en grisé). La mesure globale du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) avec chambre d'ionisation est également représentée.*

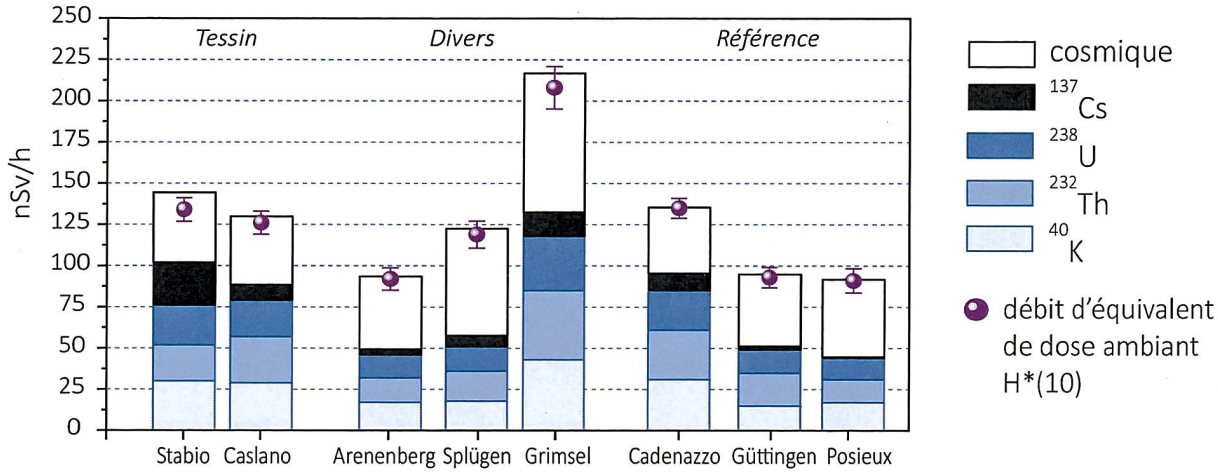


Figure 4:
Contributions individuelles au débit d'équivalent de dose ambiant H(10) calculées à partir des spectres in situ (distribution supposée homogène des radionucléides dans le sol) mesurés en 2020 au Tessin, aux cols du Splügen et du Grimsel, à Arenenberg ainsi que sur les 3 sites de référence. 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 2020 ont permis de caractériser les sites d'intérêt du point de vue de leur composition en radionucléides émetteurs 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 des retombées des essais nucléaires et de Tchernobyl).

De manière générale, elle 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 comparaison du débit d'équivalent de dose ambiant H*(10) calculé à partir de l'analyse spectrométrique à celui mesuré avec une chambre d'ionisation.

Au niveau national, 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 risque pour la santé de la population.

3.2
Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM

A. Hess, F. Stoffel
Nationale Alarmzentrale NAZ, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS,
Guisanplatz 1B, 3003 Bern

Zusammenfassung

Zur grossräumigen und permanenten Überwachung der externen Strahlung betreibt die Nationale Alarmzentrale (NAZ) das Netz für die automatische Dosisleistungs-Alarmierung und-Messung (NADAM). Das System ermöglicht eine detaillierte Dokumentation der Gamma-Ortsdosisleistung an Standorten in der ganzen Schweiz, es dient als Frühwarnsystem bei Überschreitung eines Alarmwerts und unterstützt die NAZ im Falle eines nuklearen/radiologischen Ereignisses bei der Bestimmung des gefährdeten Gebietes und bei der Definition allfällig anzuordnender Schutzmassnahmen. Die NADAM-Station in Locarno-Monti wird im aktuellen Bericht als Beispiel herangezogen, um die Charakteristik der erhobenen Daten und deren Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen zu illustrieren.

Im Jahr 2020 wurden mit dem NADAM-Netz keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen lassen.

Einleitung

Die Nationale Alarmzentrale (NAZ) ist die Fachstelle des Bundes für ausserordentliche Ereignisse. Sie ist 365 Tage pro Jahr rund um die Uhr erreichbar und bereit, im Bedarfsfall in den Einsatz zu gehen. Ihre Hauptaufgabe ist es dann, die Übersicht über die bevölkerungsschutzrelevante Lage sicherzustellen, um Behörden im In- und Ausland, internationale Organisationen und andere Partner warnen und orientieren, die Bevölkerung im Inland alarmieren und informieren zu können.

Im Bereich «Erhöhte Radioaktivität» hat die NAZ besonders umfangreiche Aufgaben. Als zentrales Element wird die Probenahme- und Messorganisation des Bundes durch die NAZ koordiniert und eingesetzt. Sie ermöglicht der NAZ den Zugriff auf ein umfangreiches Netzwerk von eigenen und fremden Messressourcen.

Gemäss der Verordnung über den Bevölkerungsschutz (BevSV, SR 520.12) ist die NAZ zudem zuständig für den Betrieb des Netzes für die automatische Dosisleistungs-Alarmierung und -Messung (NADAM). Es dient der ständigen Überwachung der Radioaktivität und als Frühwarnsystem. Überschreitet der Messwert auf einer NADAM-Station einen Alarmwert, wird automatisch das Pikett (Bereitschaftsdienst) alarmiert, und der Messwert muss durch Mitarbeitende der NAZ validiert werden (Ausschluss technischer Probleme, Überprüfung der Wetterdaten, Vergleich mit Nachbarstationen).

Bei Bedarf werden weitere Messmittel aufgeboten, zum Beispiel kann die kantonale Messunterstützung zugunsten der NAZ (KAMU NAZ) mit einer Kontrollmessung vor Ort beauftragt werden. So kann die NAZ bei einem radiologischen Ereignis rasch das gefährdete Gebiet bestimmen, Behörden des betroffenen Kantons orientieren und bei unmittelbarer Gefährdung eine Alarmierung auslösen und Sofortmassnahmen zum Schutz der Bevölkerung anordnen.

Die mit dem NADAM-Netz ermittelte Ortsdosisleistung wird als 10 Minuten-Mittelwerte abgelegt. Die Daten dienen in erster Linie der NAZ zur Beurteilung der radiologischen Situation im Normalzustand und im Ereignisfall. Sie werden zudem mit den Behörden mehrerer Nachbarstaaten geteilt.

Aus den erhobenen 10 min-Mittelwerten werden Stunden- und Tagesmittelwerte berechnet und zweimal täglich auf der Internetseite der NAZ (www.naz.ch/de/aktuell/messwerte.html) publiziert. Damit stehen der Öffentlichkeit die Ortsdosisleistungs-Stundenmittelwerte der jeweils letzten drei Tage und die Tagesmittelwerte vom Vortag zur Verfügung. Im Ereignisfall oder nach Bedarf kann der Publikationsrhythmus erhöht werden.

Die Stundenmittewerte werden zudem der «European Radiological Data Exchange Platform» (EURDEP) und dem «International Radiation Monitoring Information System» (IRMIS) der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO bzw. englisch: IAEA) zur Verfügung gestellt. Damit erhalten die Teilnehmerstaaten beider Plattformen Zugang zu den Schweizer Messdaten und im Gegenzug die Schweiz zu den Daten der anderen Teilnehmerstaaten.

Das NADAM-Netz und die Messdaten

Die permanente Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz wird mit 76 ortsfesten NADAM-Messsonden sichergestellt, die sich verteilt über die ganze Schweiz auf Wetterstationen der MeteoSchweiz befinden. Damit stehen für jede Station Wetterdaten zur Verfügung, die wichtige Zusatzinformationen für die Interpretation der Messwerte liefern.

Diese Standorte bieten zudem den Vorteil, dass für die Stromversorgung der Sonden und die Übermittlung der Messdaten die nötige Infrastruktur vorhanden ist und die Wartung der Sonden durch Techniker von MeteoSchweiz erfolgen kann, welche an den gleichen Standorten auch andere Systeme betreuen. In diesem Rahmen wird jede Sonde mindestens alle 12 Monate einer Funktionsprüfung unterzogen.

An vier Wartungsstandorten (Zürich, Payerne, Locarno, Davos) stehen einsatzbereite NADAM-Sonden bereit, damit defekte Einheiten schnell ersetzt werden können. Da jederzeit damit gerechnet werden muss, dass einige Sonden infolge Reparatur- oder Kalibrierungsarbeiten nicht zur Verfügung stehen, verfügt die NAZ insgesamt über 110 für den ortsfesten Betrieb vorgesehenen NADAM-Sonden.

Hinzu kommen 30 mobile NADAM-Sonden, die mit Stativ, Regensensor, Solar- und Mobilfunkmodulen ausgerüstet sind und mehrere Wochen autark betrieben werden können. Sie sind mit derselben Sensorik ausgestattet wie die ortsfesten Sonden und so eingerichtet, dass sie Messdaten direkt in die Datenbank der NAZ übermitteln können. Diese Sonden sind im Labor Spiez stationiert. Die Messorganisation der NAZ kann entsprechende Equipen aufbieten und veranlassen, dass damit bei Bedarf innert weniger Stunden das NADAM-Netz ergänzt bzw. verdichtet wird.

Die Sonden sind mit Geiger-Müller-Zählrohren für den Nieder- und den Hochdosisbereich bestückt, mit denen die γ-Ortsdosisleistung (ODL, H*(10)) gemessen und als 10 min-Mittelwerte gespeichert wird. Der Abgleich der Messwerte beider Zählrohre ermöglicht eine erste automatische Plausibilisierung allfälliger erhöhter Messwerte. Der Messbereich einer Sonde geht von 10 nSv/h (Nanosievert pro Stunde) bis 10 Sv/h und deckt somit sehr gut den Bereich ab von der natürlicherweise vorhandenen Radioaktivität bis hin zu Dosisleistungen, wie sie z.B. nach einer Nuklearwaffenexplosion auftreten könnten.

Im Normalbetrieb werden die Messdaten terrestrisch über Mobilfunk- oder Kabelverbindungen übertragen. Seit 2017 sind 15 Stationen mit der zusätzlichen Möglichkeit ausgerüstet, Messdaten via Satellitenverbindung an die Datenbank der NAZ zu übermitteln. Mit dieser Redundanz ist die Ausfallsicherheit der Datenübertragung erhöht, insbesondere da für den Fall einer Katastrophe mit Beeinträchtigungen der terrestrischen Kommunikationsnetze gerechnet werden muss.

Da die technische Unterstützung durch den Hersteller der bisherigen, bis zu 16-jährigen NADAM-Sonden nicht mehr gegeben ist und die mobilen Sonden nicht mit neuen Mobilfunkstandards kompatibel sind, wurden im Jahr 2020 alle mobilen Sonden und fünf ortsfeste Sonden durch neue Sonden des Typs Gamma Tracer XL2 2 des Herstellers Bertin GmbH ersetzt. Der Ersatz der restlichen ortsfesten Sonden ist für das Jahr 2021 vorgesehen.

Die Beschaffung der neuen NADAM-Sonden wurde gemeinsam mit dem ENSI durchgeführt, welches in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen das MADUK-Netz mit Sonden identischer Spezifikationen betreibt und diese aus den gleichen Gründen ersetzen muss. Somit werden in den beiden Messnetzen auch weiterhin Sonden des gleichen Typs eingesetzt.

Die Sonden sind vom Hersteller typengeprüft. Vor der Inbetriebnahme und nach Reparaturen erfolgt eine zertifizierte Eichung durch eine anerkannte Eichstelle, entweder am Institut de Radiophysique (IRA) des CHUV in Lausanne oder am Paul Scherrer Institut (PSI) in Villigen AG. Mit dem METAS wurde für die neu beschafften Sonden eine Gültigkeitsdauer der Eichung von max. 12 Jahren vereinbart, solange mindestens alle 12 Monate eine Funktionskontrolle die ausreichende Messgenauigkeit der betreffenden Sonde bestätigt.

Diese periodische Funktionskontrolle erfolgt mit einer zertifizierten radioaktiven Quelle durch Techniker von MeteoSchweiz am Sondenstandort. Damit wird sichergestellt, dass der durch eine Sonde gemessene Wert im definierten Wertebereich nicht mehr als 20 % vom Sollwert abweicht. Bei grösseren Abweichungen oder technischen Defekten werden die Sonden ausgetauscht. Bei jedem Sondentest werden zudem die Meldewege überprüft, insbesondere die korrekte Auslösung und Übermittlung eines Alarms.

Jede NADAM-Sonde misst an ihrem Standort kontinuierlich die Ortsdosisleistung (ODL), die sich natürlicherweise aus einem terrestrischen und einem kosmischen Beitrag zusammensetzt. Sollte im Falle eines radiologisch/nuklearen Ereignisses Radioaktivität in die Umwelt gelangen, könnte dies einen künstlichen zusätzlichen Beitrag zur Folge haben.

Der terrestrische Beitrag an die ODL ist in erster Linie abhängig vom geologischen Untergrund. Uran- und thoriumhaltiges Gestein im Boden führt daher in alpinen Gebieten zu einem höheren terrestrischen Strahlungsbeitrag als z.B. im Mittelland. Ein Beispiel für eine solche Station ist Vicosoprano auf 1089 m.ü.M. am Talgrund im Bergell, wo mit 193 nSv/h der höchste ODL-Jahresmittelwert aller NADAM-Stationen gemessen wurde.

Die Höhe des Sondenstandortes über Meer bestimmt den kosmischen Anteil an die ODL. Je höher der Standort, desto weniger wird die kosmische Strahlung durch die Atmosphäre abgeschwächt, entsprechend grösser wird ihre Intensität. Die Messstation Jungfraujoch liegt auf 3580 m.ü.M. Die kosmische Strahlung in dieser Höhe führte im Jahr 2020 mit 192 nSv/h zu einem nahezu gleichen Jahresmittelwert wie in Vicosoprano.

Der Messwertebereich, der die Minima und Maxima der letzten Jahre sicher einschliesst, wird bei der NAZ als Erfahrungsbereich einer bestimmten NADAM-Station bezeichnet. Dieser wird jährlich überprüft und wo nötig angepasst. Er hilft bei der automatischen Plausibilisierung der Messwerte und erleichtert somit das rasche Erkennen erhöhter Messwerte, auch wenn diese noch deutlich unter der Alarmschwelle von 1 mikroSv/h liegen.

Die ODL-Werte werden in der Einheit nSv/h (Nanosievert pro Stunde) als 10 min-Mittelwerte gespeichert. Ausserdem werden für die Partner und für die Publikation auf der NAZ-Homepage die Mittelwerte für jede volle Stunde und für jeden Kalendertag berechnet. Auch für die Stundenmittelwerte sind Erfahrungsbereiche definiert. Diese sind enger als diejenigen für die 10 min-Mittelwerte, da die Mittelung über längere Zeiträume kleinere Schwankungen zur Folge hat.

Für langfristige Statistiken werden zudem einige Kennzahlen für das jeweilige Kalenderjahr berechnet. Aus allen auf einer Station registrierten ODL-Werten wird der Mittelwert bestimmt und zusätzlich derjenige Wert, der am häufigsten gemessen wurde. Wenn über ganze Zeiträume höhere oder tiefere Werte gemessen werden, beeinflusst dies den Jahresmittelwert, jedoch bleibt der häufigste Messwert ähnlich, sofern noch genügend Messungen aus Perioden ohne diese Einflüsse vorhanden sind.

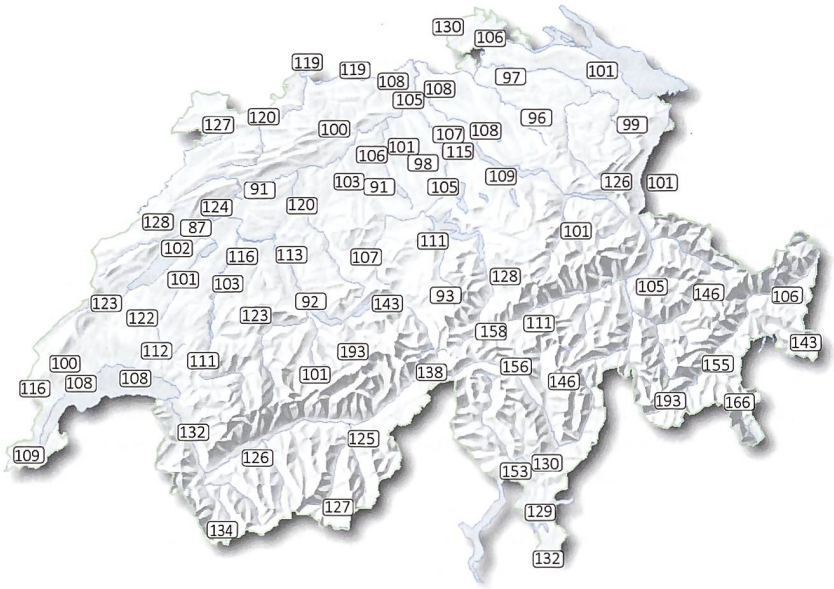
Wenn aufgrund einer Schneedecke während einiger Wochen der terrestrische Anteil der Strahlung über eine gewisse Dauer teilweise abgeschirmt wird, führt dies zu einem tieferen Jahresmittelwert, während der häufigste Messwert zunächst nicht beeinflusst wird. Hält die Schneedecke besonders lange an, kann sie hingegen den Effekt zur Folge haben, dass der häufigste Wert unter dem Jahresmittelwert zu liegen kommt, da in letzteren auch Werte ohne den Einfluss der Schneedecke einfliessen.

Am Beispiel der Station Locarno-Monti wird der Einfluss der Witterungsbedingungen auf den Verlauf der Ortsdosisleistung diskutiert.

Gemessene Daten

Alle NADAM-Fix-Stationen der Schweiz sind mit ihrem jeweiligen numerischen Jahresmittelwert in der Übersichtskarte in Figur 1 eingetragen. Die Beiträge der terrestrischen und der kosmischen Strahlung, sowie die meteorologischen Verhältnisse (Niederschlag, Schneedecke) sind die wichtigsten Einflussfaktoren, welche sich auf die ODL und damit auf deren Jahresmittelwerte auswirken.

Im Mittelland mit kaum anhaltenden Schneedecken wurden mehrheitlich Werte um 100 nSv/h gemessen. In den Alpen und auf der Alpensüdseite führt die Beschaffenheit des Gesteins im Boden regional zu einem höheren terrestrischen Beitrag und damit zu höheren ODL-Jahresmittelwerten. Der aus diesem Grund höchste Wert wurde in Vicosoprano auf 1089 m.ü.M. am Talgrund im Bergell gemessen. Nur auf dem Jungfraujoch, auf 3580 m.ü.M wurde ein nahezu gleich hoher ODL-Jahresmittelwert bestimmt. In dieser Höhe ist jedoch nicht der terrestrische, sondern der kosmische Beitrag der Hauptgrund für überdurchschnittliche ODL-Werte.



Figur 1:
Karte mit den Jahresmittelwerten 2020 aller NADAM-Sonden in Nanosievert pro Stunde, basierend auf den 10 min-Werten. Der Jahresmittelwert der Ortsdosisleistung variiert je nach Standort zwischen 87 nSv/h in Cressier und 193 nSv/h in Vicosoprano im Bergell.

Die ODL-Jahresmittelwerte und die Messwertebereiche aller Stationen, die sich aus den Maxima und Minima der 10 min-Werte ergeben, sind in Figur 2 dargestellt. Die Werte sind sehr ähnlich verteilt wie im Vorjahr und entsprechen den langjährigen Erfahrungen, im Gegensatz beispielsweise zum Jahr 2018, als im ausserordentlich trockenen Herbst jeweils höhere Maximalwerte auftraten, wenn nach längeren Trockenperioden erstmals Regen einsetzte.

Auch im Jahr 2020 war es so, dass deutlich über dem Jahresmittelwert liegende Maxima während oder unmittelbar nach einsetzendem Niederschlag gemessen wurden, wenn natürlicherweise in der Luft befindliche radioaktive Partikel ausgewaschen und am Boden, d.h. in Sondennähe, deponiert wurden. Dieser Effekt erklärt, warum die in Figur 2 aufgetragenen Maxima deutlich weiter von den Mittelwerten entfernt sind als die jeweiligen Minima.

Tiefere ODL-Werte ergeben sich, wenn nur reduzierte Strahlung die Sonde erreicht. Dies kann der Fall sein, wenn nach starken Niederschlägen in der Luft befindliche Radionuklide ausgewaschen werden und am Boden zusätzlich zum Zerfall versickern oder abfliessen und wenn anschliessend die mit Wasser gesättigten obersten Bodenschichten allfällige Strahlung aus tieferliegenden Gesteinsschichten abschirmen sowie das Aufsteigen gasförmiger Radionuklide verhindern. Daher liegen die Minimalwerte besonders tief unter den Mittelwerten an Standorten mit zeitweise dicker Schneedecke.

Detaillierte Betrachtung der NADAM-Station Locarno-Monti

Figur 3 zeigt den Verlauf der ODL-10 min-Mittelwerte in Nanosievert pro Stunde (nSv/h) am Standort Locarno-Monti über das ganze Jahr 2020. Ebenfalls aufgetragen und auf der rechten y-Achse skaliert ist die Niederschlagsmenge in Millimetern pro 10 Minuten (mm/10 min). Der Jahresmittelwert der ODL liegt bei 153 nSv/h, der häufigste Wert wenig tiefer bei 149 nSv/h. Dazu sind Spikes bis zu einem Maximalwert von 284 nSv/h zu erkennen.

Praktisch alle ODL-Spikes über 180 nSv/h korrelieren eindeutig mit Niederschlag. Die Höhe der gemessenen Spikes ist nicht zur Niederschlagsmenge proportional, da der kurzfristige Anstieg der ODL primär davon abhängt, wie viele Radionuklide (v.a. Zerfallsprodukte von Radon ^{222}Rn) sich gerade in der Atmosphäre befinden, wenn der Niederschlag einsetzt und deren Deposition am Boden in Sondennähe bewirkt.

Der ODL-Verlauf, die Niederschlagsmenge und die täglich um 07:00 Uhr gemessene Schneedecke für den Zeitraum vom 03. bis 11.12.2020 sind in Figur 4 dargestellt: Bis am 03.12.2020 lagen die ODL-Werte um die gewohnten 150 nSv/h, dann setzte in der Nacht Niederschlag ein, der einen Anstieg der ODL auf bis zu 247 nSv/h bewirkte. Dass es sich dabei zunächst um Regen gehandelt hat, lässt sich daran erkennen, dass am 04.12.2020 um 07:00 Uhr noch kein Schnee gemessen wurde.

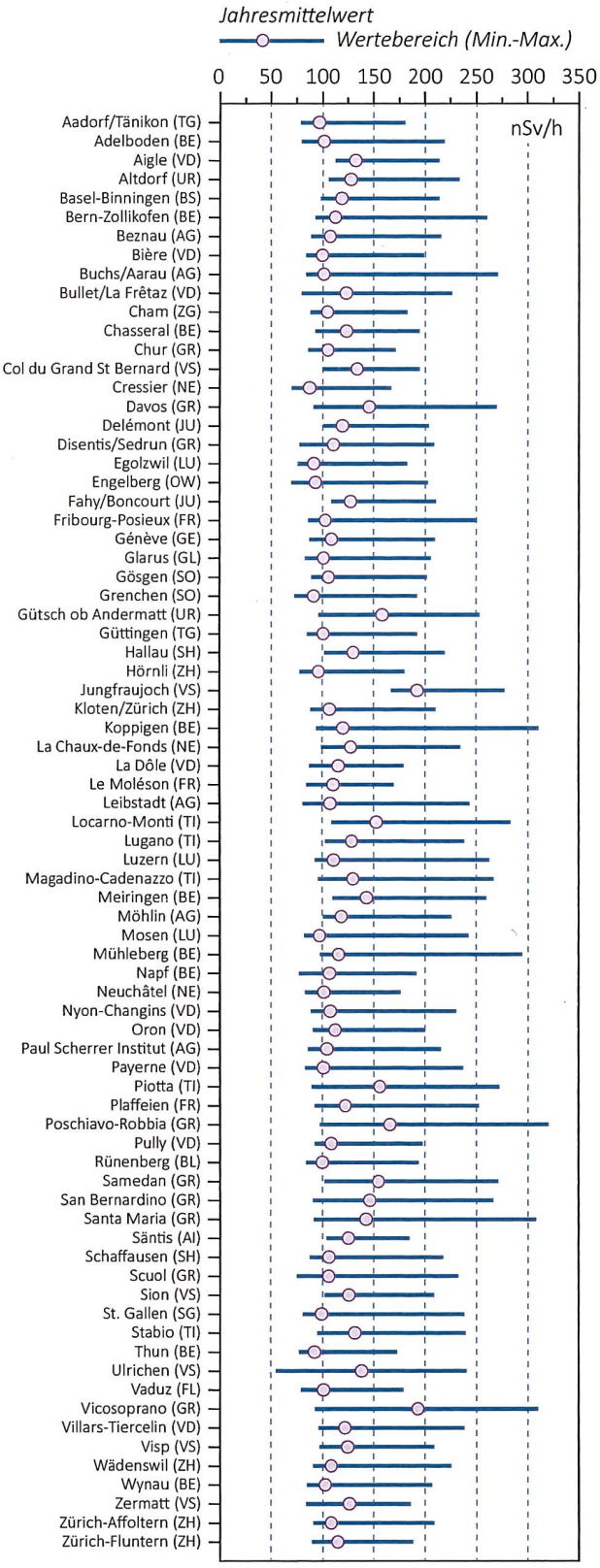
Im Verlauf des Tages ging der Regen in Schneefall über und führte zu einer Schneedecke von 19 cm am Morgen des 05.12.2020. Die in dieser Zeit registrierte Niederschlagsmenge stellt ein Regen-Äquivalent dar und gibt tatsächlich die im Regensensor geschmolzene Schneemenge wieder. In Figur 4 ist an diesem Tag deutlich die auf ca. 120 nSv/h reduzierte ODL zu erkennen, da aufgrund der Schneedecke der terrestrische Beitrag teilweise abgeschirmt wurde. Später wiedereinsetzender Niederschlag führte zeitweise zu einem leichten kurzfristigen Anstieg der ODL. Aufgrund der Schneedecke fielen die Werte nach dem Abklingen der beim erneuten Niederschlag deponierten Radionuklide bald wieder deutlich unter den Jahresdurchschnitt.

Ab dem 09.12.2020 fiel kein Niederschlag mehr und Ausschläge der ODL nach oben blieben aus. In den letzten drei Tagen des betrachteten Zeitraumes schmolz die verbleibende Schneedecke nahezu kontinuierlich dahin, entsprechend nahm die ODL langsam zu und kehrte zurück zu Werten im Bereich des Jahresdurchschnittes.

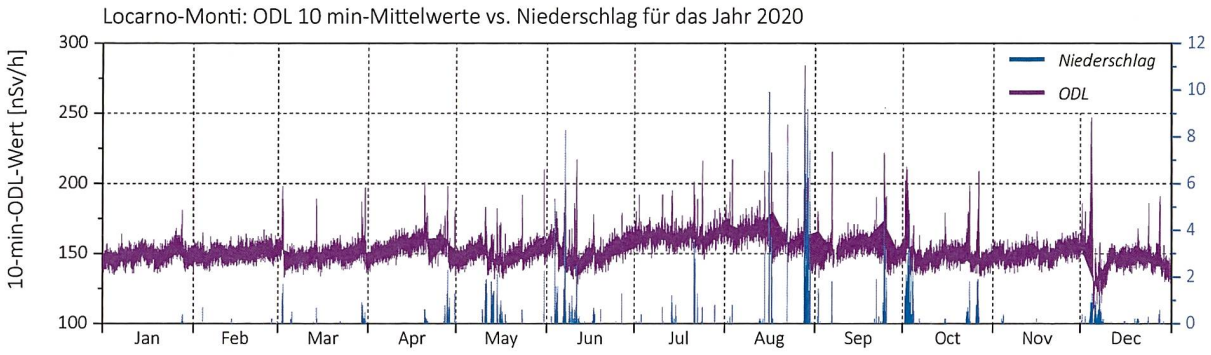
Die Häufigkeit aller am Standort Locarno-Monti im Jahr 2020 erhobenen ODL-Messwerte ist logarithmisch skaliert in Figur 5 aufgetragen. Der Wert von 149 nSv/h wurde insgesamt 2969-mal und damit am häufigsten detektiert. Ebenfalls dargestellt sind die ODL-Werte, die aufgezeichnet wurden, wenn innerhalb der vorangehenden 50 Minuten oder der nachfolgenden 10 Minuten Niederschlag stattgefunden hatte. Der häufigste dieser Werte liegt bei 155 nSv/h. Schliesslich ist klar zu erkennen, dass oberhalb von 185 nSv/h kaum ODL-Werte gemessen wurden, die nicht mit Niederschlag einhergehen.

In Figur 6 ist aus der gesamten Anzahl registrierter ODL-Messwerte der mit Niederschlag korrelierende Anteil dargestellt. Analog zur Darstellung in Figur 5 findet man oberhalb von 185 nSv/h kaum Werte, die gemessen wurden, ohne dass Niederschlag stattgefunden hatte. Der maximale ODL-10 min- Mittelwert ist 284 nSv/h. Er kam durch den Niederschlagseffekt zustande und liegt 86 % über dem Jahresmittelwert von 153 nSv/h.

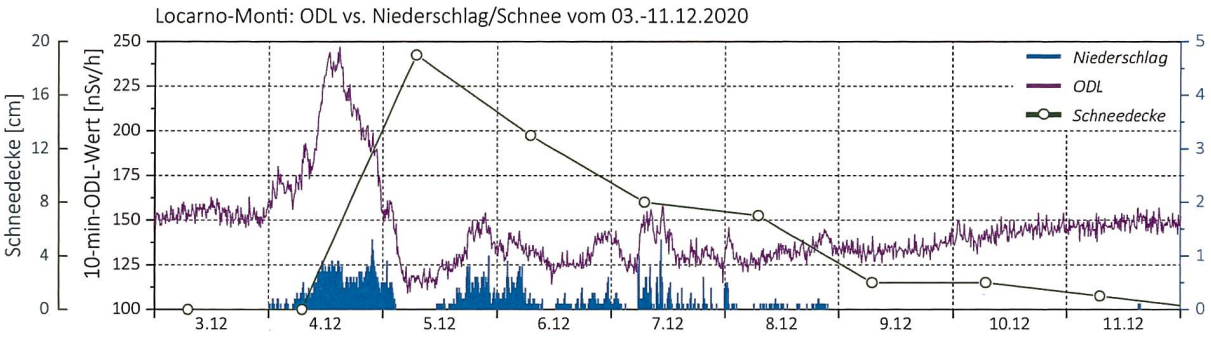
Im Wertebereich um 150 nSv/h, nahe beim häufigsten Messwert und beim Jahresmittelwert, wurden in Locarno nur sehr wenige Werte während oder kurz nach Niederschlag registriert. Hingegen häufen sich zwischen 110 und 140 nSv/h die zeitnah zu Niederschlag ermittelten Werte. Diese wurden mehrheitlich während oder nach Schneefall gemessen, der zu einer Schneedecke geführt hatte, welche wie oben beschrieben die terrestrische Strahlung teilweise abgeschirmt und daher tiefere ODL-Werten zur Folge hatte.



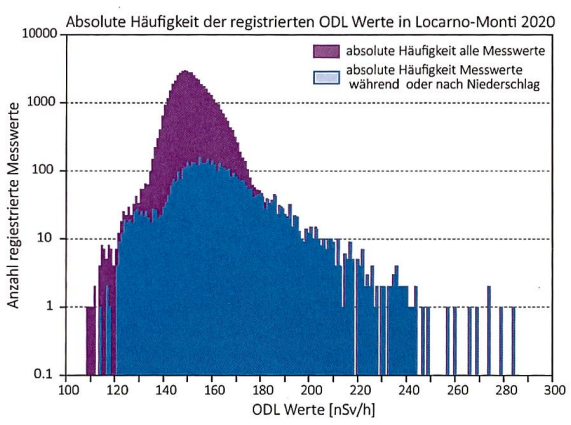
Figur 2:
Jahresmittelwerte und Messwertebereiche der NADAM-Sonden. Der dargestellte Messwertebereich jeder Station entspricht dem Bereich zwischen dem minimalen und dem maximalen 10 min-Wert der Sonden im Jahr 2020.



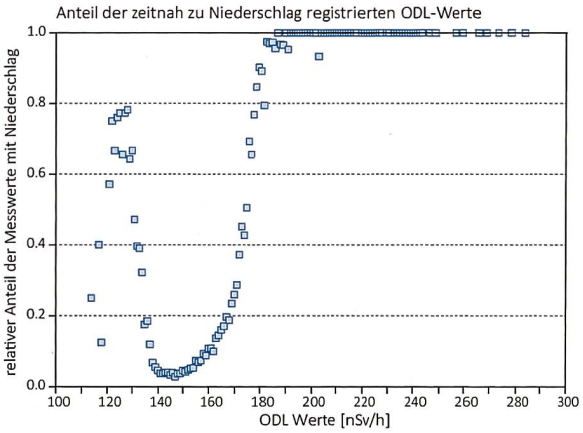
Figur 3:
Verlauf der 10 min-ODL-Werte und der Niederschlagsmenge am Standort Locarno-Monti über das Jahr 2020. Deutlich zu erkennen sind die ODL-Spikes jeweils bei einsetzendem Niederschlag.



Figur 4:
Verlauf der ODL in Abhängigkeit von Niederschlag und Schnee in Locarno-Monti vom 03. bis 11.12.2020. Zunächst bewirkte der Niederschlag einen ODL-Anstieg, anschliessend wurden aufgrund einer vorhandenen Schneedecke ODL-Werte unter dem Jahresdurchschnitt gemessen. Nach dem Wegschmelzen des Schnees hatte sich wieder eine ODL im normalen Bereich ergeben.



Figur 5:
Verteilung der 10 min-ODL-Werte für die Station Locarno-Monti im Jahr 2020, logarithmisch skaliert. Rot: Alle Messwerte, blau: Messwerte, die zeitnah mit erfolgtem Niederschlag registriert wurden.



Figur 6:
Anteil der 10 min-ODL-Werte für die Station Locarno-Monti im Jahr 2020, welche innerhalb von 10 min vor oder 50 min nach Niederschlag gemessen wurden. Für Werte oberhalb 185 nSv/h liegt dieser Anteil nahezu bei 1. Auffällig ist der erhöhte Anteil bei unterdurchschnittlichen ODL-Werten, bedingt durch die vorhandene Schneedecke.

Tabelle 1:
Jahresmittelwert, häufigster Wert, Minimum und Maximum der NADAM-Stationen
Jahresmittelwerte, die häufigsten Werte, Minima und Maxima der ODL-10 min-Mittelwerte für alle NADAM-Stationen im Jahr 2020

Station	Kanton	Inbetriebnahme	Höhe [m.ü.M]	Jahres-mitelwert	Häufigster Wert [nSv/h	Minimum	Maximum
Adelboden (ABO)	BE	04.11.09	1'322	101.4	97	80	219
Aigle (AIG)	VD	09.09.09	382	132.4	129	113	214
Altdorf (ALT)	UR	28.10.09	439	128.0	126	106	234
Basel-Binningen (BAS)	BS	19.11.09	317	119.0	118	98	214
Bern-Zollikofen (BER)	BE	30.09.09	554	112.7	112	93	261
Beznau (BEZ)	AG	19.11.09	327	107.6	105	89	216
Bière (BIE)	VD	12.01.17	684	99.7	97	84	199
Buchs/Aarau (BUS)	AG	20.11.09	388	101.1	100	84	271
La Chaux-de-Fonds (CDF)	NE	17.09.09	1'018	128.0	127	99	235
Nyon-Changins (CGI)	VD	23.09.09	459	107.9	106	89	231
Chasseral (CHA)	BE	17.09.09	1'594	123.6	124	93	195
Chur (CHU)	GR	09.10.09	557	105.5	104	86	171
Cham (CHZ)	ZG	29.01.18	442	105.0	103	88	183
Cressier (CRM)	NE	03.11.16	431	87.5	86	70	167
Davos (DAV)	GR	08.10.09	1'589	145.8	157	91	270
Delémont (DEM)	JU	03.11.16	439	119.6	117	101	204
Disentis/Sedrun (DIS)	GR	28.10.09	1'197	111.0	111	78	209
La Dôle (DOL)	VD	23.09.09	1'670	115.6	115	87	180
Egolzwil (EGO)	LU	22.09.10	523	91.3	90	76	183
Engelberg (ENG)	OW	30.10.09	1'035	93.2	88	70	203
Fahy/Boncourt (FAH)	JU	14.10.09	597	127.3	125	109	211
Bullet/La Frêtaz (FRE)	VD	24.09.09	1'206	123.3	128	80	227
Glarus (GLA)	GL	02.12.09	518	101.2	98	83	206
Gösgen (GOE)	SO	20.11.09	381	106.2	105	89	202
Fribourg-Posieux (GRA)	FR	13.01.17	646	103.0	101	86	251
Grenchen (GRE)	SO	06.12.10	431	91.4	89	73	193
Col du Gd-St-Bernard (GSB)	VS	09.09.09	2'491	133.8	143	100	195
Gütsch ob Andermatt (GUE)	UR	01.09.05	2'296	158.3	187	96	254
Güttingen (GUT)	TG	03.12.09	441	101.0	99	85	193
Genève (GVE)	GE	24.09.09	412	109.1	108	87	210
Hallau (HLL)	SH	29.01.18	419	130.2	129	102	220
Hörnli (HOE)	ZH	12.11.09	1'133	96.4	95	78	181
Jungfraujoch (JUN)	VS	29.09.09	3'581	192.7	188	167	278
Kloten/Zürich (KLO)	ZH	24.11.09	427	107.3	106	88	211
Koppigen (KOP)	BE	13.01.17	484	120.0	119	94	311
Leibstadt (LEI)	AG	19.11.09	342	107.9	110	81	244
Lugano (LUG)	TI	21.10.09	273	128.9	128	103	239
Luzern (LUZ)	LU	05.11.09	455	111.1	108	93	263
Magadino-Cadenazzo (MAG)	TI	22.10.09	204	130.1	126	96	267
Meiringen (MER)	BE	06.10.11	590	143.3	142	110	260
Le Moléson (MLS)	FR	19.08.09	1'975	110.7	113	84	170
Mosen (MOA)	LU	19.01.18	452	97.6	96	82	243
Möhlin (MOE)	AG	09.09.10	341	118.6	116	101	226
Mühleberg (MUB)	BE	15.10.09	481	115.9	114	98	295
Napf (NAP)	BE	05.11.09	1'405	107.2	110	77	192
Neuchâtel (NEU)	NE	10.12.09	485	101.8	101	83	177
Oron (ORO)	VD	29.02.12	828	112.4	110	91	201
Locarno-Monti (OTL)	TI	22.10.09	368	152.8	149	109	284
Payerne (PAY)	VD	13.08.09	490	101.1	99	83	238
Piotta (PIO)	TI	29.10.09	990	156.0	160	90	273
Plaffeien (PLF)	FR	14.08.09	1'043	122.8	123	93	253
Paul Scherrer Institut (PSI)	AG	27.07.11	335	104.6	104	86	216
Pully (PUY)	VD	23.09.09	456	108.5	112	93	198
Zürich-Affoltern (REH)	ZH	13.11.09	444	108.5	107	91	209
Poschiavo-Robbia (ROB)	GR	07.10.09	1'079	166.3	164	98	321
Rünenberg (RUE)	BL	20.11.09	612	100.3	99	84	194
Säntis (SAE)	AI	11.11.09	2'503	125.9	125	104	185
Samedan (SAM)	GR	25.08.09	1'710	154.9	166	102	272
San Bernardino (SBE)	GR	29.10.09	1'640	146.3	163	91	267
Stabio (SBO)	TI	21.10.09	352	131.8	130	95	240
Scuol (SCU)	GR	27.08.09	1'305	106.2	108	75	233
Schaffhausen (SHA)	SH	04.12.09	439	106.3	106	88	218
Sion (SIO)	VS	10.09.09	482	126.2	124	102	209
Zürich-Fluntern (SMA)	ZH	24.11.09	557	115.2	113	90	189
Santa Maria (SMM)	GR	15.12.11	1'385	142.6	148	92	309
St. Gallen (STG)	SG	12.11.09	777	99.2	98	81	239
Aadorf/Tänikon (TAE)	TG	03.12.09	539	96.8	95	79	181
Thun (THU)	BE	29.01.18	570	92.5	91	77	173
Ulrichen (ULR)	VS	04.11.09	1'347	138.2	165	55	241
Vaduz (VAD)	FL	03.12.09	458	100.9	99	79	179
Vicosoprano (VIO)	GR	06.02.13	1'089	193.4	197	93	311
Visp (VIS)	VS	11.09.09	640	125.1	126	97	209
Villars-Tiercelin (VIT)	VD	29.01.18	859	122.4	121	96	239
Wädenswil (WAE)	ZH	02.12.09	487	108.6	106	91	226
Wynau (WYN)	BE	15.10.09	423	102.7	100	85	207
Zermatt (ZER)	VS	11.09.09	1'640	126.5	132	84	186

Kennzahlen und Eckwerte zu den Messungen im NADAM-Netz im Jahr 2020

Für alle NADAM-Stationen sind für das Jahr 2020 die ODL-Jahresmittelwerte, die häufigsten Werte, Minima und Maxima der ODL-10 min-Mittelwerte in Tabelle 1 zusammengestellt. Verglichen mit anderen Jahren gibt es keine Auffälligkeiten. Die höchsten ODL-Jahresmittelwerte wurden, den langjährigen Erfahrungen entsprechend, auf den Stationen Vicosoprano und Jungfraujoch festgestellt.

Der Niederschlagseffekt, also der Umstand, dass eine höhere ODL auftritt, wenn Niederschlag einsetzt, war im Jahr 2020 an den Standorten Mühleberg BE (154 % über dem Jahresmittelwert), Koppigen BE (159 %) und Buchs AG (168 %) am stärksten ausgeprägt. Die daraus resultierenden Höchstwerte sind auch in Figur 2 dargestellt, als Obergrenze der eingetragenen Messwertbereiche.

Am genauer betrachteten Sondenstandort Locarno-Monti lag 2020 der Jahresmittelwert nur 2.5 % unter dem häufigsten Wert, da es keine Einflüsse gab, welche die ODL über lange Zeit stark beeinflussten. Die diskutierte Schneedecke war nach wenigen Tagen weggeschmolzen. Im Jahr 2020 sind keine Standorte aufgefallen, an denen der Jahresmittelwert deutlich unter dem häufigsten Wert lag.

Häufigste Werte, die aufgrund einer besonders beständigen Schneedecke unter dem Jahresmittelwert lagen, waren im Jahr 2020 in Gütsch ob Andermatt (18.1 % tiefer) und in Ulrichen VS (19.4 % tiefer) am stärksten ausgeprägt.

Erkenntnisse und Ausblick

Im Jahr 2020 wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen lassen. Es wurden nur einzelne technische Störungen bei der Messung oder der Datenübertragung registriert. Die NADAM-Sonden sind stabil und zuverlässig.

Im Vergleich mit anderen Jahren gab es bezüglich Ortsdosisleistung in der Schweiz im Jahr 2020 keine grossen Auffälligkeiten. Dadurch, dass vielerorts die Schneedecke weniger ausgeprägt und weniger langanhaltend war, fielen die Unterschiede zwischen häufigsten Messwerten und Jahresmittelwerten eher gering aus.

Für das Jahr 2021 ist der vollständige Ersatz der bisherigen NADAM-Sonden durch das neue Modell GT XL2 2 von Bertin GmbH vorgesehen, womit das Projekt ‹Werterhalt NADAM 2020› voraussichtlich abgeschlossen wird.

3.3 Aeroradiometrische Messungen

B. Bucher
Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Industriestrasse 19, Brugg
G. Butterweck
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit, Paul Scherrer Institut, Villigen PSI
L. Rybach
Institut für Geophysik, ETH Zürich, Zürich

Zusammenfassung

Bei den Messflügen im Juni und November 2020 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL) sowie der Forschungseinrichtung Paul Scherrer Institut (PSI) und der Zwischenlager AG (ZWILAG) abgedeckt. Zudem wurden die Messungen innerhalb der Notfallschutzzone 2 des KKB und KKL komplettiert. Die Ergebnisse bei den Kernkraftwerken lagen im Bereich der Ergebnisse aus früheren Jahren. Weitere Messflüge wurden am Zürichsee und am Genfersee sowie über der Stadt St. Gallen absolviert. In diesen Arealen wurden nur Schwankungen des Gehalts an natürlichen Radionukliden im Boden und die Absorption von terrestrischer Gammastrahlung durch Seen und Flüsse registriert. Zusätzlich wurde über dem Thunersee ein Höhenprofil zur Charakterisierung des neuen Messsystems durchgeführt. Auf dem Waffenplatz Thun erfolgten eine Quellensuche sowie Vergleichsmessungen mit Bodenequipen.

Einleitung

Aeroradiometrische Messungen wurden in der Schweiz im Jahr 1986 mit einem geophysikalischen Projekt am Institut für Geophysik der ETH Zürich aufgenommen. Die grundlegende Methodik für Datenerfassung, Datenverarbeitung, Kalibrierung und Kartendarstellung wurden innerhalb dieses Projektes entwickelt (Schwarz 1991). Seit 1989 wird die Umgebung der schweizerischen Kernanlagen mindestens im Zweijahresrhythmus vermessen.

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 zivil unter der Regie der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) und militärisch unter der Regie des Kompetenzzentrums ABC KAMIR der Armee. Zum Training der ARM-Teams, bestehend aus Operateuren (Messspezialisten an Bord), Piloten und Bodenpersonal, werden jährlich von der NAZ und dem Kompetenzzentrum ABC KAMIR der Armee Übungsmessflüge durchgeführt.

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 %).

Mit den Messflügen 2018 erfolgte die Ablösung der alten Ausrüstung durch ein Messsystem der Firma Mirion, welches durch die RUAG im Super Puma Helikopter der Schweizer Luftwaffe integriert wurde. Dieses wurde in den vorangehenden Messübungen eingehend getestet und die Ergebnisse mit denen des alten Systems verifiziert. Das neue System steht in vierfacher Ausführung für die Aufgaben der NAZ sowie des Kompetenzzentrums ABC KAMIR der Armee zur Verfügung. Wartung und Unterhalt erfolgt durch die Lieferanten.

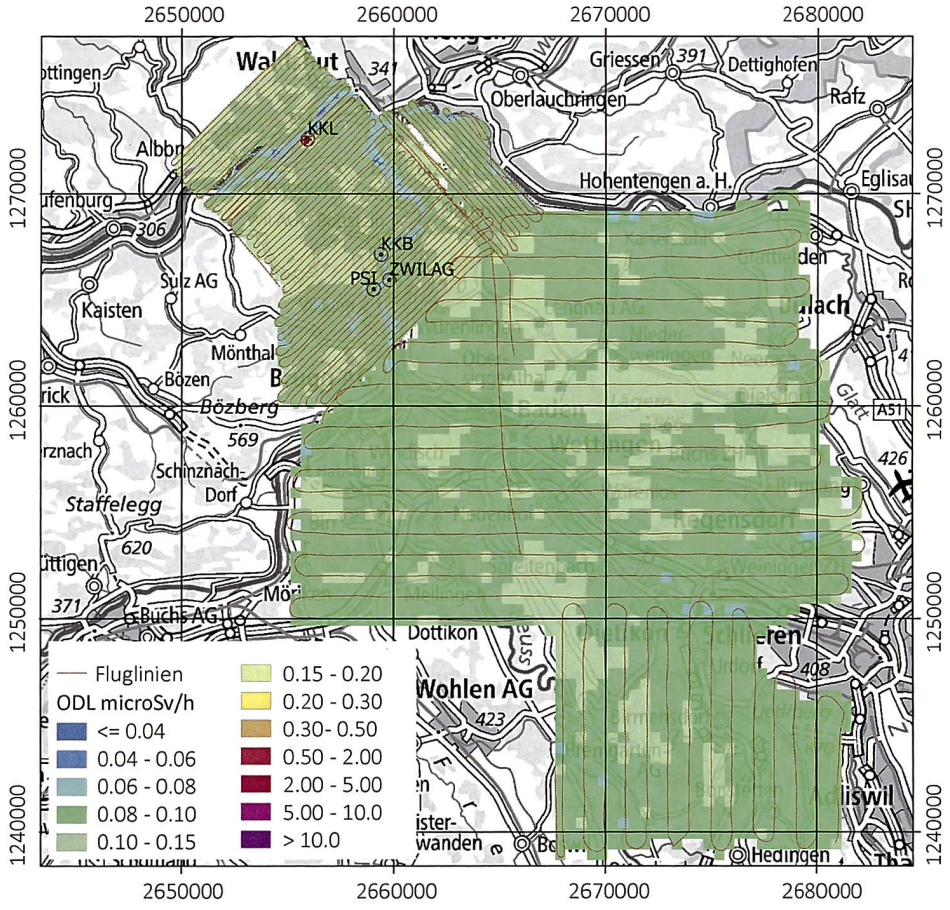
Messungen und Messresultate 2020

Vom 12. bis 19. Juni 2020 wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL) sowie der Forschungseinrichtung Paul Scherrer Institut (PSI) und der Zwischenlager AG (ZWILAG) ausgemessen. Im Rahmen der Messflüge wurden zudem die Messungen innerhalb der Zone 2 von KKB und KKL komplettiert. Zudem wurden Messungen am Zürichsee und über der Stadt St. Gallen durchgeführt. Auf dem Waffenplatz Thun erfolgten eine Quellensuche sowie Vergleichsmessungen mit Bodenequipen (Ortsdosisleistungsmessungen, insitu-Gammaspektrometrie, fahrzeuggestützte Messungen, Drohnen). Über dem Thunersee wurde ein Höhenprofil zur Charakterisierung des Messsystems durchgeführt.

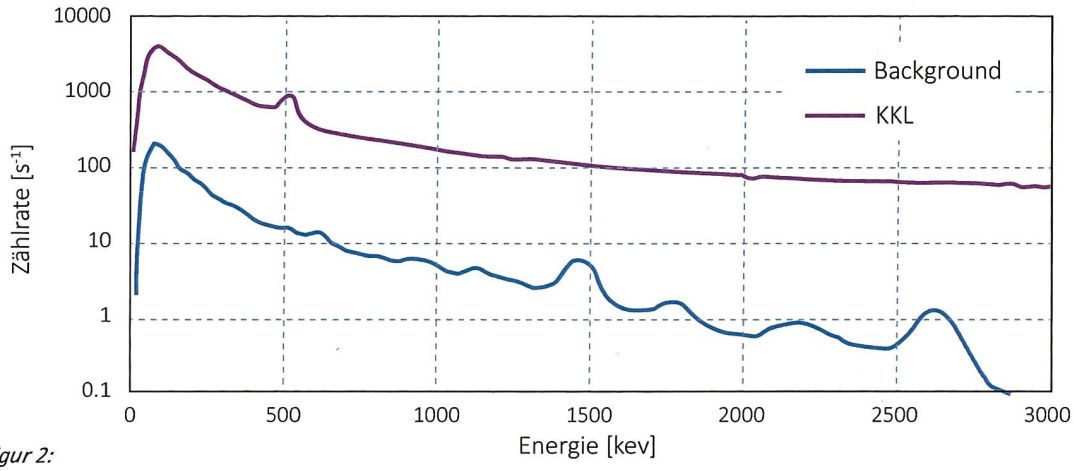
Weitere Messflüge wurden im Zeitraum vom 9. bis 13. November 2020 mit Schwerpunkt am Genfersee durchgeführt. Die detaillierten Ergebnisse sämtlicher Messungen wurden in einem PSI-Bericht im Verlauf des Jahres 2021 publiziert (Butterweck et al., 2021).

Die Messresultate im Messgebiet von KKB, KKL, PSI und ZWILAG zeigten ein ähnliches Bild wie in vorangegangenen Messkampagnen. Am Standort des KKL können in der Ortsdosisleistungskarte (Figur 1) erhöhte Messwerte erkannt werden. Diese sind beim KKL mit seinem Siedewasserreaktor auf gestreute, hochenergetische Photonenstrahlung zurückzuführen, die zu erhöhten Zählraten über das gesamte gemessene Spektrum führen (Figur 2). 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. Die hochenergetische Gammastrahlung führt über Paarbildung und die damit verbundene Annihilationsstrahlung auch zu einem Peak bei 511 keV im Spektrum (Figur 2).

Im Bereich des KKB sind keine besonderen Werte bei der Ortsdosisleistung (Figur 1) zu erkennen. KKB mit seinem Druckwasserreaktor konnte aeroradiometrisch weder aufgrund der Ortsdosisleistung noch aufgrund des MMGC-Verhältnisses erkannt werden.



Figur 1:
Ortsdosisleistung 2020 im Messgebiet KKB, KKL, PSI und ZWILAG sowie von Teilen der Notfallschutzzone 2 von KKB und KKL. Kartendaten PK500 © swisstopo.

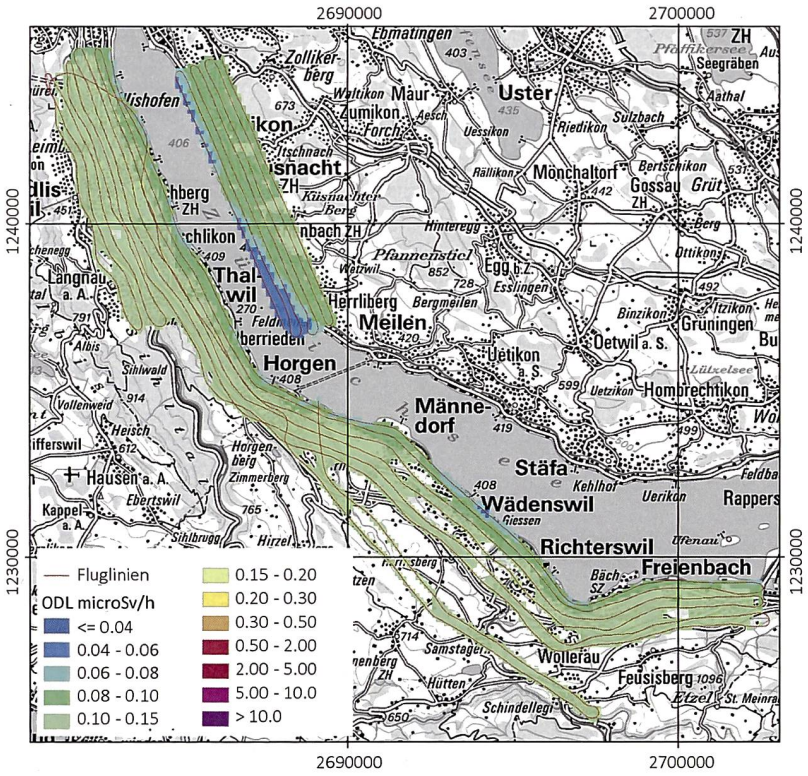


Figur 2:
Gemittelte Spektren im Bereich des Betriebsgeländes KKL und in der weiteren Umgebung (Background).

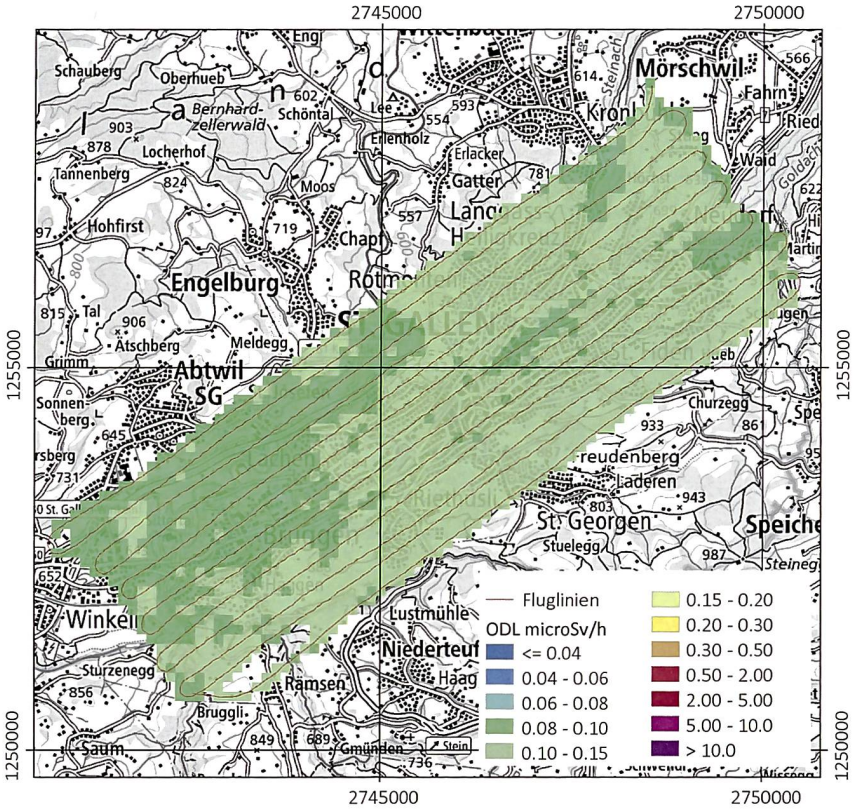
Das MMGC-Verhältnis steht für den Quotienten der Zählraten im Energiebereich von 400-1'400 keV und 1'400 - 3'000 keV. Da die meisten Spaltprodukte Gammalinien im Energiebereich unterhalb von 1'400 keV aufweisen, stellt das MMGC-Verhältnis ein empfindliches Instrument zur Lokalisierung künstlicher Radionuklide dar. Auch an den Standorten von PSI und ZWILAG konnte in den Messergebnissen kein Einfluss der Anlagen erkannt werden.

Auch ausserhalb der Betriebsareale der Kernanlagen sind keine erhöhten Werte erkennbar. Die Messwerte liegen im erwarteten Bereich. Unterschiede sind auf Einflüsse der Topographie wie Untergrund, Vegetation und Gewässer zurückzuführen.

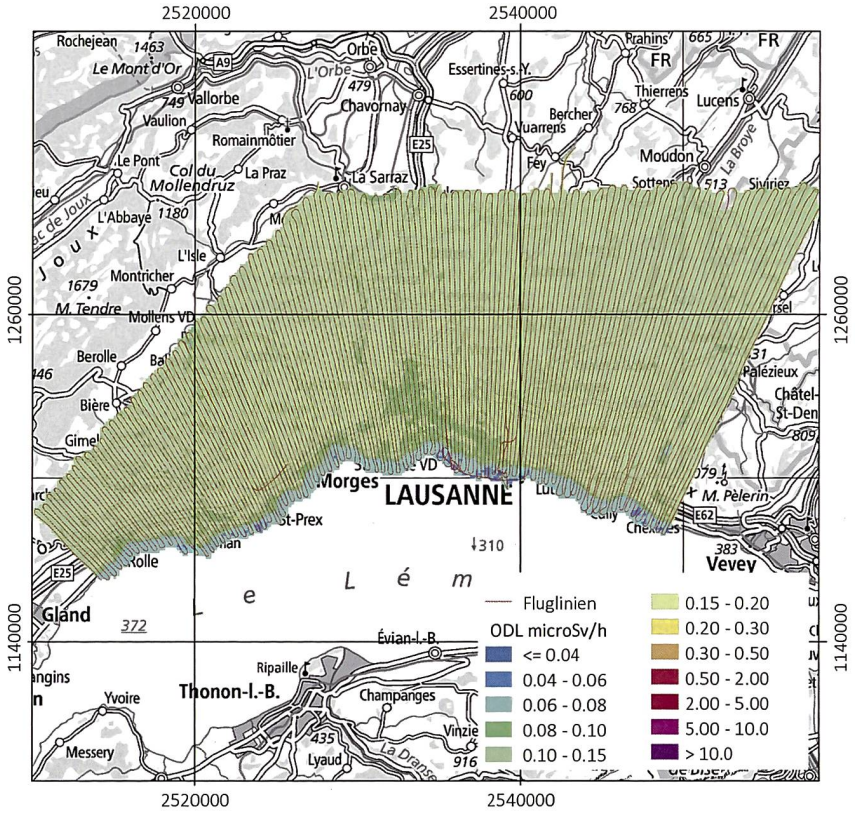
Die Ergebnisse der übrigen Messgebiete zeigten nur Schwankungen des Gehalts an natürlichen Radionukliden im Boden und die Absorption von terrestrischer Gammastrahlung durch Seen und Flüsse auf und entsprechen den erwarteten Werten. In den Figuren 3, 4 und 5 sind die Ortsdosisleistungskarten der Messungen am Zürichsee (Figur 3), über der Stadt St. Gallen (Figur 4) und am Genfersee (Figur 5) dargestellt.



Figur 3:
Ortsdosisleistung im Messgebiet Zürichsee. Kartendaten PK200 © swisstopo.



Figur 4:
Ortsdosisleistung im Messgebiet der Stadt St. Gallen. Kartendaten PK100 © swisstopo.



Figur 5 :
Ortsdosisleistung im Messgebiet am Genfersee. Kartendaten PK500 © swisstopo.

Literatur

- Schwarz, G. F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr.23, Schweizerische Geophysikalische Kommission.
- 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.
- Butterweck, G., Bucher, B., Breitenmoser, D., Rybach L., Poretti, C., Maillard, S., Kasprzak, M., Ferreri, G., Gurtner, A., Astner, M., Hauenstein, F., Straub, M., Bucher, M., Harm, Ch., Mayer, S., Scharding S., 2021: Aeroradiometric Measurements in the Framework of the Swiss Exercise ARM20. PSI Bericht Nr. 21-01. March 2021. ISSN 1019-0643.