

The background of the cover is a photograph of a park with green grass, trees, and a blue sky with clouds. A helicopter is flying in the sky. The cover is framed by blue geometric shapes in the corners.

# Chapitre Kapitel 3

Rayonnement  
externe

Externe  
Strahlung

Mesures in situ  
Réseau NADAM  
Mesures d'aéroradiométrie

In situ Messungen  
Netzwerk NADAM  
Aeroradiometrische Messungen

# 2021

## 3.2

# Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM

**Adrian Hess**

Nationale Alarmzentrale NAZ, Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS,  
Guisanplatz 1B, 3003 Bern

### Zusammenfassung

Das Netz für die automatische Dosisleistungs-Alarmierung und-Messung NADAM wird durch die Nationale Alarmzentrale NAZ betrieben. Es dient der grossräumigen und permanenten Überwachung der externen radioaktiven Strahlung in der Schweiz. Das NADAM-Netz ermöglicht eine detaillierte Erhebung 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.

Im aktuellen Bericht wird die NADAM-Station in Meiringen als Beispiel herangezogen, um die Charakteristik der erhobenen Daten und deren Abhängigkeit von verschiedenen Einflüssen zu illustrieren.

Im Jahr 2021 wurden mit dem NADAM-Netz keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen lassen.

### Einleitung

Als Fachstelle des Bundes für ausserordentliche Ereignisse ist die Nationale Alarmzentrale (NAZ) 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. Dies ist die Grundlage, um Behörden im In- und Ausland, internationale Organisationen und andere Partner warnen und orientieren, die Bevölkerung im Inland alarmieren und informieren zu können.

Die Aufgaben der NAZ im Bereich «Erhöhte Radioaktivität» sind besonders umfangreich. Als zentrales Element der Bewältigung eines radiologischen oder nuklearen Ereignisses 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. Dazu zählen sowohl fest installierte Systeme als auch Komponenten, die

mobil und flexibel eingesetzt werden können, ein Teil davon fix-installiert und Teil mobil und ad-hoc einsetzbar.

Gemäss der Verordnung über den Bevölkerungsschutz (BevSV, SR 520.12) ist die NAZ zuständig für den Betrieb des Netzes für die automatische Dosisleistungs-Alarmierung und-Messung (NADAM). Es dient ebenso der ständigen Überwachung der Radioaktivität, wie auch als Frühwarnsystem. Überschreitet der Messwert auf einer NADAM-Station einen Alarmwert, wird automatisch das Pikett (Bereitschaftsdienst) der NAZ alarmiert, und der Messwert muss durch Fachpersonen 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 (ODL) wird als 10 Minuten-Mittelwerte abgelegt. In erster Linie dienen diese Daten der NAZ zur Beurteilung der radiologischen Situation im Normalzustand und im Ereignisfall. Zudem werden sie mit den Behörden mehrerer Nachbarstaaten geteilt.

Es werden auch ODL-Stunden- und Tagesmittelwerte berechnet und zweimal täglich auf der Internetseite der NAZ ([www.naz.ch/de/aktuell/messwerte.html](http://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 Stundenmittelwerte werden auch der «European Radiological Data Exchange Platform» ([EURDEP](http://eurdep.org)) 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. Im Gegenzug erhält die Schweiz Zugriff auf die entsprechenden 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 von MeteoSchweiz befinden. Damit stehen für jeden Standort Wetterdaten zur Verfügung, die wichtige Zusatzinformationen für die Interpretation der Messwerte liefern.

Weitere Vorteile dieser Konfiguration liegen in der vorhandenen Infrastruktur für Stromversorgung, Messdatenübermittlung und -speicherung und darin, dass die Wartung der Sonden durch Techniker von MeteoSchweiz erfolgen kann, welche auch andere Systeme auf ihren Stationen betreuen. In diesem Rahmen wird jede Sonde einmal jährlich einer Funktionsprüfung unterzogen.

An vier Wartungsstandorten von MeteoSchweiz (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 mit derselben Sensorik wie die ortsfesten Sonden. Die mobilen Sonden sind mit Stativ, Regensensor, Solarpanel und Mobilfunkmodul ausgerüstet, können dauerhaft autark betrieben werden und Messdaten direkt in die Datenbank der NAZ übermitteln. Diese Sonden sind im Labor Spiez stationiert. Die NAZ kann Equipen des Labors Spiez aufbieten und veranlassen, damit bei Bedarf innert weniger Stunden das NADAM-Netz ergänzt bzw. verdichtet wird. Im Jahr 2021 gab es keinen Anlass zu einer solchen Verdichtung des NADAM-Netzes mit mobilen Sonden, darum werden in diesem Bericht keine Messdaten diskutiert, die mit den mobilen Sonden ermittelt wurden.

Alle NADAM-Sonden sind mit Geiger-Müller-Zählrohren für den Nieder- und den Hochdosisbereich bestückt. Sie messen die  $\gamma$ -Ortsdosisleistung (ODL,  $H^*(10)$ ) und speichern diese als 10 min-Mittelwerte. Der Abgleich der Daten von beiden Zählrohren 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 gut den Bereich ab von der natürlicherweise vorhandenen Radioaktivität bis hin zu Dosisleistungen, wie sie z.B. nach einer Nuklearwaffenexplosion auftreten könnten.

Die Messdaten werden terrestrisch über Mobilfunk- oder Kabelverbindungen übertragen. Seit 2017 sind 15 Stationen mit der zusätzlichen Möglichkeit ausgerüstet, Messdaten via Satellitenverbindung 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 Sonden nicht mehr gegeben ist und um die Kompatibilität der mobilen Kommunikationseinheiten mit aktuellen Mobilfunkstandards zu gewährleisten, werden im Rahmen des Werterhalts-Projektes NADAM 2020 seit dem Jahr 2020 alle NADAM-Sonden sukzessive durch neue Sonden des Typs Gamma Tracer XL2-2 des Herstellers Bertin GmbH ersetzt.

Die Evaluation und Beschaffung der neuen Sonden wurde mit dem ENSI gemeinsam durchgeführt, welches in seinem MADUK-Netz in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen baugleiche Sonden einsetzt. Mit dem Ersatz der letzten 10 ortsfesten NADAM-Sonden wird das Projekt NADAM 2020 im Jahr 2022 abgeschlossen werden.

Die Sonden sind vom Hersteller typengeprüft. Vor der Inbetriebnahme und nach Reparaturen erfolgt eine zertifizierte Eichung durch eine anerkannte Eichstelle in der

Schweiz, 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 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 oder vom Labor Spiez 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.

Die an einem Standort gemessene ODL setzt sich natürlicherweise aus einem terrestrischen und einem kosmischen Beitrag zusammen. Sollte im Falle eines radiologisch/nuklearen Ereignisses Radioaktivität in die Umwelt gelangen, könnte dies einen zusätzlichen, künstlichen 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 zu einem höheren terrestrischen Strahlungsbeitrag. Eine solche Bodenbeschaffenheit tritt in alpinen Gebieten häufiger auf als z.B. im Mittelland. Ein Beispiel für eine Station mit vergleichsweise hohem terrestrischen ODL-Beitrag ist Vicosoprano auf 1'089 m.ü.M. am Talgrund im Bergell, wo mit 178 nSv/h der zweithöchste ODL-Jahresmittelwert aller NADAM-Stationen gemessen im Jahr 2021 wurde.

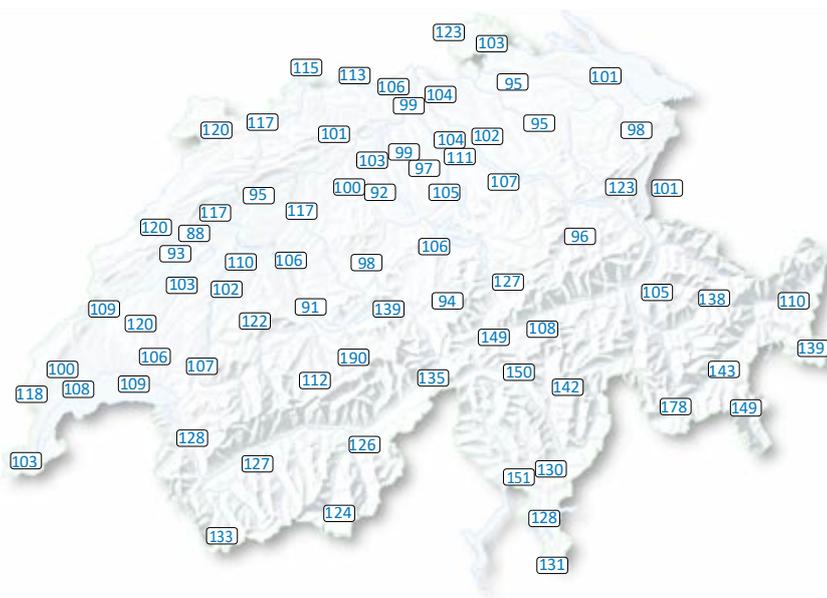
Die Höhe des Sondenstandortes über Meer bestimmt den kosmischen Anteil an der ODL. Je höher der Standort, desto weniger wird die kosmische Strahlung durch die Atmosphäre abgeschwächt, entsprechend grösser wird ihre

Intensität. Die Messstation Jungfrauoch liegt auf 3'580 m.ü.M. Die kosmische Strahlung in dieser Höhe führte im Jahr 2021 mit 190 nSv/h zum einzigen Jahresmittelwert der höher liegt als derjenige in Vicosoprano.

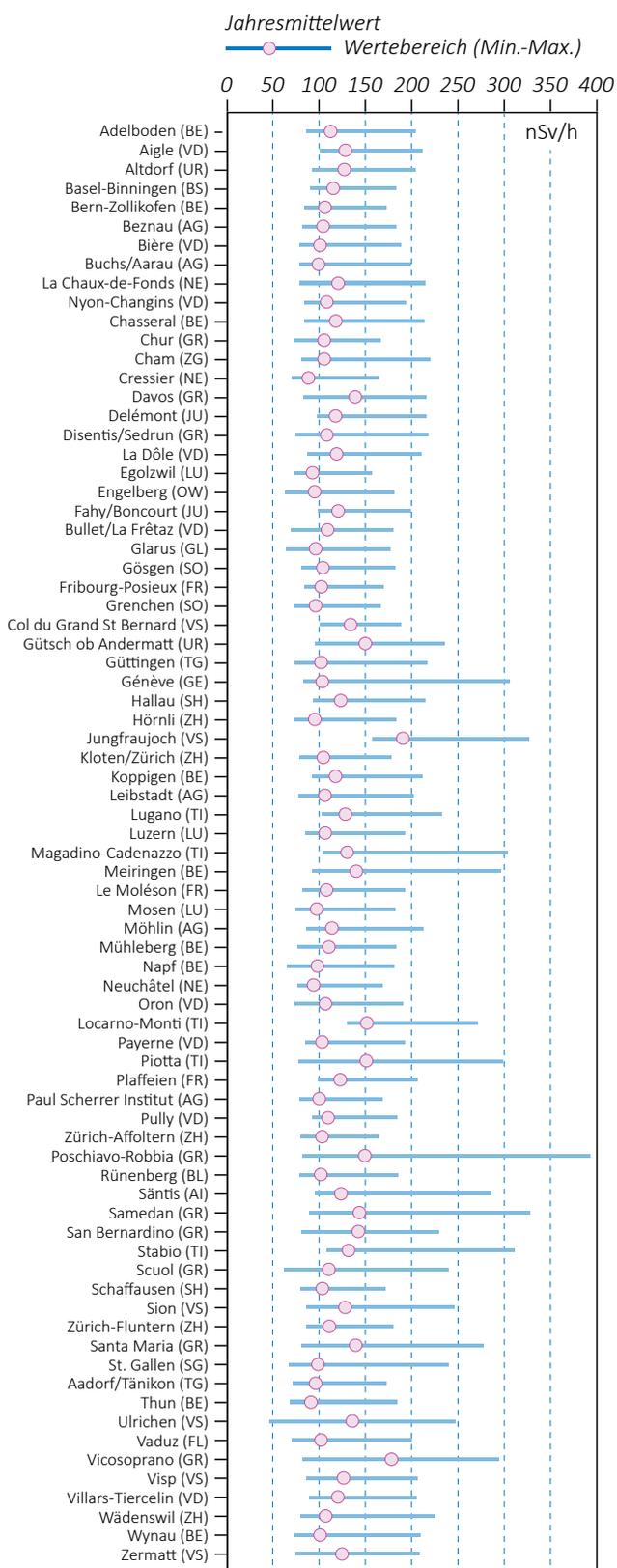
Der Messwertebereich, der die Minima und Maxima der letzten Jahre sicher einschliesst, wird bei der NAZ als Erfahrungsbereich einer bestimmten NADAM-Station bezeichnet. Dieser wird jährlich überprüft und wo nötig angepasst. Er hilft bei der automatischen Plausibilisierung der Messwerte und erleichtert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

Aus der gemessenen ODL werden auch Mittelwerte für jede volle Stunde und für jeden Kalendertag berechnet. Diese werden ausländischen Partnern zur Verfügung gestellt und auf der NAZ-Homepage publiziert. Auch für die Stundenmittelwerte sind Erfahrungsbereiche definiert, welche enger ausfallen als diejenigen für die 10 min-Mittelwerte, da die Mittelung über längere Zeitabschnitte kleinere Schwankungen zur Folge hat.

Für langfristige Statistiken werden einige Kennzahlen für jedes 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,



**Figur 1:** Karte mit den Jahresmittelwerten 2021 aller NADAM-Sonden in Nanosievert pro Stunde, basierend auf den 10 min-Werten. Der Jahresmittelwert der Ortsdosisleistung variiert je nach Standort zwischen 88 nSv/h in Cressier und 190 nSv/h auf dem Jungfrauoch (VS).



**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 2021.

jedoch bleibt der häufigste Messwert ähnlich, sofern die Perioden mit abweichenden Werten einen kleinen Anteil an der gesamten Messdauer ausmachen. Wenn beispielsweise eine Schneedecke während einiger Wochen den terrestrischen Anteil der Strahlung teilweise abgeschirmt, führt dies zu einem tieferen Jahresmittelwert, während der häufigste Messwert zunächst nicht beeinflusst wird. Hält die Schneedecke besonders lange an, kann dies hingegen zur Folge haben, dass der häufigste Wert unter dem Jahresmittelwert zu liegen kommt.

Am Beispiel der Station Meiringen wird weiter unten in diesem Bericht der Einfluss der Witterungsbedingungen auf den Verlauf der Ortsdosisleistung im Detail diskutiert.

## Gemessene Daten

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

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, in grosser Höhe ist hingegen der kosmische Beitrag erhöht. Beide Effekte haben höhere ODL-Jahresmittelwerte von bis 190 nSv/h zur Folge.

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 entsprechen den langjährigen Erfahrungen, mit Mittelwerten im gewohnten Bereich und natürlichen Abweichungen, die sich gut mit den jeweiligen Wettersituationen erklären lassen.

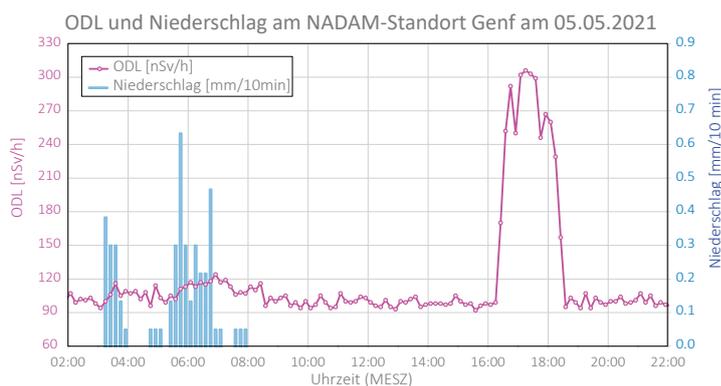
Auch im Jahr 2021 war es so, dass deutlich über dem Jahresmittelwert liegende Maxima während oder unmittelbar nach einsetzendem Niederschlag gemessen wurden, wenn natürlicherweise in der Luft befindliche radioaktive Partikel ausgewaschen und am Boden, d.h. in Sondennähe, deponiert wurden. Dieser Effekt 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 Partikel ausgewaschen und im Boden versickert oder abgeflossen sind und anschliessend die mit Wasser gesättigten obersten Bodenschichten oder eine Schneedecke 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.

### Erhöhte Radioaktivität in Genf

In einem Fall wurden durch eine NADAM-Sonde über einen Zeitraum von ca. 2 h deutlich über dem Erfahrungsbereich, jedoch klar unter einer Alarmschwelle liegende ODL-Werte gemessen. Die NADAM-Messwerte der Station Genf an diesem Tag sind in Figur 3 dargestellt.



**Figur 3:** Verlauf der 10 min-ODL-Werte und der Niederschlagsmenge am Standort Genf am 05.05.2021. Am Morgen fiel Niederschlag, am späteren Nachmittag wurden aufgrund des Einsatzes einer Strahlungsquelle in Sondennähe erhöhte ODL-Werte gemessen.

In der Nacht und am Morgen vor 08:00 Uhr MESZ fiel Niederschlag. Ein Einfluss des Niederschlages auf den ODL-Verlauf lässt sich nur knapp erahnen, da es schon am Vorabend geregnet hatte und etwaige in der Atmosphäre befindlichen partikelförmige Radionuklide bereits ausgewaschen waren.

Im 10 min-Intervall zwischen 16:20 und 16:30 Uhr begann die ODL deutlich anzusteigen, verblieb für knapp zwei Stunden im Bereich um 250 - 300 nSv/h und fiel schliesslich wieder auf das gewohnte Niveau um 100 nSv/h. Die Sonde registrierte keine Fehlfunktion und der ODL-Verlauf wirkte plausibel.

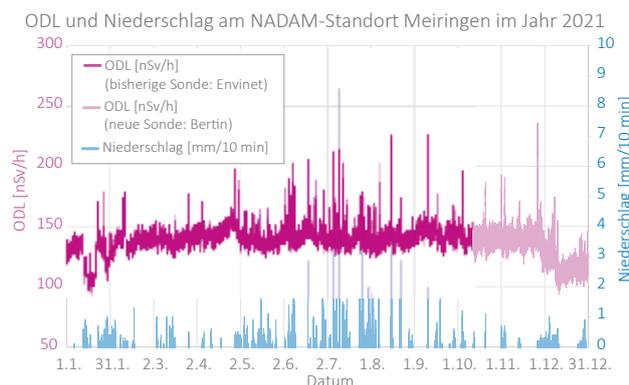
Da sich die erhöhten Messwerte nicht mit Niederschlag erklären liessen und die nächstgelegenen NADAM-Stationen unauffällige Verläufe registrierten, bot der Fachbereich Einsatz-Radioaktivität (ERA) der NAZ die kantonale Messunterstützung KAMU des Kantons Genf auf, um die Situation vor Ort zu untersuchen. Im Dialog mit der Flughafenverwaltung konnte der KAMU eruieren, dass in der fraglichen Zeit unter Verwendung einer Strahlungsquelle Schweißnahtprüfungen in der Nähe der NADAM-Sonde stattgefunden hatten, was schliesslich die beobachteten Werte plausibel erklären konnte.

## Detaillierte Betrachtung der NADAM-Station Meiringen

Figur 4 zeigt den Verlauf der ODL-10 min-Mittelwerte in Nanosievert pro Stunde (nSv/h) am Standort Meiringen über das ganze Jahr 2021. 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 139 nSv/h, beinahe gleich wie der häufigste Wert von 140 nSv/h. Dazu sind Spikes bis zu einem Maximalwert von 296 nSv/h zu erkennen.

Die 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 partikelgetragene Radionuklide (v.a. Zerfallsprodukte von Radon  $^{222}\text{Rn}$ ) sich gerade in der Atmosphäre befinden, wenn der Niederschlag einsetzt und die Deposition der Partikel am Boden in Sondennähe bewirkt.

Mit 296 nSv/h wurde am 08.06.2021 der höchste 10 min-ODL-Wert des Jahres 2021 in Meiringen gemessen. Um diesen Peak genauer betrachten zu können, ist in Figur 5 der Niederschlag und die ODL vom 07. bis 09.06.2021 dargestellt. Dem ODL-Anstieg war keine besonders lange Trockenphase vorangegangen.



**Figur 4:** Verlauf der 10 min-ODL-Werte und 10 min-Niederschlagswerte am Standort Meiringen über das Jahr 2021. Die ODL-Spikes jeweils bei einsetzendem Niederschlag sind gut zu erkennen. Am 12.10.2021 wurde die Sonde im Rahmen des Werterhaltes NADAM 2020 ersetzt. Die mit der neuen Sonde gemessenen Werte sind in hellem Rot eingezeichnet.

Die 20 Stunden seit dem letzten Niederschlag waren ausreichend, um genügend partikelgetragene Radionuklide in die Atmosphäre zu bringen, sodass beim einsetzenden Regen die ODL zwischen 22:00 und 23:00 Uhr für kurze Zeit vom normalen Untergrundwert unter 150 nSv/h auf gut das Doppelte anstieg. Klar zu erkennen ist auch, dass der anschließende Rückgang auf das normale Niveau schneller erfolgte als die Abnahme der Niederschlagsmenge, was auch zeigt, dass die Auswaschung von Radionukliden und deren Verfrachtung in Bodennähe primär am Anfang eines Niederschlagsereignisses geschieht.

Der ODL-Verlauf, die täglich um 07:00 Uhr gemessene Schneedecke und die täglich erfasste Neuschnee-menge in den ersten und letzten 7 Wochen des Jahres 2021 sind in Figur 6 dargestellt. Im ODL-Verlauf sind auch bei einsetzendem Schneefall Peaks zu erkennen, ähnlich wie sie über das ganze Jahr bei einsetzendem Regen auftreten.

Der Neuschnee am 12. Januar führte zu einer dickeren Schneedecke als zu Jahresbeginn und damit zu einer teilweisen Abschirmung des terrestrischen Anteils der ODL. Das zur Schneedecke gegenläufige Verhalten der ODL ist gut zu erkennen, sowohl in den ersten als auch in den letzten Wochen des Jahres.

Die Häufigkeit aller am Standort Meiringen im Jahr 2021 erhobenen ODL-Messwerte ist logarithmisch skaliert in Figur 7 aufgetragen. Der Wert von 140 nSv/h wurde insgesamt 2'921-mal und damit am häufigsten detektiert. Die zweite dargestellte Datenreihe zeigt die ODL-Werte, welche aufgezeichnet wurden, wenn innerhalb der vorangehenden 50 Minuten oder der nachfolgenden 10 Minuten Niederschlag stattgefunden hatte. Der Anteil der

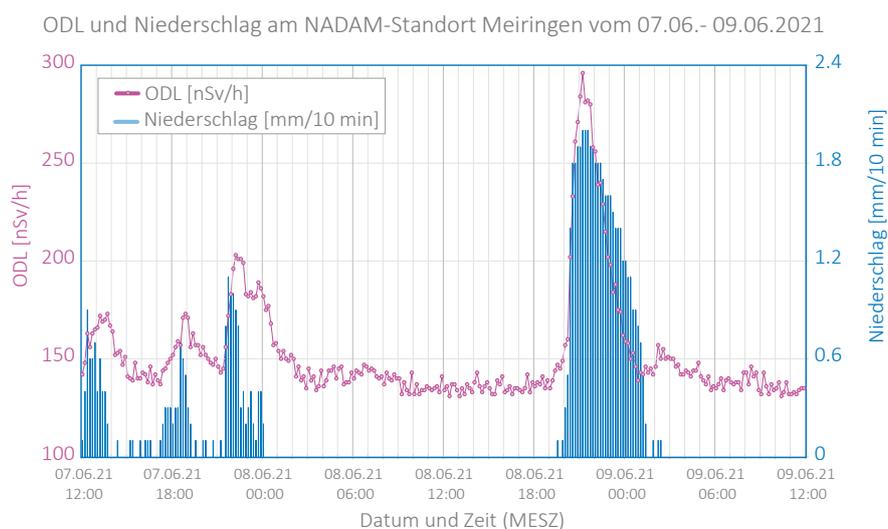
oberhalb von 163 nSv/h gemessenen ODL-Werte ohne Niederschlag ist sehr gering und mit der logarithmischen Skalierung nicht sichtbar.

In Figur 8 ist die Korrelation der im Jahr 2021 in Meiringen gemessenen ODL-Werte mit Niederschlag dargestellt. In dieser Darstellung mit der linearen Skala sind oberhalb von 163 nSv/h noch vereinzelte 10 min-ODL-Werte ohne Niederschlag zu erkennen, die in der sehr trockenen zweiten Aprilhälfte registriert wurden. Die ODL-Werte über 175 nSv/h stehen dann vollständig in Bezug zu einem Niederschlagsereignis.

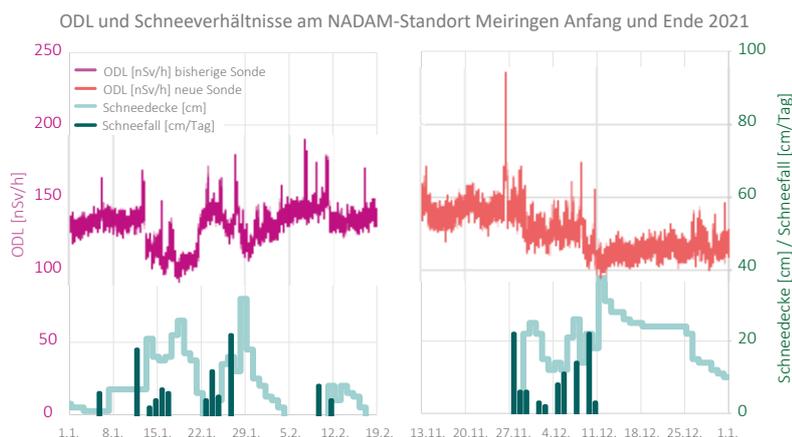
Im Wertebereich um 140 nSv/h, nahe beim häufigsten Messwert und beim Jahresmittelwert, wurde nur ein geringer Anteil der Werte während oder kurz nach Niederschlag registriert. Hingegen ist zwischen 110 und 130 nSv/h ein erhöhter Anteil Messwerte mit Bezug zu Niederschlag zu erkennen. Diese wurden mehrheitlich während oder nach Schneefall gemessen, der zu einer Schneedecke und damit zu diesen tieferen ODL-Werten geführt hatte.

## Kennzahlen und Eckwerte zu den Messungen im NADAM-Netz im Jahr 2021

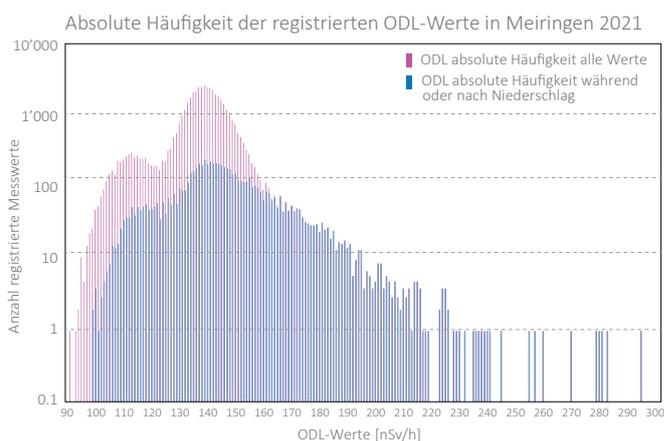
Für alle NADAM-Stationen sind für das Jahr 2021 die ODL-Jahresmittelwerte, die häufigsten Werte, Minima und Maxima der ODL-10 min-Mittelwerte in Tabelle 1 zusammengestellt. Verglichen mit anderen Jahren gibt es keine Auffälligkeiten. Die höchsten ODL-Jahresmittelwerte



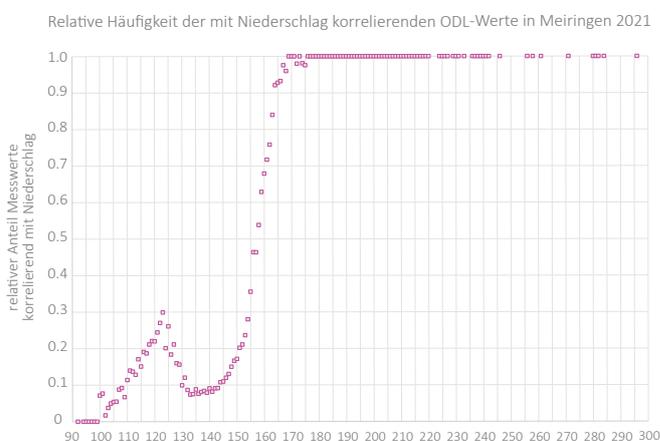
**Figur 5:** Verlauf der 10 min-ODL-Werte und der Niederschlagsmenge am Standort Meiringen vom 07.06. bis 09.06.2021. Nach 20h ohne Regen fielen am 08.06.2021 ab ca. 22:00 Uhr MESZ 46mm Niederschlag innerhalb von 6 h. Deutlich sichtbar ist der kurzzeitige Anstieg der natürlichen ODL bei einsetzendem Regen.



**Figur 6:** Verlauf der ODL in Abhängigkeit von Schneedecke und Schneefall in Meiringen in den ersten und letzten 7 Wochen des Jahres 2021. Der Schneefall am 12. Januar führte zu einer dickeren Schneedecke als bei Jahresbeginn und damit zu einer geringeren ODL am Sondenstandort. Gut zu erkennen ist das zur Dicke der Schneedecke gegenläufige Verhalten der ODL, sowohl in den ersten als auch in den letzten Wochen des Jahres.



**Figur 7:** Verteilung der 10 min-ODL-Werte für die Station Meiringen im Jahr 2021, logarithmisch skaliert. Rot: Alle Messwerte, blau: Messwerte, die zeitnah mit erfolgtem Niederschlag registriert wurden.



**Figur 8:** Anteil der 10 min-ODL-Werte für die Station Meiringen im Jahr 2021, welche innerhalb von 10min vor oder 50min nach Niederschlag gemessen wurden. Für Werte oberhalb 175 nSv/h liegt dieser Anteil bei 1.

wurden, den langjährigen Erfahrungen entsprechend, auf den Stationen Jungfrauoch und Vicosoprano festgestellt.

Der Niederschlagseffekt, also der Umstand, dass bei einsetzendem Niederschlag eine höhere ODL auftritt, war im Jahr 2021 an den Standorten Stabio TI (niederschlagsbedingter Maximalwert liegt 137% über dem Jahresmittelwert), St. Gallen SG (145%) und Poschiavo-Robbia GR (164%) am stärksten ausgeprägt. Die daraus resultierenden Höchstwerte sind auch in Figur 2 dargestellt, als Obergrenze der eingetragenen Messwertbereiche.

Am detailliert betrachteten Sondenstandort Meiringen lagen 2021 der Jahresmittelwert und der häufigste Messwert bei 139 respektive 140 nSv/h, also sehr nahe beieinander, da es keine Einflüsse gab, welche die ODL über lange Zeit stark beeinflussten. Mittelwerte, die am Deutlichsten unter den häufigsten Messwerten lagen, wurden 2021 wie schon im Vorjahr in Ulrichen VS (17% tiefer) und Gütsch ob Andermatt (19% tiefer) ermittelt. Standorte mit deutlich unter dem Jahresmittelwert liegenden häufigsten Messwert sind 2021 keine aufgefallen.

## Erkenntnisse und Ausblick

Im Jahr 2021 wurden keine Werte gemessen, die auf eine erhöhte Strahlenbelastung der Bevölkerung schliessen lassen. In einem einzigen Fall wurden aufgrund des Einsatzes einer Strahlungsquelle in der Nähe eines Sondenstandortes erhöhte ODL-Werte gemessen, allerdings unterhalb der Alarmschwelle. Ansonsten 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 2021 keine grossen Auffälligkeiten.

Ende 2021 waren noch zehn der bisherigen NADAM-Sonden in Betrieb. Für das Jahr 2022 ist deren vollständiger Ersatz durch das neue Modell GT XL2-2 von Bertin GmbH vorgesehen, womit das Projekt «Werterhalt NADAM 2020» abgeschlossen wird.

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 2021

Station	Kanton	Datum Inbetriebnahme	Datum Sondenwechsel NADAM 2020	Höhe [m.ü.M.]	Jahresmittelwert	Häufigster Wert	Minimum	Maximum
Adelboden (ABO)	BE	04.11.09	-	1'322	111.9	112	86	204
Aigle (AIG)	VD	09.09.09	07.10.21	382	127.7	126	100	211
Altdorf (ALT)	UR	28.10.09	11.10.21	439	126.7	124	92	204
Basel-Binningen (BAS)	BS	19.11.09	14.10.21	317	114.5	113	90	183
Bern-Zollikofen (BER)	BE	30.09.09	08.06.21	554	105.6	105	83	172
Beznau (BEZ)	AG	19.11.09	25.08.21	327	103.6	103	82	183
Bière (BIE)	VD	12.01.17	15.04.21	684	100.3	99	78	188
Buchs/Aarau (BUS)	AG	20.11.09	14.06.21	388	98.6	98	78	198
La Chaux-de-Fonds (CDF)	NE	17.09.09	13.09.21	1'018	120.0	123	78	214
Nyon-Changins (CGI)	VD	23.09.09	29.09.21	459	107.6	104	83	193
Chasseral (CHA)	BE	17.09.09	-	1'594	117.4	122	83	213
Chur (CHU)	GR	09.10.09	12.10.21	557	104.8	103	72	166
Cham (CHZ)	ZG	29.01.18	10.06.21	442	104.9	103	80	219
Cressier (CRM)	NE	03.11.16	01.10.20	431	87.8	86	70	164
Davos (DAV)	GR	08.10.09	02.06.21	1'589	138.3	153	82	215
Delémont (DEM)	JU	03.11.16	27.10.21	439	117.2	115	97	215
Disentis/Sedrun (DIS)	GR	28.10.09	21.09.21	1'197	107.6	109	74	217
La Dôle (DOL)	VD	23.09.09	-	1'670	118.2	120	87	210
Egolzwil (EGO)	LU	22.09.10	16.08.21	523	92.1	90	73	157
Engelberg (ENG)	OW	30.10.09	01.09.21	1'035	94.3	98	63	181
Fahy/Boncourt (FAH)	JU	14.10.09	31.05.21	597	119.9	121	98	198
Bullet/La Frêtaz (FRE)	VD	24.09.09	29.09.20	1206	108.5	111	69	180
Glarus (GLA)	GL	02.12.09	28.06.21	518	95.5	96	64	177
Gösgen (GOE)	SO	20.11.09	22.06.21	381	103.3	103	81	182
Fribourg-Posieux (GRA)	FR	13.01.17	18.05.21	646	101.8	100	83	169
Grenchen (GRE)	SO	06.12.10	30.03.21	431	95.4	93	72	166
Col du Gd-St-Bernard (GSB)	VS	09.09.09	30.09.20	2'491	133.2	143	100	188
Gütsch ob Andermatt (GUE)	UR	01.09.05	10.08.21	2'296	149.4	185	95	235
Güttingen (GUT)	TG	03.12.09	28.10.21	441	101.4	99	73	216
Genève (GVE)	GE	24.09.09	27.10.20	412	102.9	101	83	306*
Hallau (HLL)	SH	29.01.18	02.06.21	419	122.7	122	93	214
Hörnli (HOE)	ZH	12.11.09	08.09.21	1'133	94.7	93	72	183
Jungfrauoch (JUN)	VS	29.09.09	07.09.21	3'581	189.8	188	157	326
Kloten/Zürich (KLO)	ZH	24.11.09	11.11.21	427	104.0	102	79	178
Koppigen (KOP)	BE	13.01.17	27.10.21	484	117.2	116	92	211
Leibstadt (LEI)	AG	19.11.09	22.09.21	342	105.7	108	78	202
Lugano (LUG)	TI	21.10.09	15.12.21	273	127.7	126	102	232
Luzern (LUZ)	LU	05.11.09	29.06.21	455	105.8	104	85	193
Magadino-Cadenazzo (MAG)	TI	22.10.09	27.10.21	204	129.6	126	104	304
Meiringen (MER)	BE	06.10.11	12.10.21	590	139.4	140	92	296
Le Moléson (MLS)	FR	19.08.09	12.05.21	1'975	107.4	109	81	192
Mosen (MOA)	LU	19.01.18	13.08.21	452	96.7	95	74	182
Möhlin (MOE)	AG	09.09.10	09.06.21	341	113.2	114	86	213
Mühleberg (MUB)	BE	15.10.09	08.06.21	481	109.8	111	76	183
Napf (NAP)	BE	05.11.09	10.06.21	1'405	97.6	102	65	181
Neuchâtel (NEU)	NE	10.12.09	21.09.21	485	93.2	93	76	168
Oron (ORO)	VD	29.02.12	04.06.21	828	106.2	107	73	190
Locarno-Monti (OTL)	TI	22.10.09	22.11.21	368	151.0	147	130	271
Payerne (PAY)	VD	13.08.09	28.09.20	490	102.6	101	84	192
Piotta (PIO)	TI	29.10.09	-	990	150.4	158	77	298
Plaffeien (PLF)	FR	14.08.09	-	1'043	122.1	122	98	206
Paul Scherrer Institut (PSI)	AG	27.07.11	23.06.21	335	99.4	100	78	168
Pully (PUY)	VD	23.09.09	22.10.21	456	108.9	112	92	184
Zürich-Affoltern (REH)	ZH	13.11.09	26.04.21	444	102.4	101	79	164
Poschiavo-Robbia (ROB)	GR	07.10.09	11.11.21	1'079	148.6	152	82	393
Rünenberg (RUE)	BL	20.11.09	07.10.21	612	101.1	101	78	185
Säntis (SAE)	AI	11.11.09	20.10.21	2'503	122.9	124	95	286
Samedan (SAM)	GR	25.08.09	24.06.21	1'710	142.8	161	89	328
San Bernardino (SBE)	GR	29.10.09	06.07.21	1'640	141.6	161	80	229
Stabio (SBO)	TI	21.10.09	-	352	131.2	130	108	311
Scuol (SCU)	GR	27.08.09	10.06.21	1'305	109.9	118	62	240
Schaffhausen (SHA)	SH	04.12.09	26.08.21	439	102.9	103	79	171
Sion (SIO)	VS	10.09.09	10.11.21	482	127.4	126	86	246
Zürich-Fluntern (SMA)	ZH	24.11.09	04.11.21	557	110.5	111	86	180
Santa Maria (SMM)	GR	15.12.11	01.07.21	1'385	138.9	146	80	277
St. Gallen (STG)	SG	12.11.09	07.09.21	777	98.0	98	67	240
Aadorf/Tänikon (TAE)	TG	03.12.09	-	539	95.4	95	71	172
Thun (THU)	BE	29.01.18	15.10.21	570	90.5	89	68	184
Ulrichen (ULR)	VS	04.11.09	18.08.21	1'347	135.4	163	46	247
Vaduz (VAD)	FL	03.12.09	30.09.21	458	101.3	99	70	200
Vicosoprano (VIO)	GR	06.02.13	23.09.21	1'089	177.6	193	81	294
Visp (VIS)	VS	11.09.09	20.09.21	640	125.9	126	86	206
Villars-Tiercelin (VIT)	VD	29.01.18	-	859	119.7	121	89	205
Wädenswil (WAE)	ZH	02.12.09	-	487	106.5	106	79	225
Wynau (WYN)	BE	15.10.09	02.06.21	423	100.3	99	73	209
Zermatt (ZER)	VS	11.09.09	-	1'640	124.2	132	74	208

\* Genève: Der Maximalwert von 306 nSv/h wurde wie oben diskutiert während des Einsatzes einer Strahlungsquelle in der Nähe der NADAM-Station registriert.