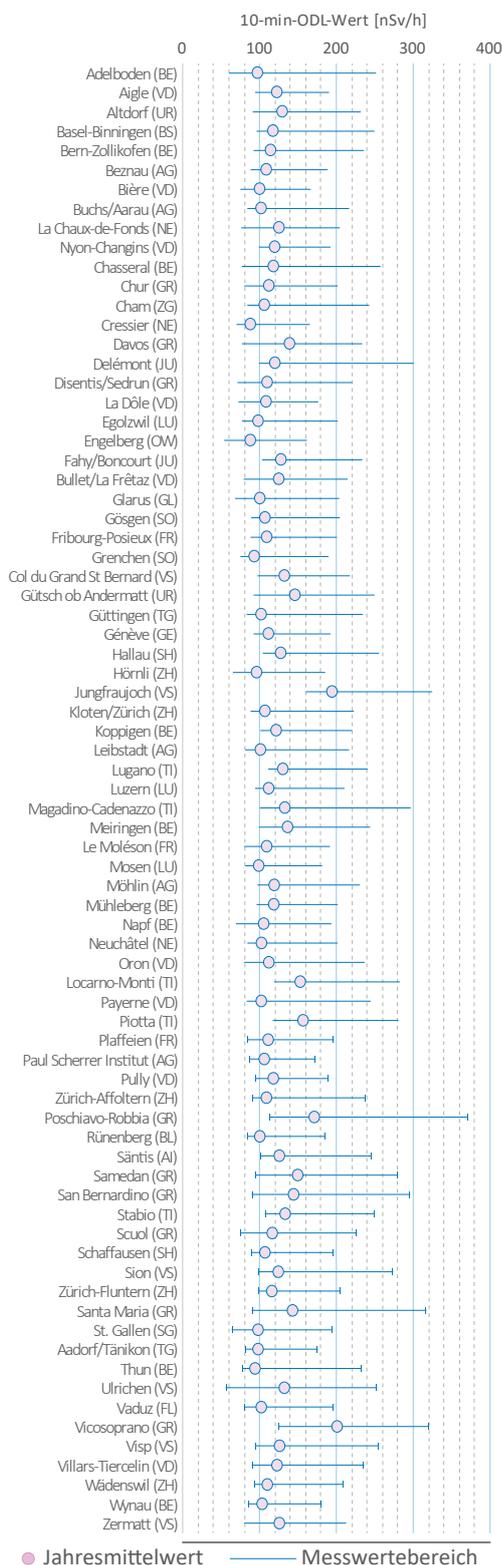


3.2

Die automatische Überwachung der Ortsdosisleistung mit NADAM



Adrian Hess, Franziskus Stoffel, Cristina Poretti
 Nationale Alarmzentrale NAZ,
 Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS,
 Guisanplatz 1B, 3003 Bern

Zusammenfassung

Das Netz für die automatische Dosisleistungsalarmierung und -messung (NADAM) dient der grossräumigen und permanenten Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz. Es besteht aus 76 über die ganze Schweiz verteilten Stationen, welche in 10-Minuten-Intervallen die γ -Ortsdosisleistung (ODL, $H^*(10)$) messen.

Das NADAM-Netz dient auch als Frühwarnsystem, da jede Überschreitung eines Alarmwerts an die Nationale Alarmzentrale (NAZ) gemeldet wird, zur sofortigen Beurteilung durch die Spezialisten des Fachbereichs Einsatz-Radioaktivität. Bei einem radiologischen Ereignis unterstützt das NADAM-Netz die NAZ bei der Bestimmung des gefährdeten Gebietes und der Definition allfällig anzuordnender Schutzmassnahmen.

Im Jahr 2019 wurden 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. Im Ereignisfall muss die NAZ Behörden warnen und orientieren, Bundesstellen und Kantone informieren und den Kontakt mit internationalen Behörden sicherstellen. Im Bereich «erhöhte Radioaktivität» hat sie besonders umfangreiche Aufgaben. Ein zentrales Element ist die Probenahme- und Messorganisation des Bundes, welche durch die NAZ koordiniert und eingesetzt wird und ihr den Zugriff auf ein umfangreiches Netzwerk von eigenen und fremden Ressourcen ermöglicht. Gemäss der Verordnung über die Nationale Alarmzentrale (VNAZ, SR520.18) betreibt sie dafür unter anderem das NADAM-Messnetz zur ständigen Überwachung der Radioaktivität und als Frühwarnsystem. Eine Überschreitung der Alarmschwelle

Figur 1:
 Jahresmittelwerte und Messwertebereiche der NADAM-Sonden. Der dargestellte Messwertebereich entspricht dem Bereich zwischen dem minimalen und dem maximalen 10 min-Wert der Sonden im Jahr 2019.

(1 mikroSv/h) löst in der NAZ eine Alarmmeldung aus. Dort wird der Wert verifiziert (Ausschluss von technischen Problemen, Überprüfung der meteorologischen Daten und Vergleich mit Nachbarstationen). Bei Bedarf werden weitere Messmittel für Abklärungen vor Ort aufgeboden, zum Beispiel kann die Kantonale Messunterstützung zugunsten der NAZ (KAMU NAZ) für Kontrollmessungen vor Ort aufgeboden werden. Bei einem radiologischen Ereignis kann die NAZ so rasch das gefährdete Gebiet bestimmen, Behörden des betroffenen Kantons orientieren und bei unmittelbarer Gefährdung zudem die Alarmierung und Sofortmassnahmen zum Schutz der Bevölkerung anordnen.

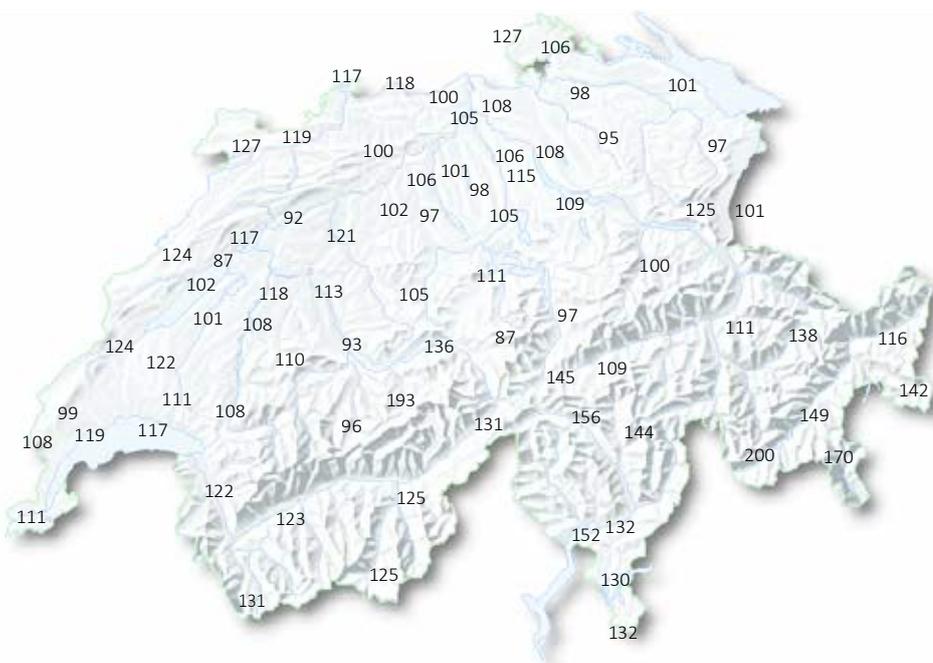
Die permanente Überwachung der externen Strahlung in der Schweiz wird von den 76 über die ganze Schweiz verteilten NADAM-Stationen garantiert. Diese befinden sich bei den Wetterstationen der MeteoSchweiz und liefern alle zehn Minuten Daten zur Ortsdosisleistung (ODL, $H^*(10)$). In Ergänzung zu den ODL-Daten sind damit auch Wetterdaten verfügbar, die wichtige Zusatzinformationen für die Interpretation der Messwerte liefern.

Die Sonden sind mit jeweils drei Geiger-Müller-Zählrohren bestückt, zwei für den Niederdosis- und eines für den Hochdosisbereich. Der Messbereich geht von 10 nSv/h (Nanosievert pro Stunde) bis 10 Sv/h und deckt somit sehr gut den Untergrundbereich bis hin zu Dosisleistungen ab, wie sie z.B. nach einer Nuklearwaffenexplosion zu messen wären.

Im Normalbetrieb werden die Daten 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 im Fall einer Katastrophe die terrestrischen Kommunikationsnetze beeinträchtigt sein könnten.

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

Im Jahr 2019 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.



Figur 2:
Karte mit den Jahresmittelwerten 2019 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 Engelberg und 200 nSv/h in Vicosoprano im Bergell.

Jahresmittelwerte und Erfahrungsbereiche 2019

Die ODL-Jahresmittelwerte und die Maxima und Minima der 10-Minuten-Werte aller Stationen sind in Figur 1 dargestellt. Im Vergleich mit den Messresultaten des letzten Jahres fällt auf, dass weniger Maximalwerte über 300 nSv/h liegen. Im ausserordentlich trockenen Herbst 2018 hatte es jeweils während oder kurz nach Regenfällen, die auf besonders lange Trockenperioden gefolgt waren, an zehn Standorten ungewöhnlich viele Maximalwerte über diesem Wert gegeben. Im Folgejahr wurde der Wert von 300 nSv/h nun bei einer Sonde (Delémont) gerade erreicht und auf vier Messstationen (Jungfrauoch, Poschiavo Robbia, Santa Maria, und Vicosoprano) überschritten. Damit entsprach 2019 das Auftreten dieser Spitzenwerte, verteilt über einen grösseren Zeitraum vom April bis November, wieder den langjährigen Beobachtungen. Wie gewohnt wurden diese Werte jeweils während oder kurz nach Niederschlägen gemessen, wenn natürlicherweise in der Luft befindliche radioaktive Partikel ausgewaschen und am Boden, d.h. in Sondennähe, deponiert wurden.

Als Erfahrungsbereich einer Station gilt bei der NAZ derjenige Wertebereich, der die Minima und Maxima der Untergrundwerte (vgl. Figur 1) aus den letzten Jahren sicher einschliesst. Der Erfahrungsbereich 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. Dieser Erfahrungsbereich wird für jede Station jährlich überprüft und wo nötig angepasst.

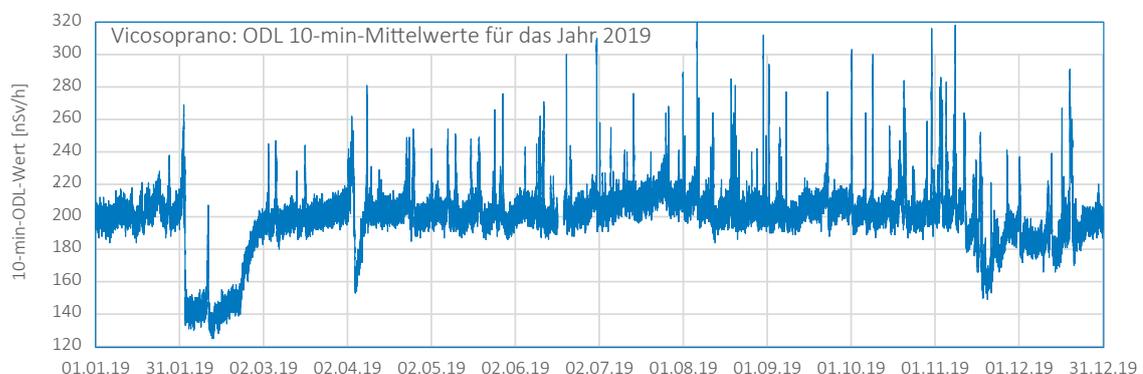
In Figur 2 sind die numerischen Jahresmittelwerte in eine Schweizer Übersichtskarte eingetragen. Die natürlich bedingte Ortsdosisleistung (ODL) wird vom Standort (geologischer Untergrund, Höhe über Meer) und von den meteorologischen Verhältnissen (Regen, Schneedecke) beeinflusst. Die Beiträge der terrestrischen und der kosmischen Strahlung führen zu den regional beobachteten Unterschieden bei den Jahresmittelwerten.

Der geologische Untergrund bestimmt den Beitrag der terrestrischen Strahlung zur ODL. In alpinen Gebieten mit uran- und thoriumhaltigem Gestein ist der Anteil der natürlichen Radioaktivität im Boden höher als z.B. im Mittelland. Dies führt zu einer höheren terrestrischen Strahlung. Ein Beispiel für eine Station mit hohem terrestrischen Beitrag ist Vicosoprano auf 1089 m.ü.M. am Talgrund im Bergell, wo mit 200 nSv/h der höchste ODL-Jahresmittelwert aller NADAM-Stationen gemessen wurde.

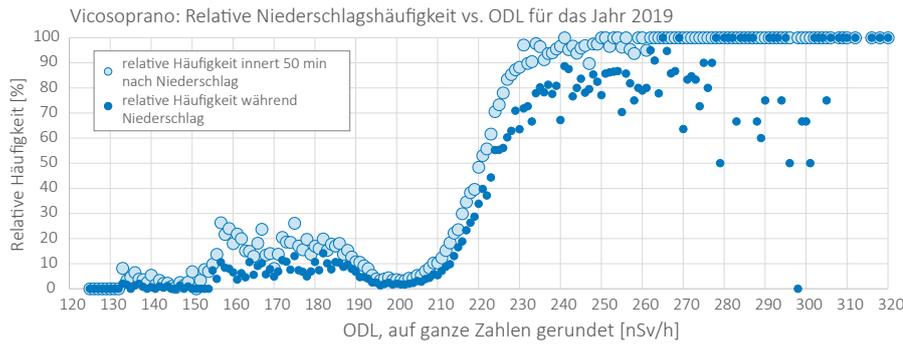
Die Höhe des Sondenstandortes über Meer bestimmt den kosmischen Anteil der ODL. Je höher der Messstandort, desto weniger wird die kosmische Strahlung durch die Atmosphäre abgeschwächt, entsprechend grösser wird die Intensität der kosmischen Strahlung. Die Messstation Jungfrauoch liegt auf 3'580 m.ü.M. Die kosmische Strahlung in dieser Höhe führte im Jahr 2019 mit 193 nSv/h zu einem ähnlichen Jahresmittelwert wie in Vicosoprano. An allen anderen Standorten lagen die Jahresmittelwerte unter 175 nSv/h.

Eine detailliertere Analyse der Station Vicosoprano

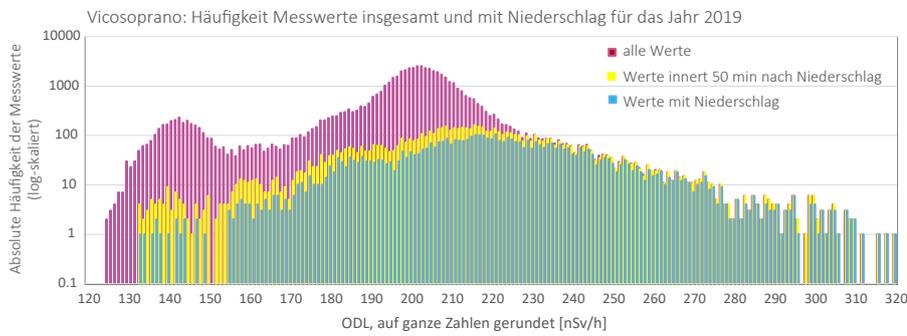
Die meteorologischen Verhältnisse bestimmen grösstenteils die Schwankungen des ODL-Verlaufs innerhalb eines Jahres an einem Standort. Figur 3 zeigt als Beispiel den Verlauf der 10 min-ODL-Messwerte der



Figur 3: Zeitverlauf der 10 min-ODL-Werte für die Station Vicosoprano im Jahr 2019. Deutlich sichtbar sind die bis zu 37% unter dem Jahresmittelwert liegenden ODL-Werte im Winter aufgrund der Abschirmung der terrestrischen Strahlung durch die Schneedecke.



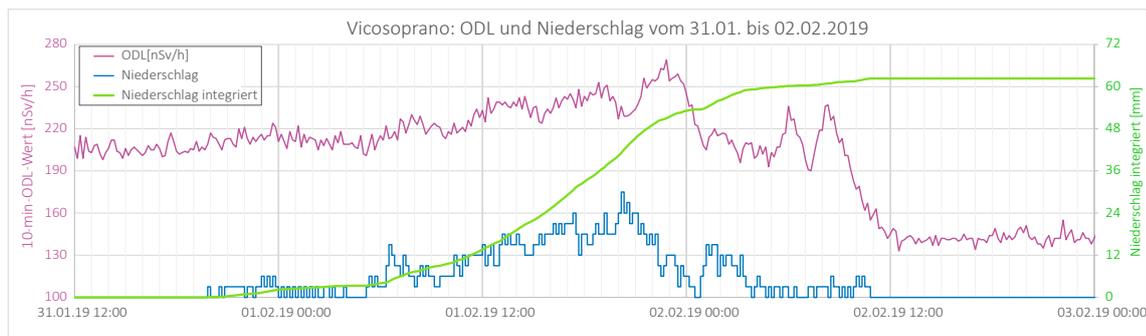
Figur 4: Korrelation zwischen den 10 min-Werten und den Niederschlägen für die Station Vicosoprano im Jahr 2019. Die ODL-Werte über 240 nSv/h korrelieren gut mit Niederschlägen, d.h. in den meisten Fällen traten hohe ODL-Werte gleichzeitig mit Niederschlag auf. Die im Hintergrund mit hellroter Markierung dargestellten Datenpunkte berücksichtigen auch Niederschlag innerhalb der letzten 50 min. In dieser Darstellung wird klar, dass alle Datenpunkte über 262 nSv/h aufgrund von Niederschlag zustande gekommen sind.



Figur 5: Verteilung der 10 min-Werte für die Station Vicosoprano im Jahr 2019; rot: alle Messwerte; blau: Messwerte während Niederschlag; gelb: Messwerte innerhalb von 50 min nach erfolgtem Niederschlag. Werte über 230 nSv/h gehen fast immer einher mit Niederschlag.

Station Vicosoprano. Der Jahresmittelwert liegt bei 200 nSv/h. Peaks bis zu 320 nSv/h ergeben sich durch Niederschläge, welche insbesondere nach trockenen Zeitabschnitten zu einer Auswaschung von Partikeln mit natürlich vorkommenden Radionukliden (v.a. Zerfallsprodukte von Radon ²²²Rn) aus der Atmosphäre und deren Deposition am Boden führen. Umgekehrt erkennt man an tiefen Messwerten bis 125 nSv/h, dass in den Wintermonaten eine Schneedecke die terrestrische Strahlung teilweise abgeschirmt hat. Zwischen dem 17.06. und dem 19.06.2019 sind aufgrund einer Panne bei der Station keine Messdaten vorhanden.

In Figur 4 ist die Korrelation der ODL-Werte mit dem Niederschlag dargestellt. Die dunkelblau aufgetragenen Punkte repräsentieren die relative Häufigkeit, mit der einzelne ODL-Werte zeitgleich mit Niederschlag gemessen wurden. ODL-Werte über 240 nSv/h gehen in den meisten Fällen einher mit Niederschlag.



Figur 6: Zeitverlauf der ODL 10 min-Mittelwerte, der 10 min Niederschlagssummen und der integrierten Niederschlagsmenge für den Zeitraum vom 31.01. bis 02.02.2019 für die Station Vicosoprano.

Einige Datenpunkte zeigen auch bei höheren ODL-Werten relative Niederschlagshäufigkeiten unter 100%. Um diese zu erklären, wurde zusätzlich die Häufigkeit ermittelt, mit der die ODL-Werte gemessen wurden, wenn innerhalb der letzten 50 min Niederschlag stattgefunden hatte. Diese Datenpunkte sind mit hellroter Markierung im Hintergrund dargestellt. Damit wird klar, dass ODL-Werte über 262 nSv/h, also die ODL-Spitzen in Figur 3, zu 100% mit einer Niederschlagsperiode erklärt werden können. Der Niederschlagseffekt zeigt sich in den maximalen 10 Minuten-Werten vieler Stationen und entsprechend in den Maximalwerten der in Figur 1 gezeigten Wertebereichen. Besonders ausgeprägt zu erkennen war er 2019 an den Standorten Payerne (140% über dem Jahresmittelwert), Thun (150%), Delémont (152%) und Adelboden (160%).

Figur 5 zeigt die absolute Häufigkeitsverteilung der 10 Minuten ODL-Werte in Vicosoprano, wobei die vertikale Diagrammchse logarithmisch skaliert ist. Rot eingezeichnet ist die Verteilung aller ODL-Daten, unabhängig von der Witterung. Der häufigste gemessene ODL-Wert liegt bei 203 nSv/h, ein lokales Maximum ergibt sich bei 142 nSv/h aus zwei Perioden im Februar 2019 (siehe Figur 3) mit Messwerten, die aufgrund der Schneedecke über mehrere Tage auf einem deutlich unter dem häufigsten ODL-Wert liegenden Niveau blieben. Bei 163 nSv/h lässt sich ein schwaches weiteres lokales Maximum erahnen, da aufgrund der kalten Wettersituation Anfang April und Mitte November ebenfalls eine leichte Häufung von Messwerten um diesen Wert verzeichnet wurde. An den blau eingezeichneten Werten erkennt man die unmittelbare Korrelation von Niederschlag mit erhöhter ODL, im Speziellen über 240 nSv/h. Gelb dargestellt ist die Häufigkeit der ODL-Werte, die während oder innerhalb von 50 min nach Niederschlag aufgezeichnet wurden. Diese Daten zeigen, dass die Messwerte im oberen ODL-Bereich ausnahmslos mit Niederschlag erklärt werden können.

Bei eher tiefen ODL-Werten zwischen 130 und 150 nSv/h scheint ebenfalls eine leichte Häufung von Messwerten zu bestehen, die verzögert nach Niederschlag gemessen wurden. Dies lässt sich so interpretieren, dass Schneefall zu einer Schneedecke führt, welche die Radioaktivität aus dem Boden teilweise abschirmt und so im Nachgang zu tieferen Messwerten führt.

Ein Ausschnitt der in Figur 3 gezeigten Messreihe wird in Figur 6 mit der gleichzeitig aufgezeichneten Niederschlagskurve verglichen. Rot eingezeichnet und auf der linken y-Achse skaliert ist der 10 min Mittelwert der ODL in Nanosievert pro Stunde [nSv/h] über den Zeitraum von zweieinhalb Tagen Ende Januar / Anfang Februar 2019. Die 10 min Niederschlagswerte sind als blaue Balken, aufgetragen und auf der rechten y-Achse skaliert.

Zu Beginn der dargestellten Periode liegt die ODL um 200 nSv/h, was typisch ist für den Standort Vicosoprano mit einem vergleichsweise hohen natürlichen Strahlungsuntergrund. Am Abend des 31.01. setzt leichter Niederschlag ein, der einen visuell knapp erkennbaren Anstieg der ODL um ca. 10 nSv/h zur Folge hat. Deutlicher sichtbar ist die erhöhte ODL während der ab dem Morgen des 01.02.2019 zunehmenden Niederschläge. Diese Korrelation rührt daher, dass sich radioaktive Elemente bei trockenem Wetter als Feinstaubpartikel in der Atmosphäre verteilen, die dann bei einsetzendem Niederschlag aus der Luft ausgewaschen und am Boden oder auf der Schneedecke deponiert werden und dort zu kurzfristig erhöhten Werten führen. Ab dem 02.02.2019 führt eine zunehmende Schneedecke zum gegenteiligen Effekt, nämlich zu einer teilweisen Abschirmung der aus dem Boden stammenden Radioaktivität. Dies hat eine reduzierte ODL um 140 nSv/h zur Folge, also deutlich unter dem für Vicosoprano üblichen Bereich liegende Werte.

Jahresmittelwert, häufigster Wert, Minimum und Maximum der NADAM-Stationen

Wenn über kurze 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. Dies kann aufgrund der Schneedecke der Fall sein, welche den terrestrischen Anteil der Strahlung über eine gewisse Dauer teilweise abschirmt. Aufgrund der nur kurz anhaltenden Schneedecke im Winter 2019 liegt der Jahresmittelwert in Vicosoprano nur 1.5 % tiefer als der häufigste Messwert. Dieser Unterschied fällt deutlich geringer aus als im Vorjahr mit 9%. An anderen Standorten war der Unterschied zwischen Jahresmittelwert und häufigstem Wert grösser als in Vicosoprano, auf den Stationen Davos und San Bernardino beträgt er 11% und in Ulrichen sogar 23% (Tabelle 1).

Hält die Schneedecke besonders lange an, kann sie auch den umgekehrten Effekt zur Folge haben, nämlich, dass der häufigste Wert unter dem Jahresmittelwert zu liegen kommt. Dies war im Jahr 2019 in Gütsch ob Andermatt Fall (häufigster Wert 33% tiefer als Jahresmittelwert). In überwiegend schneefreien Gebieten sind der häufigste Messwert und der Jahresmittelwert sehr ähnlich.

Qualitätssicherung und Werterhalt NADAM-Netz

Die Sonden sind vom Hersteller typengeprüft und werden durch die anerkannte Eichstelle des «Institut de Radiophysique» (IRA) des CHUV in Lausanne geeicht. Die Gültigkeit des Eichzertifikats wurde in Absprache mit der METAS für den Gerätetyp IGS 421 B1-H des Herstellers Envinet (Zulassungszertifikat CH-I-13182-01) auf fünf Jahre festgelegt.

Nach der Eichung erfolgt bei MeteoSchweiz in Payerne noch eine Analyse der Eichungsergebnisse. Falls die Abweichung bei Dosisleistungen ≤ 50 mikroSv/h grösser als 7% oder bei Dosisleistungen > 50 mikroSv/h grösser als 15% ist, wird ein Korrektorkoeffizient angewandt. Damit wird sichergestellt, dass die Sonde in 95% der Fälle im Toleranzbereich liegt.

Zudem werden die Sonden jährlich von MeteoSchweiz vor Ort im Feld getestet. Mit diesen Sondentests werden zwei Ziele verfolgt:

- Überprüfen, dass die Sonden im definierten Wertebereich korrekt messen: Bei einer Abweichung von mehr als 7% des gemessenen Wertes vom Sollwert wird die Sonde ausgewechselt. Somit können sich die Dosisleistungswerte von zwei verschiedenen Sonden (verschiedene Seriennummern) am gleichen Standort um höchstens 15 nSv/h unterscheiden. Bei technischen Defekten werden die Sonden ausgewechselt und bei MeteoSchweiz in Payerne im Labor getestet.
- Testen der Meldewege, insbesondere auch die korrekte Auslösung und Übermittlung eines Sondenalarms.

Die NAZ verfügt insgesamt über 116 Sonden für den ortsfesten Betrieb an den 76 NADAM-Standorten. Der grösste Teil davon ist auf den Stationen im Einsatz, einige müssen repariert werden oder befinden sich in der Eichung. Daneben stehen einsatzbereite Ersatzsonden an vier Wartungsstandorten von MeteoSchweiz (Zürich, Payerne, Locarno und Davos) bereit.

Jede Sonde wird mindestens alle 12 Monate geprüft. An den Standorten La-Chaux-de-Fonds, Güttingen und Scuol war nach einem Austausch der Sonde jeweils ein zweiter Test nötig, somit wurden im Jahr 2019 insgesamt 79 Sondentests durchgeführt. Die NADAM-Sonden sind stabil und zuverlässig.

Zusätzlich zu den stationären Sonden besitzt die NAZ 30 mobile NADAM-Sonden, mit denen das Messnetz bei Bedarf punktuell verdichtet werden kann. Die mobilen verfügen über die gleiche Sensorik wie die ortsfesten Sonden, sind aber für einen autarken Betrieb mit Solarpanel und Batterie ausgerüstet und übermitteln die Messdaten über das Mobilfunknetz direkt an die Datenbank der NAZ.

Eine wesentliche Änderung des NADAM-Netzes steht nun für das Jahr 2020 bevor. Die technische Unterstützung durch den Hersteller der bisherigen Sonden ist nicht mehr gegeben und die mobilen Sonden sind nicht mit neuen Mobilfunkstandards kompatibel. Daher müssen alle NADAM-Sonden im Lauf der Jahre 2020 und 2021 ersetzt werden, die mobilen Sonden sogar schon vor Ende 2020. Zusammen mit dem ENSI, das im MADUK-Netz mit dem gleichen Sondentyp die Ortsdosisleistung in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen überwacht, wurde eine WTO-Ausschreibung durchgeführt. Den Zuschlag für die Lieferung der neuen Sonden hat die Firma Bertin GmbH erhalten. Im Jahr 2019 wurden Prototypen der neuen Sonden ausgiebig getestet. Im Laufe des Jahres 2020 werden nun alle mobilen und ein Teil der stationären Sonden der NADAM- und MADUK-Netze durch die anerkannten Eichstellen geeicht und im Feld ersetzt.

Station	Kanton	Datum der Inbetriebnahme	Höhe [m.ü.M.]	Jahresmittelwert [nSv/h]	Häufigster Wert [nSv/h]	Minimum [nSv/h]	Maximum [nSv/h]
Adelboden (ABO)	BE	04.11.09	1322	96	97	61	251
Aigle (AIG)	VD	09.09.09	382	122	116	95	190
Altdorf (ALT)	UR	28.10.09	439	129	128	92	231
Basel-Binningen (BAS)	BS	19.11.09	317	117	114	97	249
Bern-Zollikofen (BER)	BE	30.09.09	554	113	112	93	235
Beznau (BEZ)	AG	19.11.09	327	108	107	89	188
Bière (BIE)	VD	12.01.17	684	99	99	76	166
Buchs/Aarau (BUS)	AG	20.11.09	388	101	100	85	216
La Chaux-de-Fonds (CDF)	NE	17.09.09	1018	124	127	77	204
Nyon-Changins (CGI)	VD	23.09.09	459	119	117	100	192
Chasseral (CHA)	BE	17.09.09	1594	117	125	78	257
Chur (CHU)	GR	09.10.09	557	111	110	81	201
Cham (CHZ)	ZG	29.01.18	442	105	105	85	242
Cressier (CRM)	NE	03.11.16	431	87	86	71	165
Davos (DAV)	GR	08.10.09	1589	138	155	78	233
Delémont (DEM)	JU	03.11.16	439	119	117	100	300
Disentis/Sedrun (DIS)	GR	28.10.09	1197	109	111	72	220
La Dôle (DOL)	VD	23.09.09	1670	108	114	73	176
Egolzwil (EGO)	LU	22.09.10	523	97	90	78	201
Engelberg (ENG)	OW	30.10.09	1035	87	88	55	161
Fahy/Boncourt (FAH)	JU	14.10.09	597	127	125	104	233
Bullet/La Frêtaz (FRE)	VD	24.09.09	1206	124	128	80	214
Glarus (GLA)	GL	02.12.09	518	100	99	69	203
Gösgen (GOE)	SO	20.11.09	381	106	105	90	204
Fribourg-Posieux (GRA)	FR	13.01.17	646	108	107	89	200
Grenchen (GRE)	SO	06.12.10	431	92	90	76	189
Col du Gd-St-Bernard (GSB)	VS	09.09.09	2491	131	144	98	217
Gütsch ob Andermatt (GUE)	UR	01.09.09	2296	145	109	93	249
Güttingen (GUT)	TG	03.12.09	441	101	99	84	234
Genève (GVE)	GE	24.09.09	412	111	109	93	192
Hallau (HLL)	SH	29.01.18	419	127	124	105	255
Hörnli (HOE)	ZH	12.11.09	1133	95	96	66	185
Jungfraujoch (JUN)	VS	29.09.09	3581	193	188	161	324
Kloten/Zürich (KLO)	ZH	24.11.09	427	106	104	89	222
Koppigen (KOP)	BE	13.01.17	484	121	119	102	220
Leibstadt (LEI)	AG	19.11.09	342	100	98	82	216
Lugano (LUG)	TI	21.10.09	273	130	128	112	240
Luzern (LUZ)	LU	05.11.09	455	111	110	95	210
Magadino-Cadenazzo (MAG)	TI	22.10.09	204	132	128	101	296
Meiringen (MER)	BE	06.10.11	590	136	134	100	243
Le Moléson (MLS)	FR	19.08.09	1975	108	113	81	191
Mosen (MOA)	LU	19.01.18	452	98	96	82	181
Möhlín (MOE)	AG	09.09.10	341	118	116	98	230
Mühleberg (MUB)	BE	15.10.09	481	118	117	97	201
Napf (NAP)	BE	05.11.09	1405	105	110	70	193
Neuchâtel (NEU)	NE	10.12.09	485	102	101	85	201
Oron (ORO)	VD	29.02.12	828	111	110	81	236
Locarno-Monti (OTL)	TI	22.10.09	368	152	149	120	282
Payerne (PAY)	VD	13.08.09	490	101	101	84	244
Piotta (PIO)	TI	29.10.09	990	156	158	118	280
Plaffeien (PLF)	FR	14.08.09	1043	110	110	84	197
Paul Scherrer Institut (PSI)	AG	27.07.11	335	105	104	87	173
Pully (PUY)	VD	23.09.09	456	117	120	94	190
Zürich-Affoltern (REH)	ZH	13.11.09	444	108	107	91	238
Poschiavo-Robbina (ROB)	GR	07.10.09	1079	170	164	113	371
Rünenberg (RUE)	BL	20.11.09	612	100	97	84	186
Säntis (SAE)	AI	11.11.09	2503	125	125	101	246
Samedan (SAM)	GR	25.08.09	1710	149	166	95	280
San Bernardino (SBE)	GR	29.10.09	1640	144	161	90	296
Stabio (SBO)	TI	21.10.09	352	132	130	107	250
Scuol (SCU)	GR	27.08.09	1305	116	124	75	227
Schaffhausen (SHA)	SH	04.12.09	439	106	106	89	196
Sion (SIO)	VS	10.09.09	482	123	122	98	274
Zürich-Fluntern (SMA)	ZH	24.11.09	557	115	113	98	205
Santa Maria (SMM)	GR	15.12.11	1385	142	144	90	317
St. Gallen (STG)	SG	12.11.09	777	97	98	64	195
Aadorf/Tänikon (TAE)	TG	03.12.09	539	97	95	81	176
Thun (THU)	BE	29.01.18	570	93	91	78	233
Ulrichen (ULR)	VS	04.11.09	1347	131	171	56	253
Vaduz (VAD)	FL	03.12.09	458	101	99	80	196
Vicosoprano (VIO)	GR	06.02.13	1089	200	203	125	320
Visp (VIS)	VS	11.09.09	640	125	123	95	255
Villars-Tiercelin (VIT)	VD	29.01.18	859	122	121	90	236
Wädenswil (WAE)	ZH	02.12.09	487	109	108	93	209
Wynau (WYN)	BE	15.10.09	423	102	100	85	181
Zermatt (ZER)	VS	11.09.09	1640	125	132	81	212

Tabelle 1:
Jahresmittelwert, häufigster Wert, Minimum und Maximum der NADAM-Stationen
 In der folgenden Tabelle sind die Jahresmittelwerte, die häufigsten Werte, die Minima und Maxima, basierend auf den 10-Min-Werten, für alle NADAM-Stationen im Jahr 2019 aufgeführt.

Chapitre / Kapitel 3

Rayonnement externe Externe Strahlung

2019

- Mesures in situ & exposition externe
- Réseau NADAM
- Mesures d'aéroradiométrie
- In situ Messungen
- Netzwerk NADAM
- Aeroradiometrische Messungen