

4.2

URAnet aero

D. Lienhard, P. Beuret, S. Estier, M. Müller, P. Steinmann
Sektion Umweltradioaktivität, URA / BAG, Bern

Zusammenfassung

Die Radioaktivitätsmessungen des vom Bundesamt für Gesundheit betriebenen Messnetz URAnet aero haben im zweiten offiziellen Betriebsjahr keine erhöhte künstliche Radioaktivität in Luftpartikeln festgestellt. In den Spektren konnten keine Peaks nachgewiesen werden, die eindeutig einem künstlichen Radionuklid zugeordnet werden können. Auch die Konzentration von gasförmigem ^{131}I blieb unterhalb der Nachweisgrenze von ca. 90 mBq/m^3 . Somit blieben die Konzentrationen dieser Radionuklide weit unter den in der StSV festgelegten Immissionsgrenzwerten. Hingegen konnten in den Spektren die natürlich vorkommenden Radontöchter aus der Uran-Radium- und der Thorium-Zerfallskette nachgewiesen werden. Ein Vergleich mit den meteorologischen Bedingungen zeigt, dass Höchstwerte in der Aktivitätskonzentration der Radontochter ^{214}Pb bei windstillen Verhältnissen ohne Niederschlag erreicht werden. Diese Höchstwerte sind von Station zu Station verschieden und reichten im Jahr 2019 von 15 Bq/m^3 in Waltersholz/AG bis 35 Bq/m^3 in Bellinzona/TI.

Einführung

Das im Jahr 2018 offiziell in Betrieb genommene Messnetz URAnet aero überwacht die Radioaktivität in der Umgebungsluft. Das Messnetz besteht aus 15 in der ganzen Schweiz verteilten Messstationen, auf denen Aerosolmonitore die Aktivitätskonzentrationen der auf Luftpartikeln gebundenen Radionuklide kontinuierlich messen und diese Messwerte per Mobilfunknetz übertragen. Fünf Messstandorte verfügen zusätzlich über einen Iod-Monitor, der aus dem Vorgängermessnetz RADAIR in URAnet aero integriert wurde. Dieser misst die ^{131}I Aktivitätskonzentration (gasförmig und partikelgebunden).

Das Ziel von URAnet aero ist einerseits die Überwachung der Immissionen in der Luft zur Abschätzung der Dosis für die gesamte Bevölkerung, andererseits eine rasche und zuverlässige Alarmübertragung und Alarmvalidierung im Falle einer erhöhten Aktivitätskonzentration eines künstlichen Radionuklids. Zu diesem Zweck wird in diesem Messnetz eine moderne Messtechnik eingesetzt, die die Identifizierung und Quantifizierung von Radionukliden mit den von internationalen Empfehlungen geforderten Nachweisgrenzen erlaubt. Da der Luftdurchsatz von URAnet aero Monitoren von 16 bis $18 \text{ m}^3/\text{h}$ um einiges tiefer liegt als bei den HVS (ca. $500 \text{ m}^3/\text{h}$ bei 1 Woche Sammelzeit, siehe Kapitel 4.1), liegen auch die Nachweisgrenzen höher, aber immer noch weit unter dem Immissionsgrenzwert.

Von den 15 Messstationen befinden sich je eine Station nördlich des Juras (Basel) und südlich der Alpen (Bellinzona) und die restlichen Stationen im Mittelland zwischen Genf und dem Bodensee, mit einer besonderen Verdichtung des Messnetzes in der Umgebung der Kernkraftwerke.

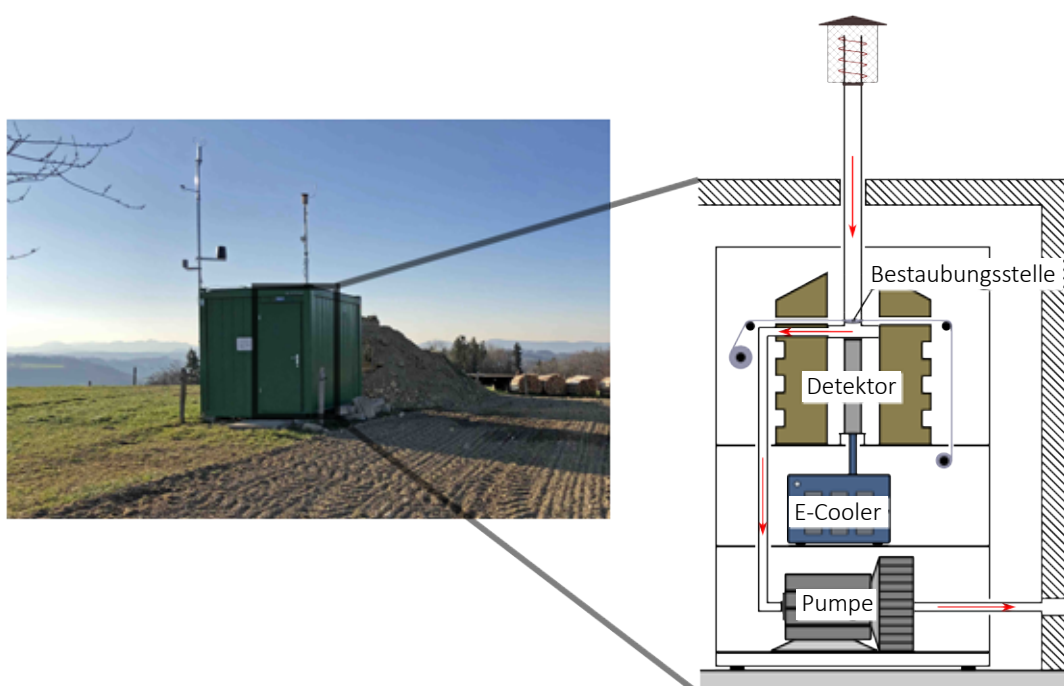
Die Messgeräte sind eingebunden in das SwissMetNet der MeteoSchweiz, welche die Messwerte auf die Server der Sektion Umweltradioaktivität transferiert, von wo aus sie für eine Analyse und gegebenenfalls eine Alarmvalidierung verfügbar gemacht werden. Daneben speichert die MeteoSchweiz alle Messwerte in ihrer eigenen zentralen Datenbank (DataWareHouse).

Die 12-Stunden-Mittelwerte der Radionuklide ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^7Be , ^{60}Co , ^{131}I , ^{214}Bi und ^{214}Pb sind auf der Internet-Plattform Radenviro für die Öffentlichkeit einsehbar (www.radenviro.ch).

Messmethodik

Aerosolsammler:

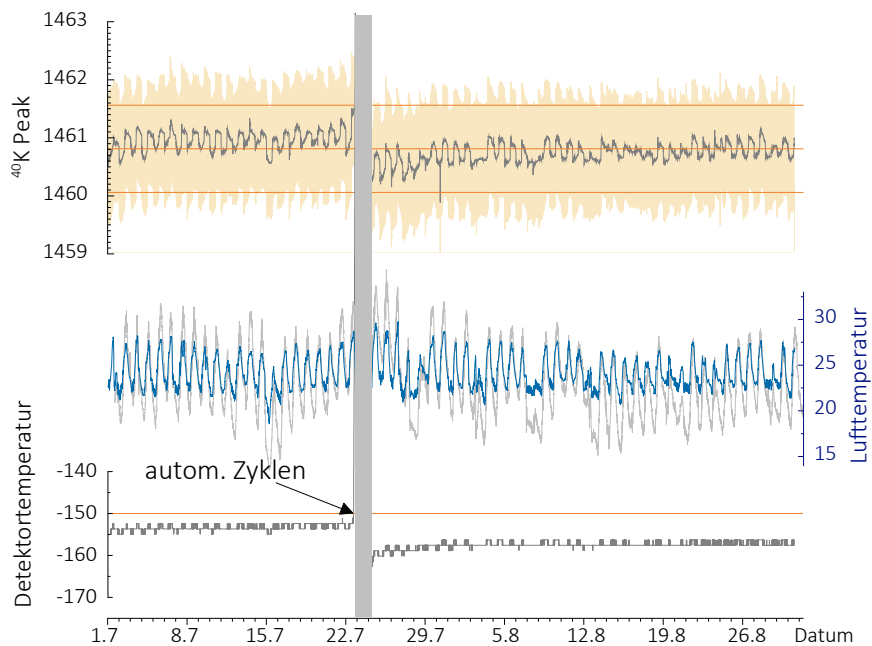
Die Aerosolmonitore - vereinfacht dargestellt in Figur 1 - sind ausgestattet mit einem Reinstgermanium-Detektor mit 15% relativer Effizienz gegenüber einem 3x3" Natriumjodid-Detektor. Zur Abschirmung vor



Figur 1:

Vereinfachtes Schema des Aerosolmonitors. Der Weg der angezogenen Luft ist mit roten Pfeilen angedeutet. Die wesentlichen Elemente des Monitors sowie die Funktionsweise sind im Text erklärt. (Bild der Messstation in Waltersholz/AG. Am Mast neben dem Ansaugkopf befinden sich Wind-, Regen- und Temperatursensoren)

Umgebungsstrahlung ist dieser Detektor in einem runden Blei-Gehäuse installiert. Etwa 1cm über dem Detektor liegt ein Glasfaser-Filterband, durch welches Aussenluft mit einem Durchfluss von 16 bis 18 m³/h gepumpt wird. Als Support des Filterbands wird ein metalliger Messstellenring mit gleichem Durchmesser wie das Bleigehäuse verwendet, welcher im Messbetrieb von vier Schraubenfedern an das Bleigehäuse gepresst und durch O-Ringe abgedichtet wird. Bei der Bestäubungsstelle hat dieser Messstellenring ein Loch von 5cm Durchmesser, bei welchem die angesaugte Luft das Filterband passiert. Das Filterband wird alle 12 Stunden um 10 cm vorgeschoben, so dass wieder eine neue Filterfläche bestaubt wird und die bereits bestaubte Filterfläche ausserhalb des Bleigehäuses zu liegen kommt. Dadurch wird verhindert, dass die weiterhin abklingenden Radionuklide des alten Filters weitere Counts während der Bestäubungszeit des aktuellen Filters verursachen. Bei einem Filterbandvorschub wird den vier Schraubenfedern durch die Druckluft eines Kompressors entgegengedrückt, sodass sich das Filterband durch die entstehende Lücke frei bewegen kann. Das Bleigehäuse verfügt über einen Einlass für die Luftansauglinie und einen Ausgang für den Luftabzug. Eine Kunststoff-Abdeckung, die luftdicht an der Innenseite des Bleigehäuses angebracht ist, liegt



Figur 2:
 Messparameter der Station Bellinzona von Juli bis August 2019. Oben: Gemessene Lage des ^{40}K Peaks im Spektrum (grau) mit der Halbwertsbreite (gelbe Fläche), zusammen mit dem Referenzwert von 1'460.81 keV und der Breite des Suchintervalls von ± 0.75 keV (orange). Mitte: Lufttemperatur in der Umgebung (grau) und nach der Bestäubungsstelle (blau). Unten: Temperatur des Detektors. Die orange Linie zeigt die Schwelle von -150°C für das automatische Zyklen, welche am 22. Juli überschritten wurde. Danach konnten etwa zwei Tage lang keine Messwerte aufgenommen werden, bis der Germaniumkristall wieder abgekühlt war (grau markiert).

zwischen dem Detektor und dem Filterband und trennt somit den Detektor von der Zirkulation der angesogenen Aussenluft.

Die in diesem Setup verwendete Gamma-Spektrometrie mit Germanium-Kristallen erlaubt die Aufnahme von hochaufgelösten Spektren im Energiebereich zwischen 30 und 2'000 keV mit Peak-Halbwertsbreiten zwischen 1 keV und 2.5 keV. Dadurch können die einzelnen Peaks eindeutig den verschiedenen Radionukliden zugeordnet und über die Peak-Fläche die Aktivität bestimmt werden. Nach einem Filterbandvorschub beginnt die Pumpe sofort mit dem Ansaugen von Aussenluft mit 16 bis 18 m^3/h und der Detektor mit der Akquisition des Spektrums. Alle 5 Minuten wird das Spektrum neu ausgewertet und auf Grenzwertüberschreitungen geprüft, womit die Information der zeitlichen Entwicklung der Peak-Fläche in der Auswertung abgespeichert ist. Die unten präsentierten Werte beziehen sich auf 12-Stunden-Mittelwerte, d.h. die Aktivitätskonzentrationen werden unter der Annahme berechnet, dass seit dem letzten Filterbandvorschub immer eine konstante Aktivitätskonzentration in der Luft vorherrscht.

Die Germanium-Kristalle reagieren sehr sensibel auf Veränderungen in den Umgebungsbedingungen und müssen auf eine Temperatur von unter -150°C gekühlt werden, damit die angelegte Hochspannung keinen Schaden am Detektor verursacht. Da eine Kühlung mit Flüssigstickstoff auf 15 Messstationen nicht praktikabel ist, sind die Detektoren elektrisch durch einen E-Cooler von Ortec gekühlt. Das kontinuierlich Ansaugen von Aussenluft führt jedoch unweigerlich zu Temperaturschwankungen im Messsystem. Aus diesem Grund erfährt die gemessene Lufttemperatur nach dem Filter eine Modulation in Abhängigkeit der Aussentemperatur, wie Figur 2 (mitte) am Beispiel der Messstation von Bellinzona zwischen Juli und August 2019 zeigt. Interessant ist die sehr gute Korrelation zwischen dieser Temperaturschwankung und der gemessenen Lage des ^{40}K Peaks bei 1460.81 keV (Figur 2, oben). Die gemessene Lage weicht aber in der Regel um weniger als 0.5 keV von 1460.81 keV ab und liegt damit gut innerhalb des Suchfensters von ± 0.75 keV. Um zu verhindern, dass der Peak bei einer konstanten längeren Drift aus dem Suchfenster herausläuft, führt das Gerät vor einem Filterbandvorschub eine Neukalibrierung der Energie mit den gemessenen Radontöchtern und ^{40}K durch. Durch diese automatische Regelung stellt das Messsystem sicher, dass die Energie der Gammaquanten über den gesamten Energiebereich auch bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen korrekt und zuverlässig gemessen wird. Damit die 1460.81 keV-Linie in jedem Spektrum vorhanden ist und damit eine Regelung durchgeführt werden kann, wurde eine sehr schwache ^{40}K im System integriert. Auf die Halbwertsbreite haben die beobachteten Schwankungen nur wenig Einfluss.

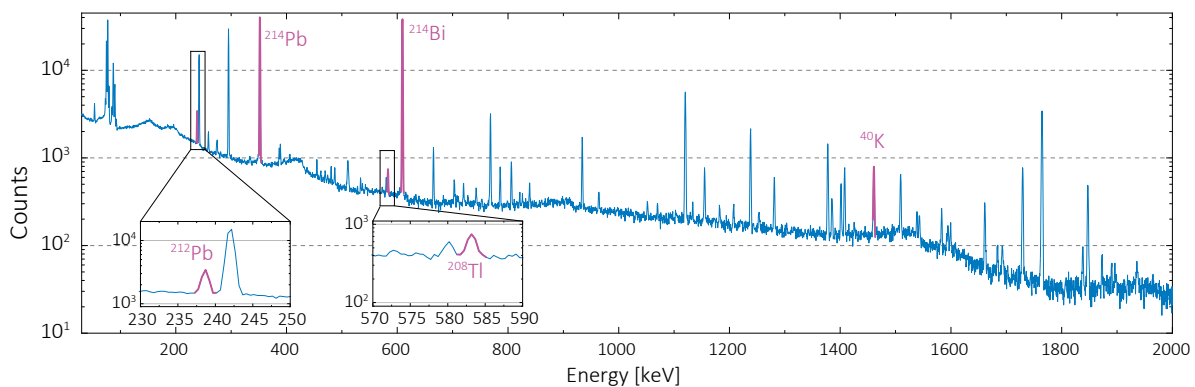
Probleme können jedoch auftreten, wenn die Wärmeisolation eines Detektors nach einigen Betriebsjahren allmählich nachlässt. Erwärmt sich ein Detektor auf -150°C , dann muss zum Schutz des Germanium-Kristalls die Hochspannung heruntergefahren und der Kristall auf Raumtemperatur aufgewärmt und wieder abgekühlt werden (sog. zyklieren, siehe Figur 2, unten). Während dieser Zeit können keine Aktivitätskonzentrationen gemessen werden. Falls ein Detektor wiederholt aufgewärmt werden muss, dann deutet dies auf Probleme der Wärmeisolation hin, die durch den Gerätehersteller behoben werden müssen.

¹³¹I-Monitor:

Die Umgebungsluft wird durch eine Pumpe angesaugt und durch eine zylindrische Kartusche mit AgNO₃-Granulat gezogen. Falls sich ¹³¹I in der Luft befindet, wird dieses am AgNO₃-Granulat adsorbiert und verbleibt damit in der Kartusche. In der Mitte der zylindrischen Kartusche befindet sich ein NaI-Detektor, der die vom adsorbierten ¹³¹I emittierten Gammaquanten bei 364.49 keV registriert.

Messresultate

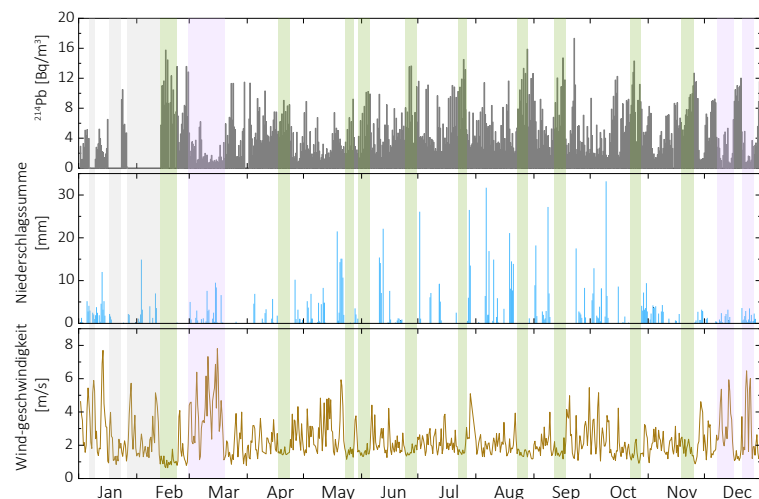
Figur 3 zeigt ein typisches Spektrum gegen Ende der Bestaubungszeit von 12 Stunden. Die Hauptlinien der Radontöchter ²¹⁴Pb und ²¹⁴Bi aus der Uran-Radium-Zerfallsreihe sind die prominentesten Peaks im Spektrum. Die Hauptlinien von ²¹²Pb und ²⁰⁸Tl aus der Thorium-Zerfallsreihe sind ebenfalls im Spektrum zu finden, ebenso der ⁴⁰K Peak bei 1460.81 keV. Die Hauptlinie von ²¹²Bi – ebenfalls aus der Thorium-Zerfallsreihe – bei 727.3 keV

**Figur 3:**

Gamma-Spektrum der Station Bellinzona vom 6. Juli nach einer Bestaubungszeit von 12 Stunden. Die Hauptlinien der identifizierten Radontöchter ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi, ²¹²Pb und ²⁰⁸Tl und von ⁴⁰K sind rot hervorgehoben. ²¹²Bi konnte in diesem Spektrum nicht nachgewiesen werden. Alle anderen Linien im Spektrum sind Nebenlinien der Radontöchter ausser dem Annihilationspeak bei 511 keV.

kann aufgrund der geringen Emissionswahrscheinlichkeit nicht immer im Spektrum nachgewiesen werden. Aufgrund der fortlaufenden Bildung von ²¹²Bi und ²⁰⁸Tl auf dem Partikelfilter durch das bereits abgelagerte ²¹²Pb ist es dann auch schwierig, aus diesen kleineren Peaks eine tatsächliche Aktivitätskonzentration von ²¹²Bi und ²⁰⁸Tl in der Luft abzuleiten. Alle anderen (nicht markierten) Peaks im Spektrum sind ausser dem Annihilationspeak bei 511 keV Nebenlinien von den oben genannten Radionukliden.

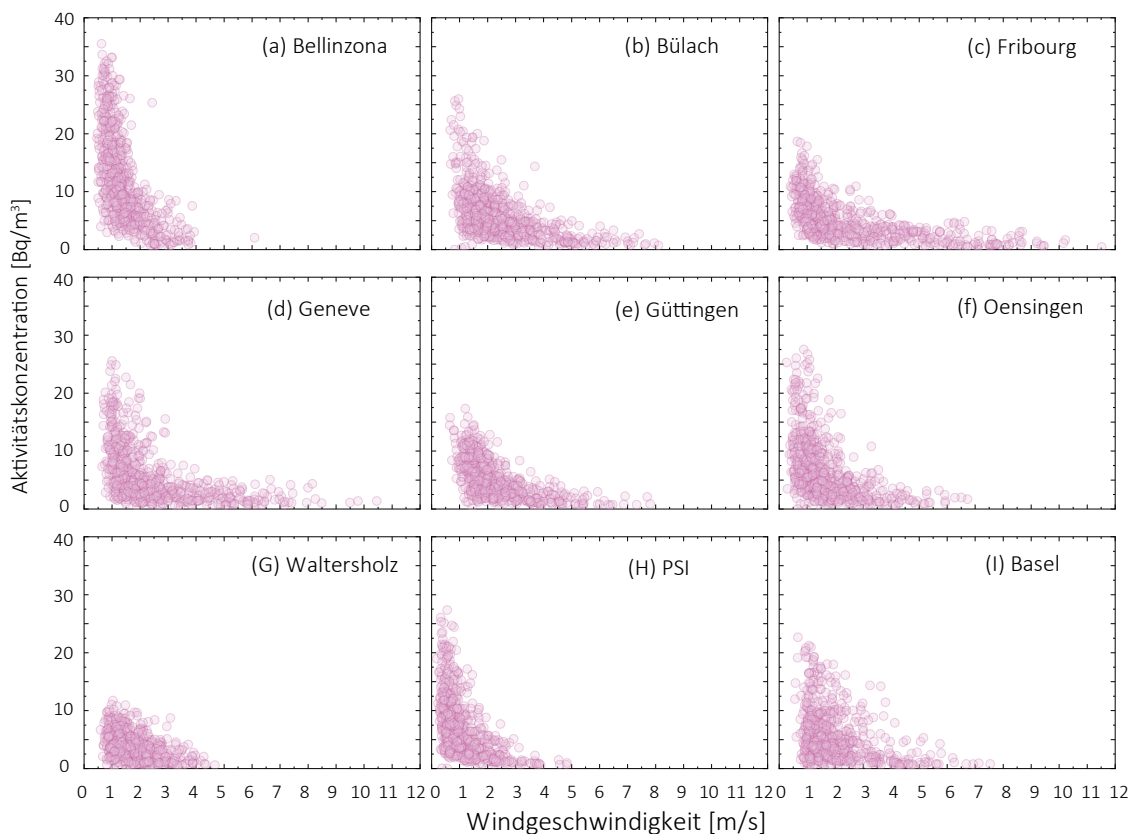
Wie schon im Jahr 2018 konnte auch im Jahr 2019 kein künstliches Radionuklid in den Spektren nachgewiesen werden. In wenigen Spektren kann ein kleiner Peak bei 477.3 keV vom Zerfall des kosmogenen ⁷Be beobachtet werden. Hingegen können die Radontöchter ²¹⁴Pb und ²¹⁴Bi meist bereits nach kurzen Bestaubungszeiten von weniger als einer halben Stunde mit hoher Sicherheit nachgewiesen werden. Ihre Aktivitätskonzentrationen

**Figur 4:**

12-Stunden Mittelwerte der Aktivitätskonzentration von ²¹⁴Pb (oben) und Windgeschwindigkeit (unten), sowie die 12-Stunden Niederschlagssumme (Mitte) der Messstation Güttingen von Januar bis Dezember 2019. Im Januar und anfangs Februar war das Messgerät teilweise von technischen Problem betroffen, sodass keine Messungen durchgeführt werden konnten (grau markiert). Abschnitte, bei denen während mehrerer Tage hohe Windgeschwindigkeit und Niederschlag gemessen wurden, sind violett hervorgehoben und Abschnitte, bei denen windstille Verhältnisse ohne Niederschlag vorherrschen, sind grün markiert.

sind bestimmt durch die Eigenschaften des Bodens und die vorherrschenden meteorologischen Bedingungen. Figur 4 zeigt die 12-Stunden Mittelwerte der Aktivitätskonzentration von ^{214}Pb und der Windgeschwindigkeit, sowie die 12-Stunden Niederschlagsmenge in Güttingen zwischen Januar und Dezember 2019. Die Datenlücken im Januar und anfangs Februar aufgrund von technischen Problemen sind in der Figur markiert. Herausgehoben sind Abschnitte, in denen während mehreren Tagen windige und regnerische Verhältnisse (violett), bzw. windstille Verhältnisse ohne Niederschlag vorgeherrscht haben (grün). In ersterem Fall ist deutlich zu erkennen, dass die Radontöchter entweder rasch fortgetragen und mit der freien Troposphäre vermischt oder ausgewaschen werden. Letzteres sind Bedingungen, die meist zu höheren ^{214}Pb Aktivitätskonzentrationen führen, wenn auch nicht zwingend. Mitte April und Ende Mai/anfangs Juni sind die Aktivitätskonzentrationen trotz günstigen Verhältnissen nicht sehr hoch. Im Allgemeinen lässt der Trend aber eine inverse Beziehung zwischen Aktivitätskonzentrationen und Windgeschwindigkeit/Niederschlag vermuten.

Figur 5 zeigt die 12-Stunden-Mittelwerte der ^{214}Pb Aktivitätskonzentration als Funktion der ebenfalls über 12 Stunden gemittelten Windgeschwindigkeit für Güttingen und 8 weitere Messstationen im Jahr 2019. Auf den meisten Stationen zeigt bereits diese Darstellung ohne Berücksichtigung von weiteren meteorologischen Einflüssen wie Niederschlag, Temperaturvariationen oder Inversionsdauern deutlich, dass hohe Windgeschwindigkeiten keine hohen ^{214}Pb Aktivitätskonzentrationen zulassen und vice versa, d.h. hohe ^{214}Pb Aktivitätskonzentrationen können nur bei geringen Windgeschwindigkeiten gemessen werden. Bei wenigen Stationen wie Basel und Waltersholz ist die Beziehung etwas weniger stark ausgeprägt, was aber auch mit den lokalen Bedingungen der Messstation zusammenhängen kann.

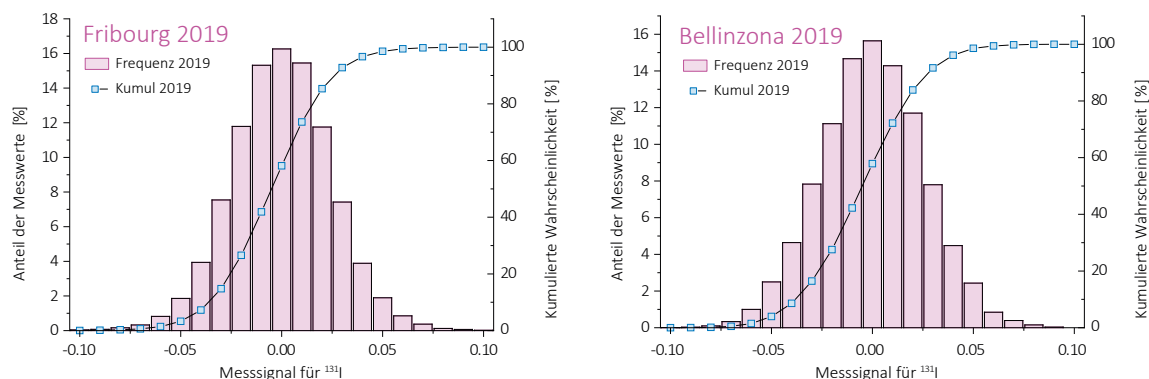


Figur 5:
12-Stunden Mittelwerte der Aktivitätskonzentration von ^{214}Pb als Funktion der 12-Stunden Mittelwerte der Windgeschwindigkeit für neun Messstationen.

Die Bodeneigenschaften beeinflussen vermutlich die Maximalwerte, die bei geringen Windgeschwindigkeiten erreicht werden können. In Waltersholz, Güttingen und Fribourg bleiben die ^{214}Pb Aktivitätskonzentration unter 20 Bq/m^3 während in Oensingen, Genf und Bülach über 25 Bq/m^3 und in Bellinzona über 35 Bq/m^3 gemessen werden können. Es gilt zu beachten, dass die Windgeschwindigkeiten jeweils von der nächstgelegenen Meteoschweiz-Messstation gemessen wurden, die sich in wenigen Fällen in unmittelbarer Umgebung befinden (Güttingen, PSI), aber vielfach mehrere Kilometer von der Radioaktivitätsmessstation entfernt sind.

Aus diesem Grund werden anfangs 2020 auf den Stationen in Waltersholz (siehe Figur 1), Kaisten, Neuenhof, Bellinzona, Bözberg eigene Meteostationen in Betrieb genommen. Zudem ist geplant, die Wettermessungen der ETH für die Station in Oensingen zu verwenden, die auf dem benachbarten Feld durchgeführt werden.

Auch bei den fünf ^{131}I Monitoren auf den Stationen in Bellinzona, Genf, Fribourg, Liebefeld und PSI wurde bei keiner Messung im Jahr 2019 die Nachweisgrenze überschritten. Die Histogramme der durchschnittlichen ^{131}I Konzentration gemessen auf den Stationen in Bellinzona und Fribourg in Figur 6, zeigen eine Gaußsche Glockenkurve mit einem Mittelwert von Null. Dies entspricht der erwarteten Verteilung für eine Situation mit ^{131}I Konzentrationen in der Luft unterhalb der Nachweisgrenze



Figur 6: Histogramm des Messsignal für ^{131}I auf den Stationen in Bellinzona und Fribourg im Jahr 2019.

Schlussfolgerung

Im zweiten offiziellen Betriebsjahr hat sich gezeigt, dass durch die automatischen Regulierungen, die für die sensible Technik der Gamma-Spektrometrie mit Germanium-Kristallen notwendig sind, auch unter anspruchsvollen Bedingungen zuverlässig hochwertige Gamma-Spektren erzeugt werden. In diesen Spektren wurde im Jahr 2019 sowohl von den Aerosolmonitoren wie auch von den ^{131}I Monitoren zwar kein künstliches Radionuklid gefunden, aber die Qualität der Peaks der natürlich vorkommenden Radontöchter bestätigen die Funktionstüchtigkeit der Messgeräte.

Chapitre / Kapitel 4

Environnement Umwelt

2019

- Aérosols et précipitations
- URAnet Aero
- Surveillance de l'air avec des avions militaires
- Systèmes aquatiques, URAnet Aqua
- Tritium dans l'Aar
- Eaux potables
- Sols et herbe
- Aérosol und Niederschlag
- URAnet Aero
- Überwachung der Luft mit Militärflugzeugen
- Aquatische System, URAnet Aqua
- Tritium in der Aare
- Trinkwasser
- Boden und Gras