



**Cristina Poretti, Adrian Hess, Gerald Scharding**

**19.06.2020**

---

# Übung Aeroradiometrie 2020

**vom 15. bis 19.06.2020**

Übungsbericht und Messresultate

---



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
1.1	Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2020.....	3
<b>2</b>	<b>Übung “Aeroradiometrie 2020”</b> .....	<b>4</b>
2.1	Messflüge in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen.....	4
2.2	Städtemessung St. Gallen .....	4
2.3	Dichtbesiedeltes Gebiet an der Zürichseeküste .....	4
2.4	Übung auf dem Waffenplatz Thun.....	4
2.5	Steigflug über dem Thunersee.....	5
2.6	Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams .....	5
2.7	Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden .....	6
2.8	Wissenschaftlicher Bericht.....	6
2.9	Beteiligte Partnerorganisationen.....	6
<b>3</b>	<b>Resultate der Übung ARM20</b> .....	<b>8</b>
3.1	Standardmessprogramm um die Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau sowie um das Paul Scherrer Institut und das ZWILAG .....	8
3.2	Teile der Notfallschutzzone 2 um KKL, KKB, PSI, ZWILAG und westliche Teile des Kantons Zürich .....	12
3.3	Stadt St. Gallen und Umgebung .....	14
3.4	Zürichseeküste .....	15
3.5	Übung auf dem Waffenplatz Thun.....	19
<b>4</b>	<b>Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 2020</b> .....	<b>24</b>
<b>Anhang A:</b>	<b>Aeroradiometrie allgemein</b> .....	<b>25</b>

## 1 Zusammenfassung

Im Rahmen der jährlichen aeroradiometrischen Messkampagne der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) wurden dieses Jahr zwischen dem 15. und 19. Juni 2020 vier verschiedene Gebiete überflogen und ausgemessen.

Am ersten Tag wurden routinemässige Flüge in der Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt durchgeführt. Am 16. Juni fanden Messflüge im östlichen Teil der Notfallschutzzone 2 bis 20 km um das Kernkraftwerk Beznau in den Kantonen Aargau und Zürich statt, damit die bestehenden Messlücken geschlossen werden konnten. Zwei dicht besiedelte Gebiete wurden am Mittwoch 17. Juni überflogen, nämlich die Zürichseeküste und die Stadt St. Gallen. Aufgrund der ungünstigen Wetterlage musste der Messflug über der linken Zürichseeküste abgebrochen werden. Am Donnerstag 18. Juni wurde eine Übung auf dem Waffenplatz Thun mit verschiedenen Messmitteln und Partnern der Probenahme- und Messorganisation durchgeführt. Am letzten Tag wurde der Messflug über der Zürichseeküste teilweise wiederholt und vervollständigt.

### 1.1 Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2020

1. Für alle Messgebiete konnten radiologische Messkarten erstellt werden, welche die normale Radioaktivität abbilden. Es wurden keine ungewöhnlichen Werte festgestellt.
2. In der Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt wurde ausserhalb der Betriebsareale keine Radioaktivität festgestellt, die gegenüber dem natürlichen Untergrund erhöht wäre. Es wurden keine Änderungen verglichen mit den Messresultaten der Vorjahre registriert.
3. Mit den Ergänzungsmessungen in den Kantonen Aargau und Zürich sind jetzt Referenzmessungen für die gesamten Notfallschutzzonen 1 und 2 von den Kernkraftwerken Beznau und Leibstadt vorhanden. Zudem konnte das Messgebiet in Richtung Zürich um ca. 20 km ausgedehnt werden.
4. Dank der Wiederholung des Messfluges über der linken Zürichseeküste unter veränderten Wetterbedingungen wurden wissenschaftlich interessante Messwerte gewonnen.
5. Die neue Messtechnik, welche durch die NAZ seit 2018 eingesetzt wird, hat sich insbesondere für die Durchführung des Flugs und für die Auswertung während des Flugs bewährt. Deren Handhabung wurde routinierter.
6. Vier neue Operatoren (Messspezialisten) wurden während dieser Messkampagne auf dem Messsystem ausgebildet und eingesetzt. Somit konnte das Messteam mit neuen Mitgliedern verstärkt werden.
7. Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

## **2 Übung “Aeroradiometrie 2020”**

Die diesjährigen Messflüge fanden vom 15. bis 19. Juni 2020 statt. Start- und Landebasis für die Flüge waren die Flugplätze Dübendorf und Thun.

### **2.1 Messflüge in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen**

Alle Schweizer Kernanlagen werden im Auftrag des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) im Zweijahresrhythmus aeroradiometrisch untersucht. Turnusgemäss wurde dieses Jahr die Umgebung der Kernkraftwerke Leibstadt (KKL) und Beznau (KKB), des Paul Scherrer Instituts (PSI) und des ZWILAG vermessen.

Dieses Jahr wurden in der Umgebung von KKL, KKB, PSI und ZWILAG zusätzlich zum Standard-Messprogramm zwei Gebiete überflogen und einige Fluglinien verlängert, um Lücken zu schliessen und die in der Vergangenheit untersuchten Bereiche zu einem flächendeckenden Gebiet zu vervollständigen. Damit sind nun Referenzwerte für die gesamten Notfallschutzzonen 1 und 2 der KKB und KKL vorhanden.

### **2.2 Städtmessung St. Gallen**

Seit mehreren Jahren verfolgt die NAZ ein Städtmessprogramm mit dem Ziel, Nullmessungen von Schweizer Städten und grösseren Gemeinden zu erhalten. Diese Messdaten werden vorsorglich erhoben für den Fall, dass nach einem Ereignis der Verdacht auf erhöhte Radioaktivität besteht und deswegen Messflüge durchgeführt werden. Durch den Vergleich der nach dem Ereignis erhobenen Messdaten mit der Referenzmessung können Abweichungen einfacher erkannt werden. Die NAZ verfügt inzwischen über Messkarten zahlreicher Schweizer Städte, darunter die 15 grössten Schweizer Städte mit Ausnahme von Lugano.

### **2.3 Dichtbesiedeltes Gebiet an der Zürichseeküste**

Die Stadt Zürich wurde 2012 aeroradiometrisch vermessen. Messflüge über den Gemeinden Meilen, Männedorf und Stäfa haben im Jahr 2017 im Rahmen einer internationalen Übung stattgefunden. Es wurde entschieden, dieses Jahr die restliche Zürichseeküste auszumessen, da in diesem Gebiet ca. 175'000 Personen leben.

Bei diesem Messflug wurden die Fluglinien teilweise manuell geflogen, damit für die Datenerhebung besser der Küstenlinie gefolgt werden konnte. Die Flugrouten wurden dynamisch durch die Piloten, in Absprache oder gemäss Weisungen der ARM-Operatoren, definiert und durchgeführt. Mit dem neuen ARM-System können die ARM-Operatoren auf einem Bildschirm im Cockpit Karten einblenden und den Piloten über die Bordkommunikation mündlich Anweisungen erteilen. Die Piloten führen danach den Flug gemäss Absprache durch, damit keine Messlücken zwischen den Fluglinien entstehen.

Dieses Einsatzverfahren wird regelmässig trainiert, da im Ereignisfall situativ reagiert werden muss, um beispielsweise Zielgebiete bei der Suche radioaktiver Quellen einzugrenzen oder kontaminiertes Gelände genauer zu lokalisieren. Diese Flüge boten optimale Übungsverhältnisse für die Ausbildung und das Training der Messequipe und der Piloten.

### **2.4 Übung auf dem Waffenplatz Thun**

Am Donnerstag 18. Juni hat auf dem Waffenplatz Thun eine Übung mit verschiedenen Messmitteln und Partnern der Probenahme- und Messorganisation stattgefunden. Das erste

Ziel des ARM-Teams war, versteckte Quellen zu finden, genau zu lokalisieren (Koordinaten) und zu identifizieren (Radionuklide). Die gleiche Aufgabe hat auch ein Drohnen-Team ausgeführt, für welches kleinere Messgebiete definiert wurden. Das zweite Ziel war eine Vergleichsmessung mit fünf verschiedenen Messsystemen, um die Kalibration des ARM-Systems zu überprüfen. Diese Systeme sind die "Radiometrie Land" (Bodenradiometrie), eine Drohne, In-Situ Gamma Spektrometrie, das Schweizer Referenzgerät für Umgebungsdosisleistung und ein Handmessgerät zur Messung der Dosisleistung zusammen mit RouteMonitoring. Dieses zweite Ziel wird im Detail in dem wissenschaftlichen Bericht des PSI ausgewertet und kommentiert.

## 2.5 Steigflug über dem Thunersee

Um aus den effektiv gemessenen Bruttowerten den Anteil der Strahlung zu bestimmen, der vom Boden und aus den zwischen Boden und Helikopter befindlichen Luftschichten stammt, müssen Korrekturfaktoren ermittelt werden. Die dafür benötigten Kennzahlen werden regelmässig im Rahmen von Steigflügen über Seen bestimmt, wo das Wasser die natürliche Radioaktivität aus dem Boden abschirmt und somit der kosmische Anteil der natürlichen Strahlung in verschiedenen Höhen gemessen wird. Am Donnerstag wurden zwei solche Steigflüge über dem Thunersee durchgeführt und dabei zwei verschiedene Vorgehensweisen für die Datenakquisition angewendet. Aufgrund eines detaillierten Vergleichs der erfassten Daten wird im Nachgang eines der Vorgehen als Standard für künftig zu messende Höhenprofile definiert werden. Diese Messungen des Höhenprofils der kosmischen Strahlung dienen zudem der jährlichen Charakterisierung der Detektoren.

## 2.6 Weitere Ziele des Aeroradiometrie-Teams

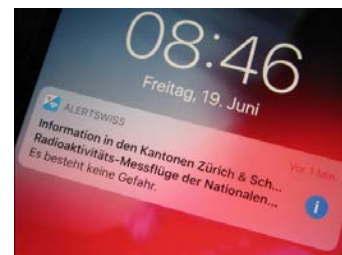
Folgende weitere Ziele sollten in der Messwoche erreicht werden:

- Zeitgerechter Einbau und zeitgerechtes Erstellen der Einsatzbereitschaft des Messsystems.
- Training der für einen Einsatz notwendigen Kenntnisse bezüglich:
  - Vorbereitung eines Einsatzes
  - Bedienung der Geräte im Einsatz
  - Auswertung und Interpretation der Resultate vor Ort
  - Training der Piloten für den Aeroradiometrie-Einsatz
- Training der Kommunikation zwischen Piloten und Messequipe (bspw. Instruktion der Piloten durch die Operatoren).
- Darstellung der Messresultate: Zusammenstellung und Interpretation der Resultate innert 2 Stunden nach dem Messflug.
- Verbesserung und Festigung der Kenntnisse für den Betrieb des erst seit 2018 durch die NAZ eingesetzten ARM-Systems.
- Finalisierung des Ausbildungsprogrammes für neue ARM-Operatoren.
- Überprüfung und Aktualisierung der Einsatzdokumentation.

## 2.7 Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden

Aufgrund der Lärmemissionen des Messhelikopters wurde Wert auf eine umfassende Vorabinformation der Bevölkerung gelegt. Dazu wurden die Behörden aller betroffenen Schweizer Gemeinden sowie die Kantonspolizei aller betroffenen Kantone schriftlich über die bevorstehenden Flüge orientiert und gebeten, bei allfälligen Fragen aus der Bevölkerung auf die NAZ zu verweisen.

In einer Medienmitteilung wurden am 10.06.2020 die Messflüge angekündigt. Partner und Behörden wurden vorab aktiv informiert. Während der Messwoche wurden Informationsmeldungen über die [Alertswiss](#)-Kanäle des BABS (App, Website und Twitter) abgesetzt. Anpassungen des Flugplans aufgrund der Wetterbedingungen wurden auf der NAZ-Website publiziert.



Ein Artikel über die Messwoche auf dem Alertswiss-Blog ist in Planung. Zu diesem Zweck wurde während der Messwoche gemeinsam mit dem Zentrum Elektronische Medien der Armee ein Video gedreht. Diverse Anfragen von Behörden, Medien und aus der Bevölkerung wurden vor und während der Messwoche beantwortet.

## 2.8 Wissenschaftlicher Bericht

Das PSI wird voraussichtlich bis Ende Jahr einen detaillierten wissenschaftlichen Bericht publizieren. In diesem Bericht wird u.a. die Charakterisierung des Detektors aufgrund des unter 2.5 beschriebenen Steigflugs und von Laboruntersuchungen vorgenommen und in der Auswertung berücksichtigt.

## 2.9 Beteiligte Partnerorganisationen

Folgende Organisationen waren in der Vorbereitung und Durchführung der Übung „Aeroradiometrie 2020“ involviert:

- Nationale Alarmzentrale (NAZ) und Stab BR NAZ
- Kompetenzzentrum ABC-KAMIR
- Schweizer Luftwaffe (LW)
- Kommando Ausbildung, Waffenplatz Thun
- Paul Scherrer Institut (PSI)
- Bundesamt für Gesundheit (BAG)
- Labor Spiez (LS)
- Institut de Radiophysique (IRA)
- Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI)
- ABC-Koordinatoren der Kantone AG, SG, SZ und ZH.

Die NAZ und das Aeroradiometrieteam danken allen Beteiligten für die gute Zusammenarbeit.



*Copyright Foto: Martin Michel*

### 3 Resultate der Übung ARM20

#### 3.1 Standardmessprogramm um die Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau sowie um das Paul Scherrer Institut und das ZWILAG

Turnusgemäss wurden dieses Jahr die Umgebung der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, PSI und ZWILAG aeroradiometrisch vermessen. Wie im Jahr 2018 wurde das Messgebiet im Auftrag der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (DSK) um das grenznahe Gebiet in Deutschland erweitert. Zudem wurde das Standardmessprogramm um das Gebiet um Bad Zurzach, Rietheim und Koblenz bis zur Landesgrenze ergänzt. Es ist vorgesehen, diese Teilgebiete künftig in das Standardprogramm zu integrieren.

Das Kernkraftwerk Leibstadt sowie beide Blöcke des Kernkraftwerks Beznau waren in Betrieb. Die Synchrotron-Anlage SLS des PSI war hingegen ausgeschaltet. Zum ersten Mal wurde auch das Gebiet des Linearbeschleunigers SwissFEL überflogen und ausgemessen. Letzterer war während der Messung in Betrieb.

##### 3.1.1 KKL, KKB, PSI und ZWILAG: Angaben Messflüge

Datum:	15. und 16.06.2020
Fluglinien:	Linienabstand 250 m, 55 Linien in Richtung NO-SW und 15 Linien in Richtung NW-SO
Flugzeit:	4h 12min
Fluggebiet:	ca. 175 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

##### 3.1.2 KKL, KKB, PSI und ZWILAG: Ortsdosisleistung

###### Ausserhalb der Betriebsareale der Kernanlagen:

Die Karte der Ortsdosisleistung (ODL) in Abbildung 1 zeigt keine Auffälligkeiten ausserhalb der Betriebsareale der Kernanlagen KKL, KKB, PSI und ZWILAG. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

In der Umgebung von Mandach gibt es eine bekannte natürliche Thorium-Anomalie. Die Thoriumkonzentration im Boden liegt dort über dem Schweizer Durchschnitt. Der Beitrag der aus diesem Thorium stammenden Strahlung zur Ortsdosisleistung ist sehr klein und auf der ODL-Karte (Abbildung 1) mit den verwendeten Farbabstufungen nicht zu erkennen.

Der Vergleich mit den Resultaten aus früheren Messungen in der Umgebung der Kernanlagen KKB, KKL, PSI und ZWILAG zeigte keine signifikanten Unterschiede.

###### Innerhalb des Betriebsareales:

Das Kernkraftwerk Leibstadt ist auf der Karte klar zu erkennen. Die Erhöhung der Ortsdosisleistung direkt über dem Kernkraftwerk Leibstadt ist zu erwarten, da bei Siedewasserreaktoren wie Leibstadt und Mühleberg Frischdampf mit Stickstoff N-16 aus dem Reaktor in das Maschinenhaus geleitet wird. Die Gammastrahlung des Stickstoffisotops N-16 kann somit unmittelbar über dem Maschinenhaus infolge geringerer Dachabschirmung aus der Luft gut detektiert werden. Aus dem Reaktor selber ist aufgrund der dicken Schutzhülle keine Gammastrahlung messbar. Vergleichbare Werte wurden bereits in den vergangenen Jahren beobachtet.



### Standardmessprogramm Beznau und Leibstadt

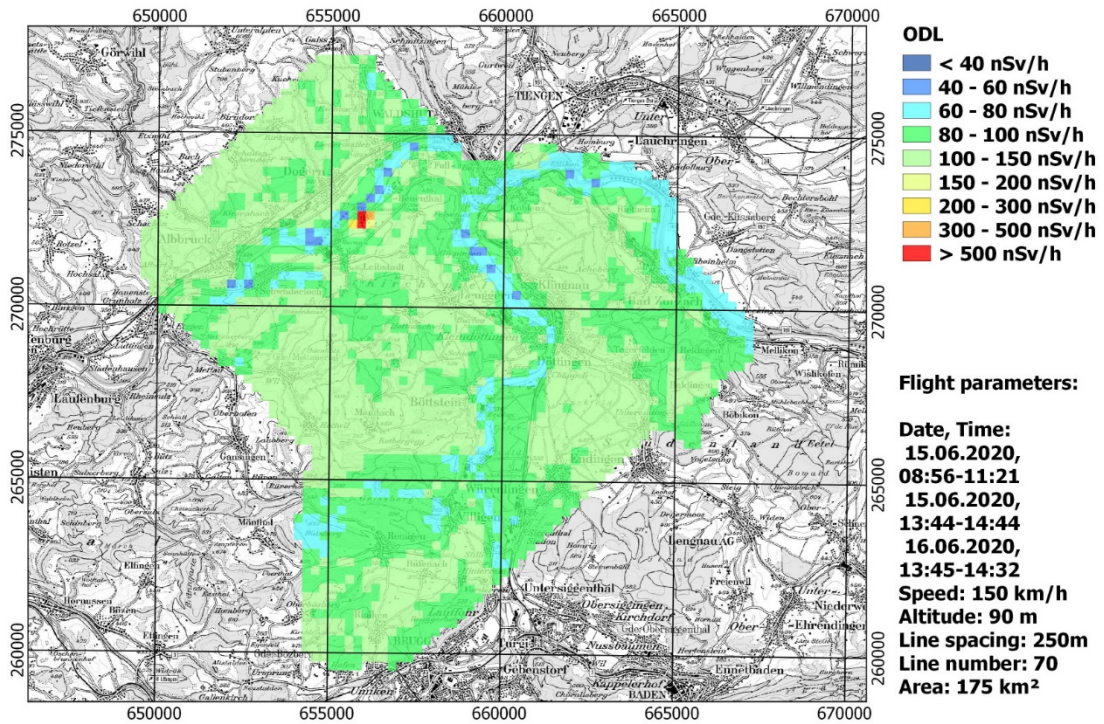


Abbildung 1: Karte der Ortsdosisleistung (ODL) in der Umgebung der Kernanlagen KKB, KKL, PSI und ZWILAG.

### 3.1.3 KKL, KKB, PSI und ZWILAG: MMGC-Verhältnis

In der Karte in Abbildung 2 wird das Verhältnis vom niederenergetischen zum hochenergetischen Anteil des Strahlen-Spektrums dargestellt. Weil die künstlich erzeugten Radioisotope meist nur  $\gamma$ -Strahlung niedriger Energie aussenden, entspricht dieses Verhältnis ungefähr demjenigen von künstlicher zu natürlicher Strahlung und wird als "Man made gross count (MMGC)" bezeichnet.

Ausserhalb des Betriebsareals des Kernkraftwerks Leibstadt wurden keine Auffälligkeiten festgestellt, die auf künstliche Radioaktivität hinweisen.

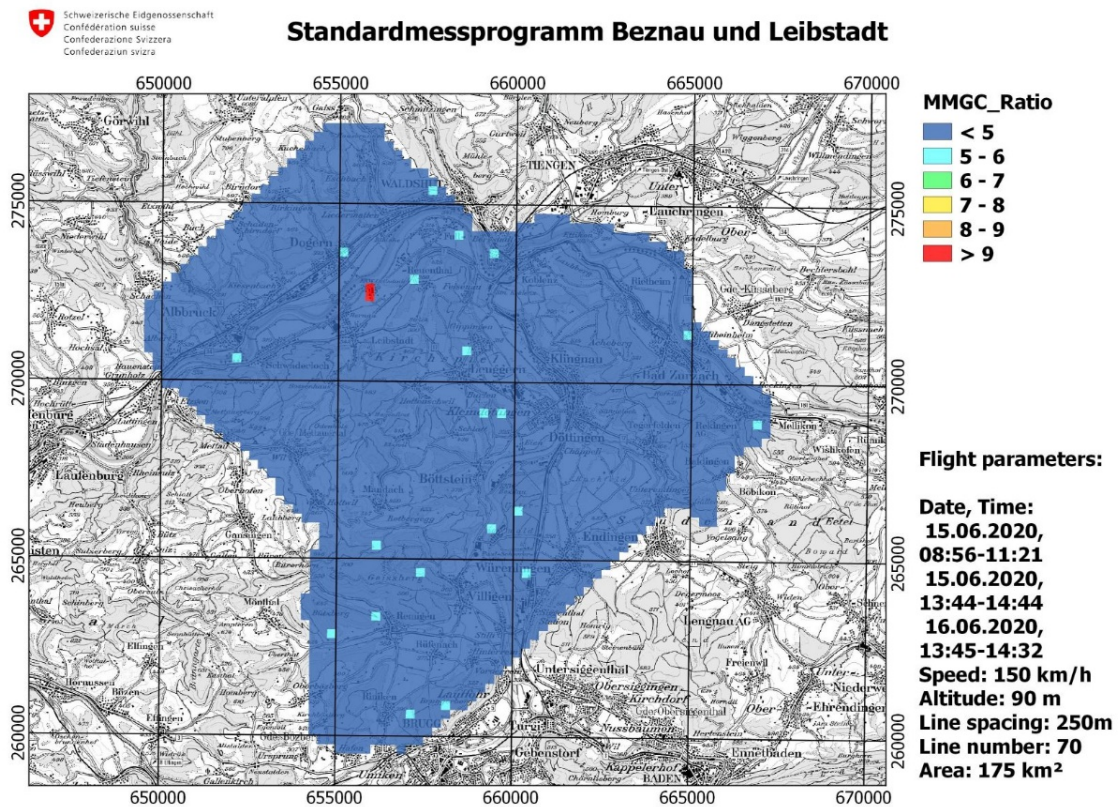


Abbildung 2: Karte des MMGC-Verhältnisses in der Umgebung der Kernanlagen KKB, KKL, PSI und ZWILAG.

### 3.1.4 KKL, KKB, PSI und ZWILAG: Thorium-232

Das nuklidspezifische Signal des Thorium-Isotopes Th-232 ist auf der Karte in Abbildung 3 dargestellt. Die in Abschnitt 3.1.2 erwähnte natürliche Thorium-Anomalie führt zu den grünen Flecken in der Umgebung von Mandach, südwestlich von Böttstein. Typische Werte für die Th-232-Konzentration liegen in der Schweiz bei 20 bis 30 Bq/kg, in der Umgebung von Mandach erreicht sie Werte bis 75 Bq/kg (vgl. Wissenschaftlicher Bericht: PSI Bericht Nr. 15-02, ISSN 1019-0643, Seiten 8-11 und 20-23).

Der erhöhte Messwert beim Kernkraftwerk Leibstadt kommt in Wirklichkeit nicht durch Th-232 zustande. Der in Abschnitt 3.1.2 erwähnte Zerfall von aktiviertem N-16 führt zur Emission von sehr hochenergetischen Photonen, die im gesamten darunterliegenden Energiebereich eine gewisse Streustrahlung zur Folge hat. Diese führt bei verschiedenen Radionukliden zu einer fiktiven Erhöhung der Messwerte, so auch bei Th-232.

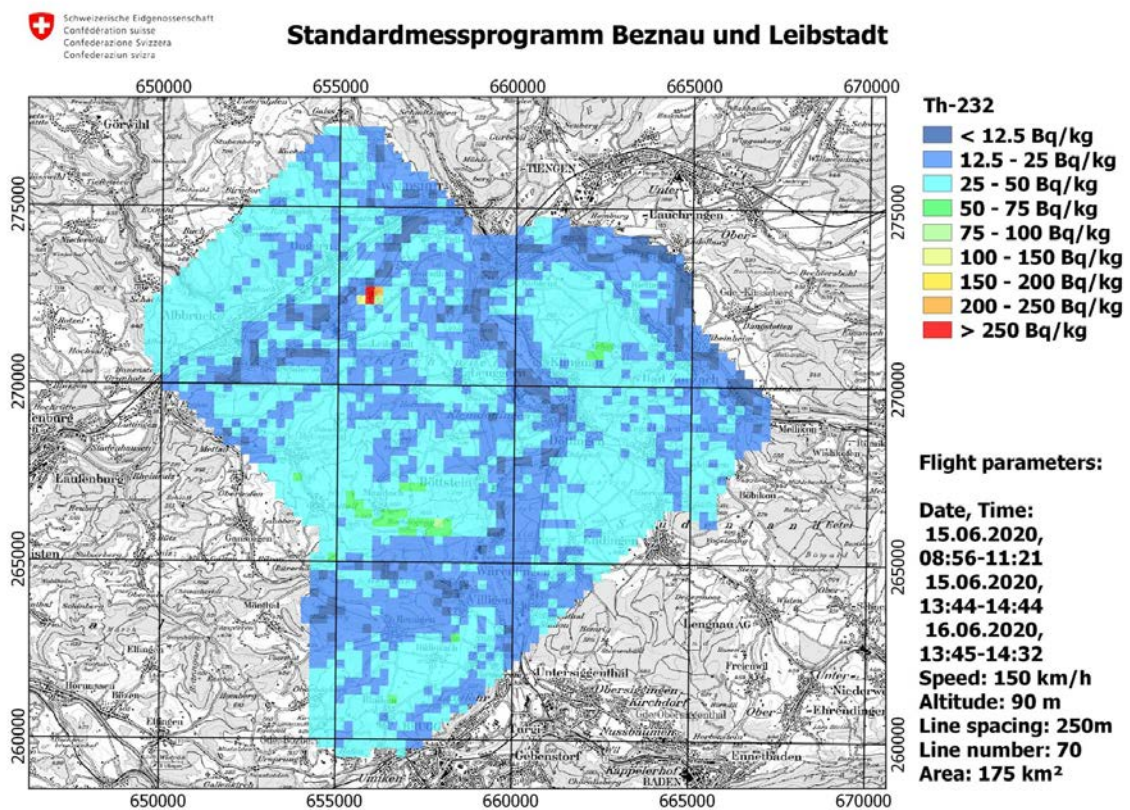


Abbildung 3: Th-232-Karte in der Umgebung der Kernanlagen KKB, KKL, PSI und ZWILAG.

### 3.2 Teile der Notfallschutzzone 2 um KKL, KKB, PSI, ZWILAG und westliche Teile des Kantons Zürich

Dieses Jahr wurden in der Umgebung von KKL, KKB, PSI und ZWILAG zusätzlich zum Standardmessprogramm zwei Gebiete überflogen, um Lücken zu schliessen und die in der Vergangenheit untersuchten Bereiche zu einem flächendeckenden Gebiet zu vervollständigen. Damit sind nun Untergrunddaten für die gesamten Notfallschutzzonen 1 und 2 (NFSZ 1 und 2) um KKL und KKB vorhanden. Zudem konnte das Messgebiet in Richtung Zürich um ca. 20 km ausgedehnt werden.

#### 3.2.1 NFSZ 2 um KKL und KKB und Westen Kanton ZH: Angaben Messflüge

Datum: 16.06.2020  
Fluglinien: Linienabstand 1'000 m, 34 Linien  
Flugzeit: 4h 01min  
Fluggebiet: ca. 639 km<sup>2</sup>  
Flughöhe über Grund: ca. 150 m

#### 3.2.2 NFSZ 2 um KKL und KKB und Westen Kanton ZH: Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 4 zeigt überall normale Werte.

Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

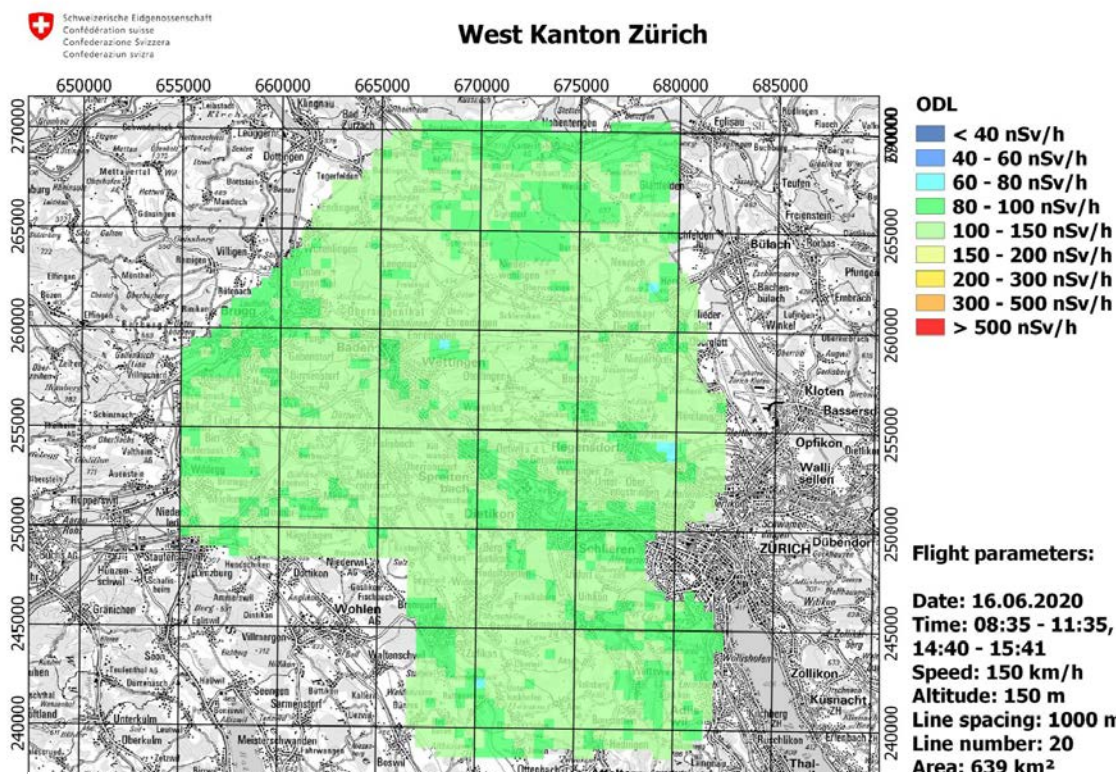


Abbildung 4: Karte der Ortsdosisleistung (ODL) in der NFSZ 2 um KKL und KKB und Westen Kanton ZH

### 3.2.3 NFSZ 2 um KKL und KKB und Westen Kanton ZH: Kalium (K-40)

Der Hauptgrund für die leichten Schwankungen der Ortsdosisleistung liegt in variierenden Konzentrationen natürlicherweise vorkommender Radionuklide. Als Beispiel hierfür ist in Abbildung 5 die Karte des Kalium-Isotopes K-40 dargestellt. Beim Vergleich mit der ODL-Karte in Abbildung 4 ist diese Korrelation gut zu erkennen.

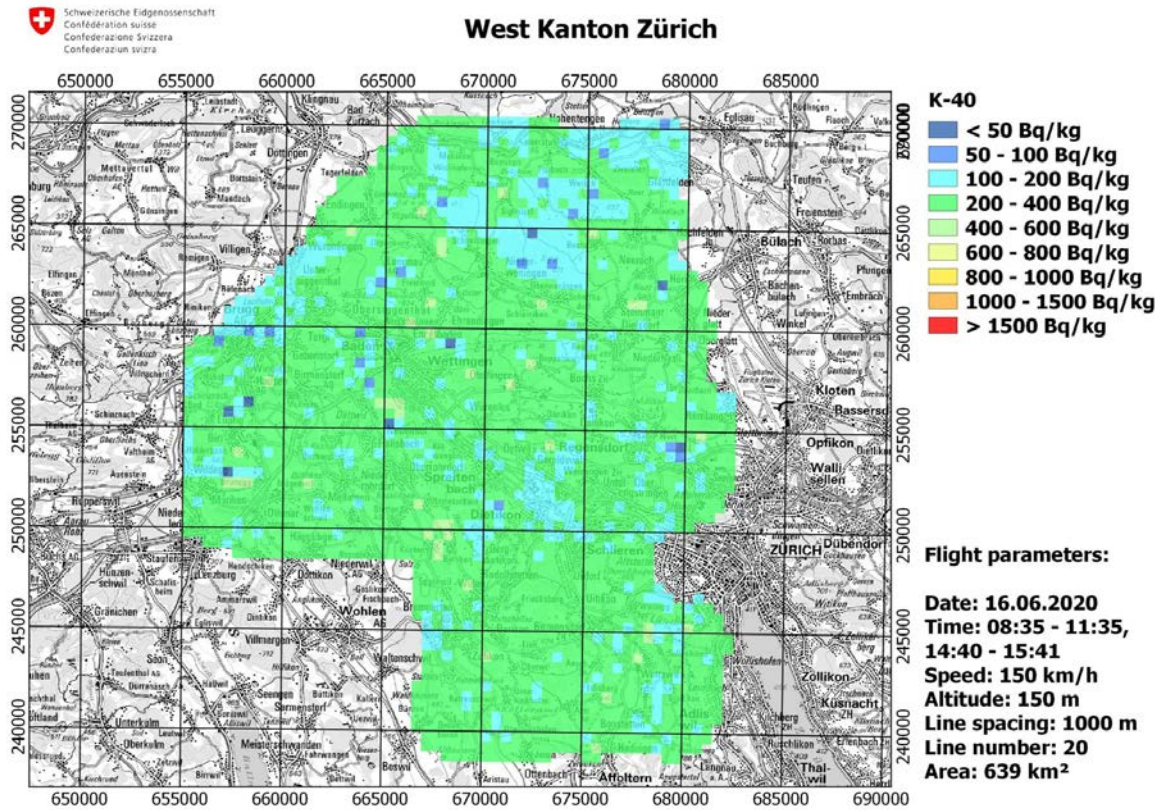


Abbildung 5: K-40-Karte in der NFSZ 2 um KKL, KKB und Westen Kanton ZH.

### 3.3 Stadt St. Gallen und Umgebung

Seit mehreren Jahren verfolgt die NAZ ein Städtemessprogramm mit dem Ziel, Referenzmessungen von allen Schweizer Städten und grösseren Gemeinden zu erhalten. Referenzmessungen können hinzugezogen werden, wenn nach einem Ereignis ein Verdacht auf erhöhte Radioaktivität besteht.

Im Jahr 2017 wurde St. Gallen im Rahmen einer internationalen Messkampagne aeroradiometrisch ausgemessen, aber nicht von einem Schweizer Team und nicht mit den Standard-Messparametern (250 m Fluglinienabstand und 90 m Flughöhe), da damals das Ziel der Übung eine Quellensuche war. Aus diesem Grund wurde entschieden, die Stadt St. Gallen dieses Jahr mit Standardmuster erneut auszumessen. Die NAZ verfügt inzwischen über Messkarten zahlreicher Schweizer Städte, darunter die 15 grössten Schweizer Städte mit Ausnahme von Lugano.

#### 3.3.1 Stadt St. Gallen: Angaben Messflug

Datum:	17.06.2020
Fluglinien:	Linienabstand 250m, 13 Linien
Flugzeit:	47 min
Flugstrecke:	ca. 34 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

#### 3.3.2 Stadt St. Gallen: Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 6 zeigt keine Auffälligkeiten. Die Werte liegen im normalen Schwankungsbereich.

Die wenigen beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

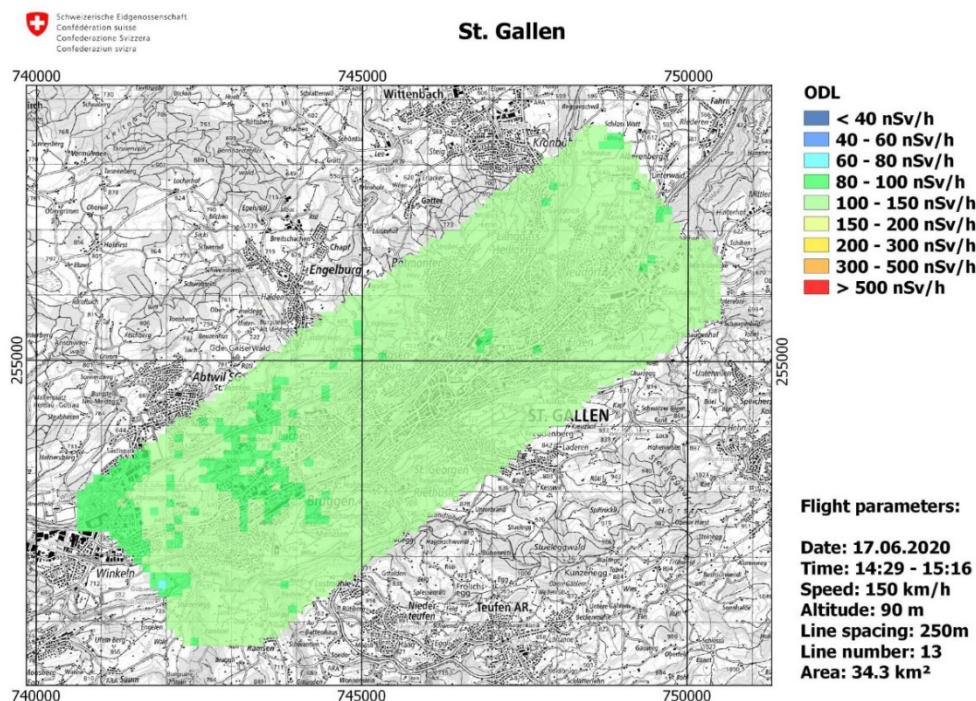


Abbildung 6: Karte der Ortsdosisleistung (ODL) der Stadt St. Gallen.

### 3.4 Zürichseeküste

In den vergangenen Jahren wurden die Stadt Zürich (2012) und Teile der östlichen Zürichseeküste (2017) aeroradiometrisch vermessen. Da die Zürichseeküste ein dichtbesiedeltes Gebiet ist, wurde entschieden, dieses Jahr das Gebiet zu vervollständigen.

Um der Küstenlinie besser folgen zu können, wurde der Messflug manuell gesteuert. Im Voraus wurden gewisse Punkte definiert, danach haben die Piloten die Flugrouten dynamisch in Absprache und gemäss Weisungen der ARM-Operatoren durchgeführt. Dieser Flug bot optimale Übungsverhältnisse für die Ausbildung und das Training der Messequipe und der Piloten.

Aufgrund einer ungünstigen meteorologischen Lage musste der Messflug am Mittwoch, 17. Juni, abgebrochen werden. Da es in gewissen Gebieten stark regnete, wurde ein Radoneffekt aufgrund Auswaschung von kurzlebigen Radonzerfallsprodukten aus der Luft am Boden festgestellt. Aus diesem Grund wurde entschieden, die Messung am Freitag, 19. Juni, zu wiederholen und zu vervollständigen. Leider konnte nur der nördliche Teil der linken Zürichseeküste vermessen werden. Dank der Wiederholung des Messfluges wurden aber wissenschaftlich interessante Messwerte gewonnen, nämlich das gleiche Gebiet mit und ohne Regeneffekt.

#### 3.4.1 Zürichseeküste: Angaben Messflug

Datum:	17. und 19.06.2020
Fluglinien:	Linienabstand 250m, manuell geflogen (je nach Gebiet zwischen 6 und 12 Linien)
Flugzeit:	1h 59min / 1h 11min
Flugstrecke:	ca. 90 km <sup>2</sup> / 47 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

#### 3.4.2 Zürichseeküste: Messresultate

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 6 zeigt Werte, die im normalen Schwankungsbereich liegen. Aufgrund des starken Regens musste der Flug am 17. Juni abgebrochen werden. Die Messungen konnten am 19. Juni teilweise wiederholt und ergänzt werden (siehe Abbildung 7). Der südlichste Teil konnte aufgrund der ungünstigen Wetterlage am 19. Juni nicht wiederholt werden.

Interessant jedoch ist der Vergleich der beiden Messkarten. Man erkennt aufgrund des Niederschlags den Effekt der Auswaschung der Atmosphäre der kurzlebigen Radon-Tochternuklide auf den Boden und die bodennahen Luftschichten. Dies führt während einer kurzen Zeit zu leicht erhöhten Dosisleistungen und erklärt die leicht erhöhten Messwerte im Messflug vom 17. Juni (Abbildung 6) im Vergleich zu den Messresultaten des Messfluges vom 19. Juni (Abbildung 7). Diesen Effekt konnte auch bei der NADAM-Sonde in Wädenswil (Abbildung 8) und in den Urankarten (Abbildung 9 und 10) festgestellt werden.

### Zürichseeküste

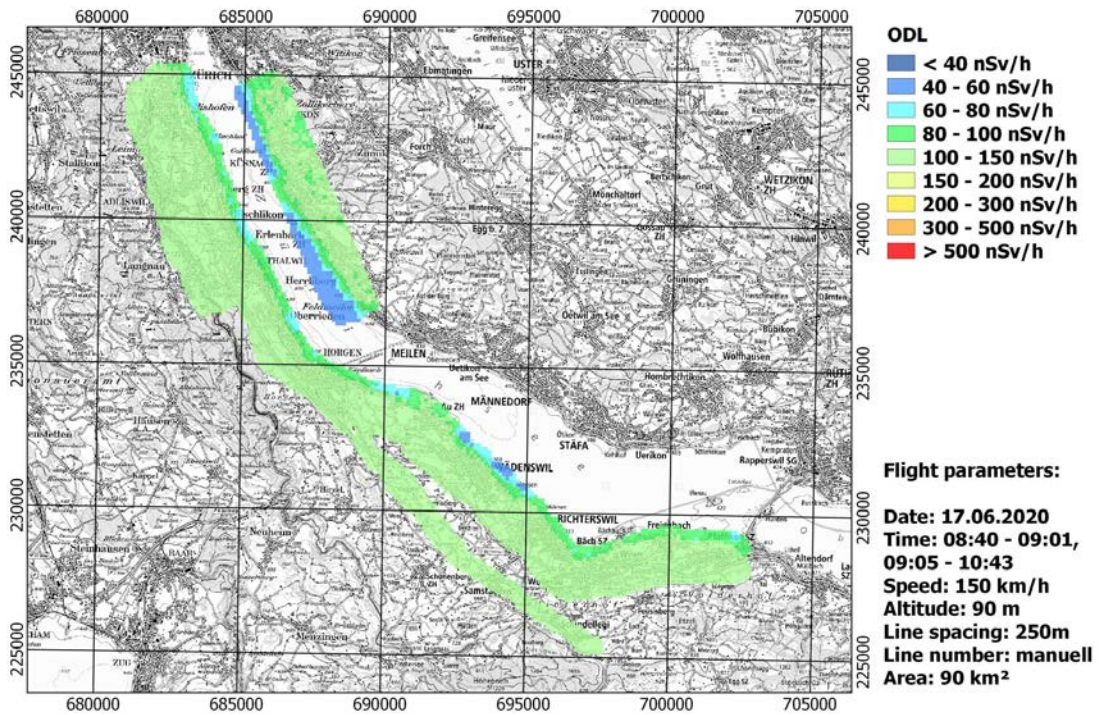


Abbildung 6: Karte der Ortsdosisleistung (ODL) der Zürichseeküste am 17.06.2020.

### Zürichseeküste

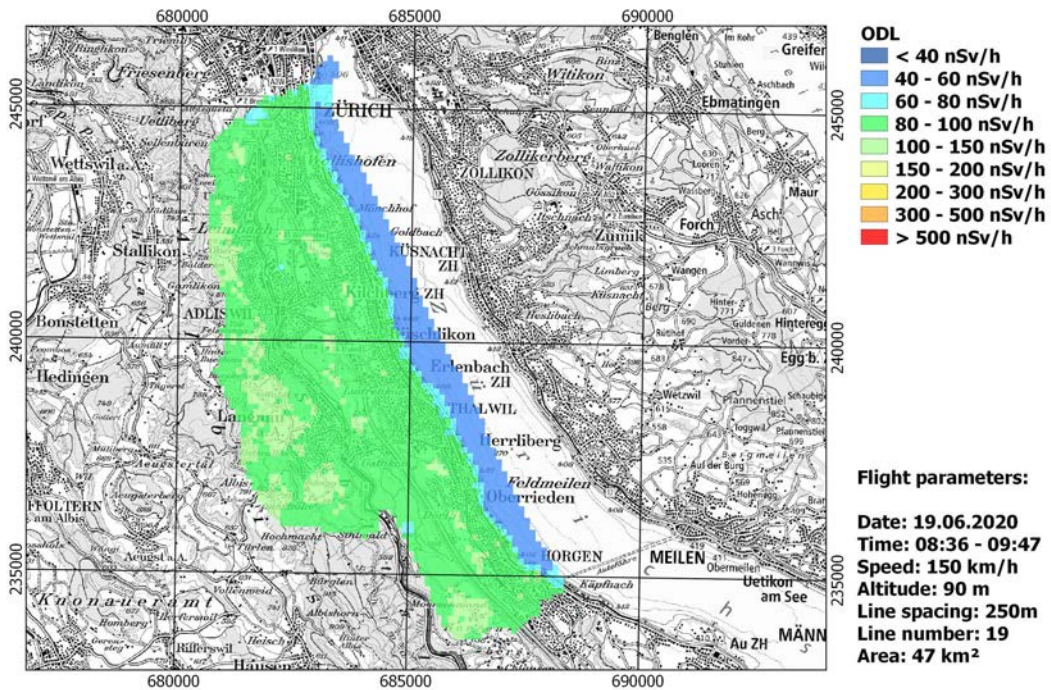


Abbildung 7: Karte der Ortsdosisleistung (ODL) der Zürichseeküste am 19.06.2020.



## Ortsdosisleistung und Niederschlag

NADAM Messsonde Wädenswil 17.06.2020

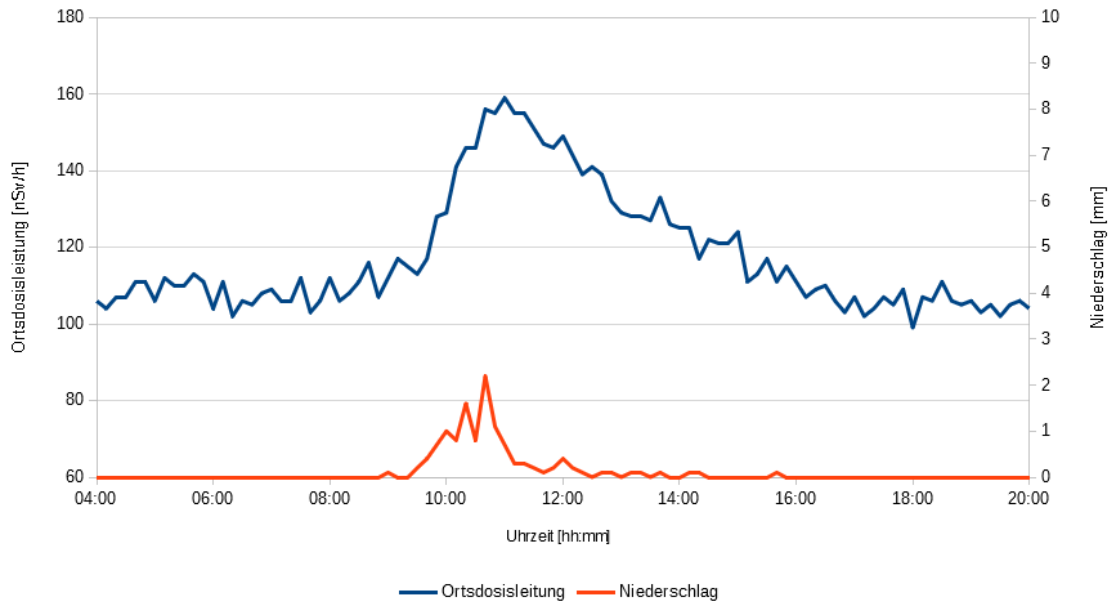


Abbildung 8: Zeitverlauf der Ortsdosisleistung (ODL) der NADAM-Sonde Wädenswil am 17. Juni 2020 vom 04:00 – 20:00.

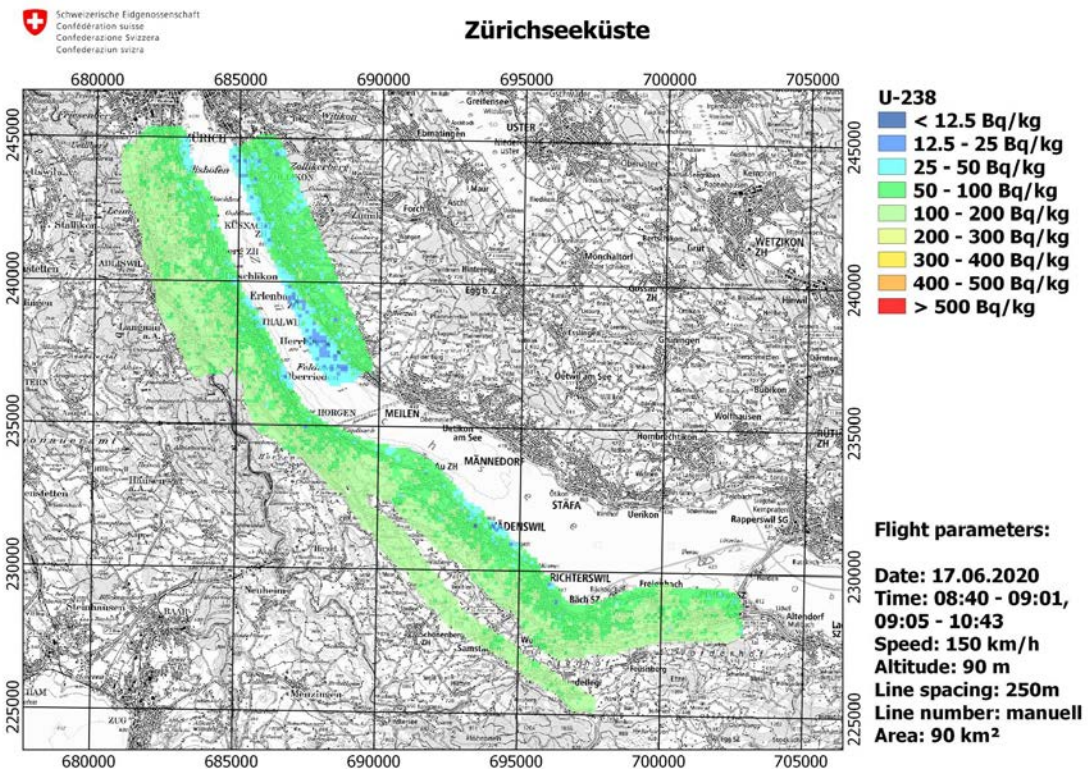


Abbildung 9: U-238-Karte der Zürichseeküste am 17.06.2020.

### Zürichseeküste

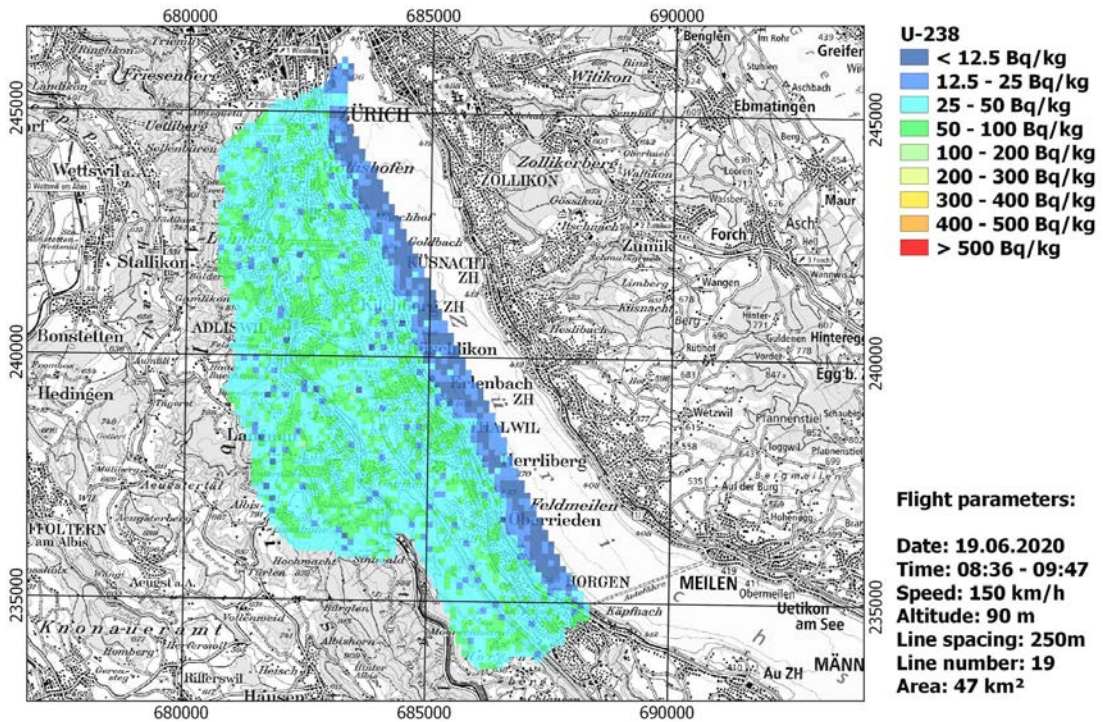


Abbildung 10: U-238-Karte der Zürichseeküste am 17.06.2020.

### 3.5 Übung auf dem Waffenplatz Thun

Am Donnerstag 18. Juni hat auf dem Waffenplatz Thun eine Übung mit verschiedenen Messmitteln und Partnern der Probenahme- und Messorganisation stattgefunden. 40 Personen von 7 verschiedenen Organisationen mit 6 verschiedenen Messsystemen haben an der Übung teilgenommen. Für die aeroradiometrischen Messungen mit dem Super Puma gab es hauptsächlich zwei Ziele: die Quellensuche (einsatztechnisches Ziel) und die Überprüfung der Kalibration des ARM-Systems mit Hilfe von Bodenmessungen (wissenschaftliches Ziel). Für das zweite Ziel wurde eine Vergleichsmessung mit fünf verschiedenen Messsystemen durchgeführt: ein "Radiometrie Land"-System (Bodenradiometrie), eine Drohne, sechs In-Situ Gamma Spektrometrie Geräte, das Schweizer Referenzgerät für Umgebungsdosisleistung und ein Handmessgerät zur Messung der Dosisleistung inkl. RouteMonitoring. Dieser Teil der Übung wird im Detail in dem wissenschaftlichen Bericht des PSI ausgewertet und kommentiert.



Abbildung 11: Messmittel (1L NaI-Szintillator) des LS mit für diese Übung zur Verfügung gestellter Drohne (Swissdrones)



Abbildung 12: Radiometrie Land (Bodenradiometrie) des Kompetenzzentrum ABC-KAMIR



Abbildung 13: In-Situ Gamma Spektrometrie (grau) und Referenzmessgerät (weiss)

### 3.5.1 Übung auf dem Waffenplatz Thun: Angaben Messflug

Datum: 18.06.2020  
Fluglinien: Linienabstand 125m, 24 Linien  
Flugzeit: 19 min / 19 min / 23 min  
Flugstrecke: ca. 2 km<sup>2</sup>  
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

### 3.5.2 Übung auf dem Waffenplatz Thun: Messresultate

Das ARM-Team musste versteckte Quellen lokalisieren und identifizieren. Es wurden drei Messflüge auf dem Übungsareal mit zwei verschiedenen Messkonfigurationen durchgeführt. Die erste Konfiguration (Raw data mit MMGC-Alarm) wurde insbesondere für die Erhebung der Messdaten für die Vergleichsmessung ausgewählt. Mit dieser Konfiguration konnten die zwei grössten Quellen (Cs-137 800 MBq und Co-60 300 MBq) sofort im Helikopter identifiziert und lokalisiert werden (Abbildungen 14 und 15). Die Barium-Quelle (Ba-133, 500 MBq) sowie die kleine Cäsium-Quelle (Cs-137, 78 MBq) konnten hingegen nicht detektiert werden, auch nicht bei einer nachträglichen, detaillierten Auswertung am Boden.

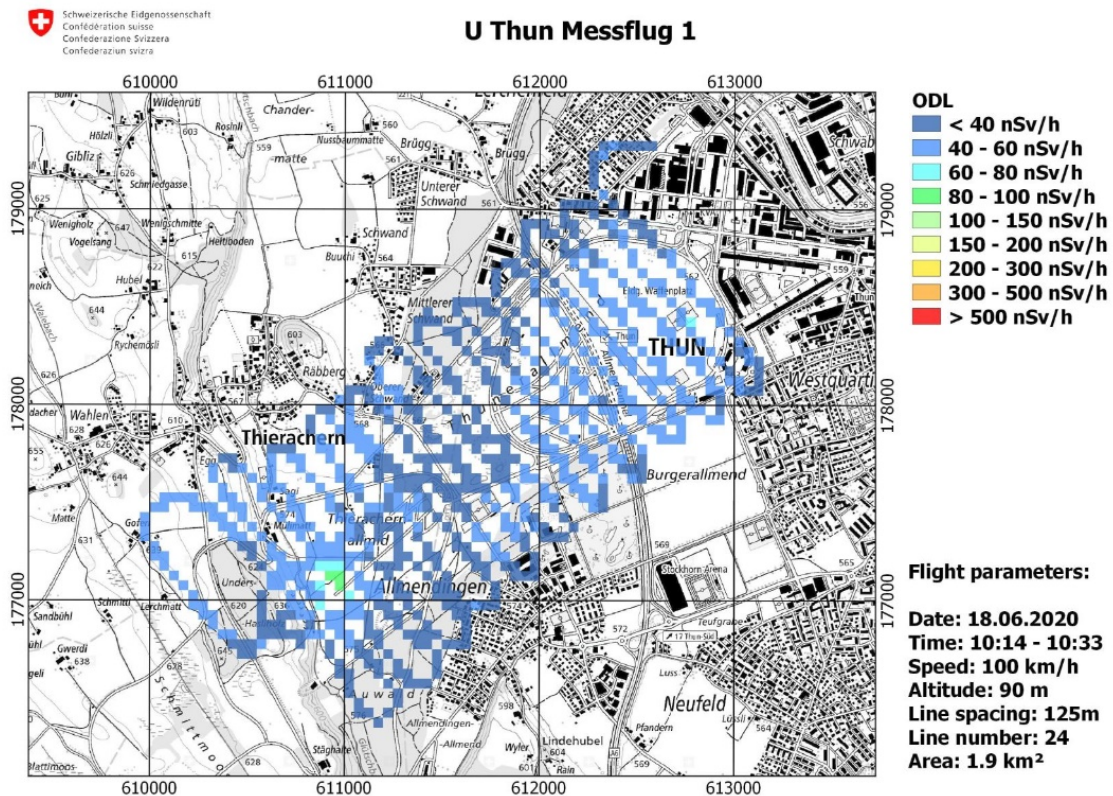


Abbildung 14: Karte der Ortsdosisleistung (ODL), Waffenplatz Thun, Helikopter, Flug 1

### U Thun Messflug 1

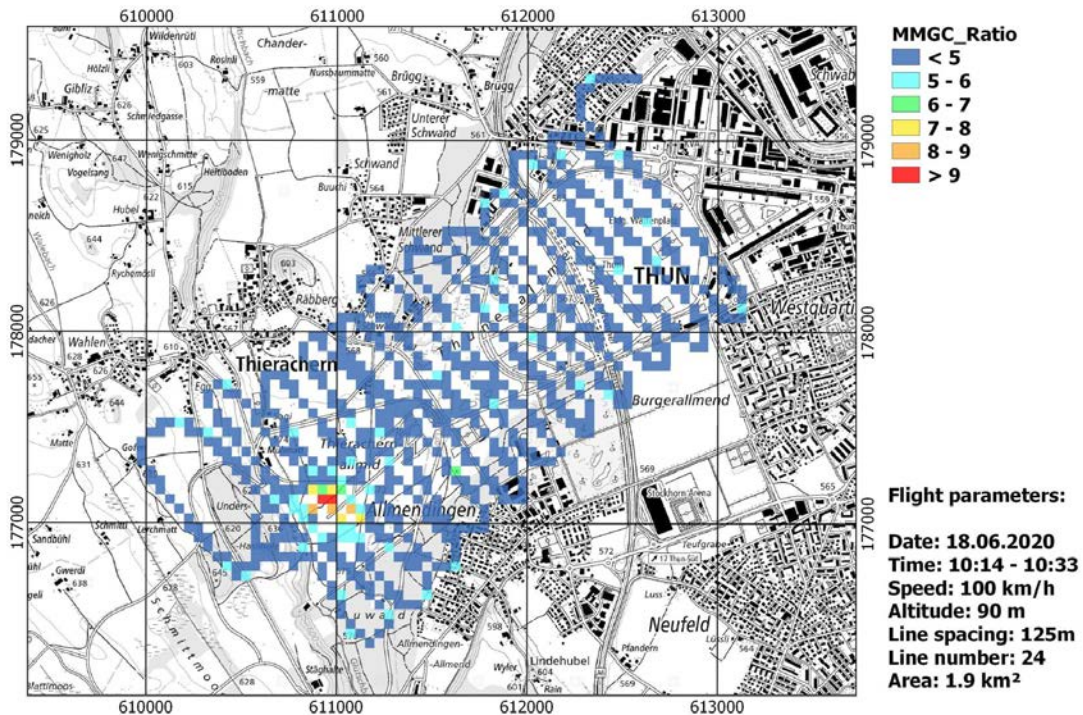


Abbildung 15: MMGC-Karte, Waffenplatz Thun, Helikopter, Flug 1

Beim dritten Messflug wurde eine andere Konfiguration ausgewählt (Identifikation + MMGC-Alarme). Dank dieser Konfiguration konnten die Operatoren im Helikopter die zwei grössten Quellen sowie die Barium-Quelle sofort lokalisieren und identifizieren (Abbildung 16). Diese Konfiguration eignet sich somit besser für die Quellenuche.

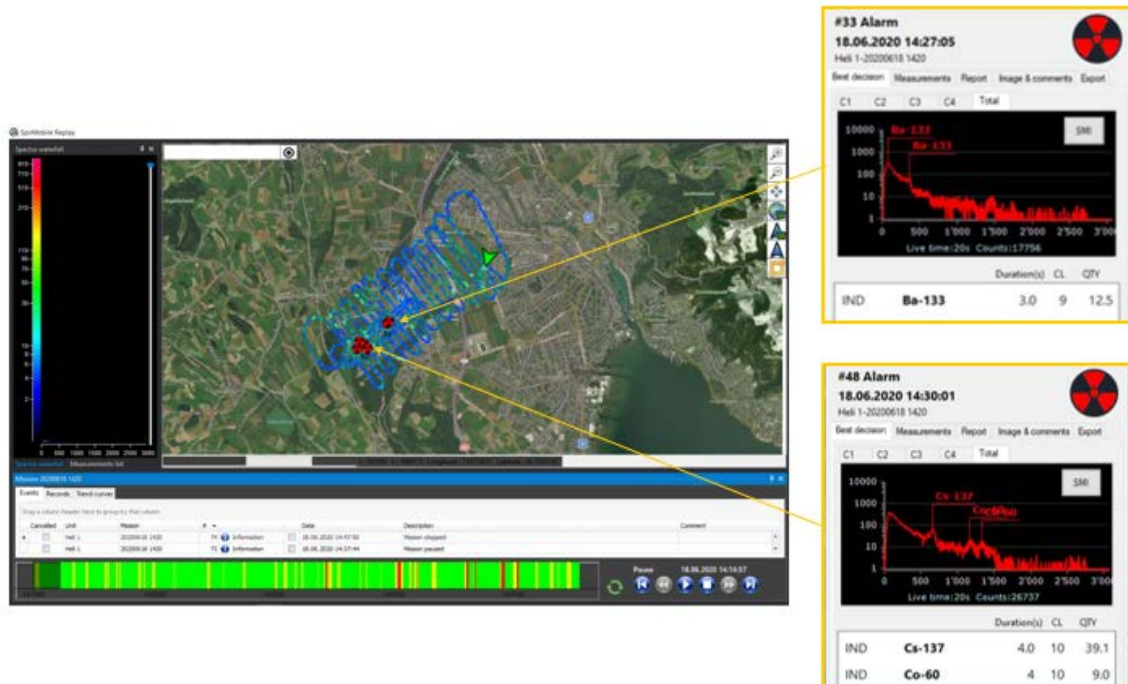


Abbildung 16: Karte der Ortsdosisleistung (ODL), Waffenplatz Thun, Helikopter, Flug 3

Die gleiche Mission (Quellensuche) hatte auch das Drohnen-Team und das Messfahrzeug "Radiometrie Land". Die Drohne ist ca. 25m über Boden mit einer Geschwindigkeit von 7m/s geflogen und wurde mit dem Autopiloten gesteuert. In einem ca. 1h-Einsatz hat die Drohne im westlichen Gebiet des Waffenplatzes Thun die drei grössten Quellen lokalisiert und identifiziert (Abbildung 17).

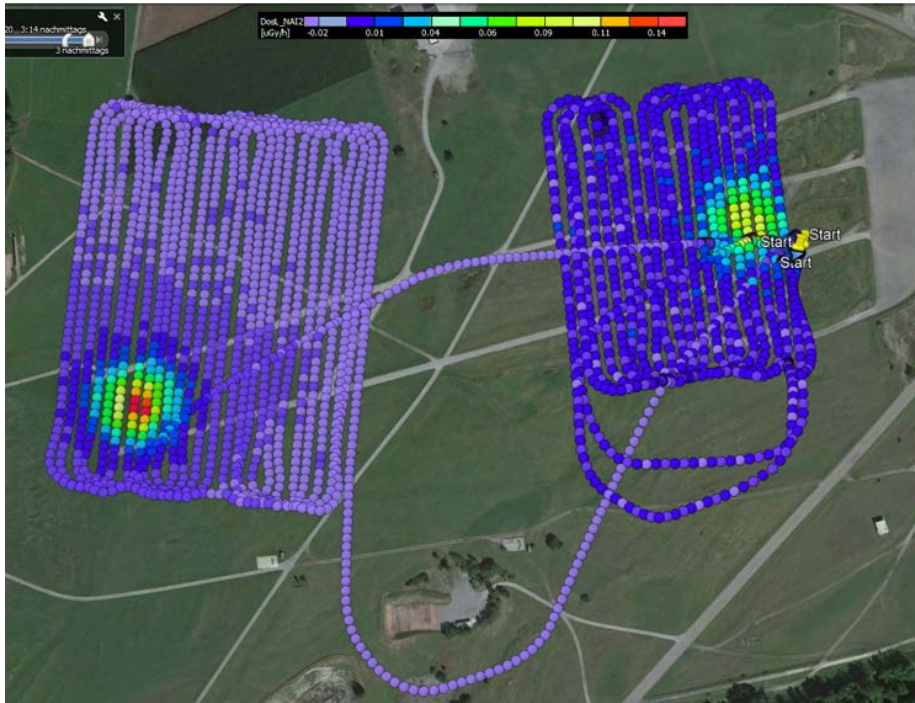


Abbildung 17: Karte der Ortsdosisleistung (ODL), Waffenplatz Thun, Drohne

Zusätzlich zu den zwei luftgestützten Messsystemen war auch ein Messfahrzeug "Radiometrie Land" (Bodenradiometrie) in diesem Gebiet unterwegs. Das Fahrzeug hat einen 8L NaI-Detektor und konnte viel näher an den Quellen vorbeifahren als die Luftsysteme. Das Fahrzeug hat alle vier Quellen lokalisiert und identifiziert (Abbildung 18).



Ground dose rate (G)( $\mu\text{Sv/h}$ )																	
Invalid	0.050	0.060	0.070	0.080	0.090	0.100	0.120	0.140	0.160	0.180	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000	10.000	50.000

Abbildung 18: Karte der Ortsdosisleistung (ODL), Waffenplatz Thun, Radiometrie Land

Diese drei Messtechniken ergänzen sich sehr gut. Mit dem Super Puma kann in kurzer Zeit (in diesem Fall innert 20 Minuten 2 km<sup>2</sup>) ein Gesamtbild der radioologischen Lage gewonnen werden und die radiologisch gefährlichen Gebiete identifiziert. Mit dem Fahrzeug können die befahrbaren Gebiete detailliert ausgemessen werden (2 h für dasselbe Gebiet) und mittels der Drohne können zusätzliche radiologische Informationen in den nicht befahrbaren Gebieten (Gebäude, Gelände etc.) erhoben werden. All diese Informationen helfen den Einsatz der Bodenequipen optimal zu planen (in diesem Fall für die Absperrung und Bergung der Quellen).



Abbildung 19: Die zwei luftgestützten Messsysteme.



Abbildung 20: Gruppenfoto alle Übungsteilnehmer.

#### 4 Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 2020

- Die Ziele der Aeroradiometrie-Messwoche 2020 wurden erreicht. Aufgrund des schlechten Wetters musste der Messflug über der Zürichseeküste angepasst und wiederholt werden. Alle anderen Messflüge konnten gemäss Programm durchgeführt werden.
- Es hat sich bestätigt, dass das neue Messsystem, das seit 2018 eingesetzt wird, hinsichtlich Ergonomie und Einsatzmöglichkeiten eine wesentliche Verbesserung zum früheren Messsystem darstellt. So besteht zum Beispiel die Möglichkeit, einen Bildschirm der Messkonsole auf ein Display im Cockpit zu spiegeln. Dies ist ein grosser Vorteil für Piloten und Operatoren und hat sich in der Übung bei der Quellensuche besonders bewährt. Auch Dank der Nuklididentifikationsfunktion können die Operatoren die Missionen noch effizienter durchführen.
- Im Zentrum dieser Messkampagne stand die Ausbildung von neuen ARM-Operatoren. Die Ausbildung wurde erfolgreich durchgeführt. Demnach verfügt die Fachgruppe nun über vier neue, ausgebildete Operatoren welche die Konsole bedienen, sowie die Flug-Vor- und Nachbereitungen vollziehen können. Zwei der neuen Mitglieder machten sich bei der Vergleichsmessübung mit Quellensuchflügen vertraut.
- Die Einsatzdokumentation wurde angepasst und anhand der Schulung von neuen Operatoren erfolgreich erprobt. Einzelne mindere Anpassungen stehen noch bevor, doch ist die aktuelle Dokumentation für den Ernstfall geeignet und bereit.
- Erstmals wurde die ARM-Woche des Stabs BR NAZ in zwei Schichten durchgeführt (Mo-Mi und Mi-Fr). So konnten die erfahrenen Mitglieder die Zeit besser einteilen, um die jüngeren Operatoren auszubilden. Es wurden keine negativen Effekte bezüglich Arbeitspensum festgestellt und durch die geringere Anzahl der Leute im Backoffice konnte man auch die Richtlinien des BAG bezüglich der COVID-19 Situation umsetzen.
- Mit Unterstützung des Kompetenzzentrums ABC-KAMIR konnten weitere wichtige Erfahrungen und Erkenntnisse gesammelt werden. Die Prozeduren rund um das ARM-System wurden optimiert (bspw. Konfiguration, Datenspeicherung).
- Die Messflüge über der Zürichseeküste wurden durch die Piloten manuell geflogen und bei der Quellensuche wurde die lokale Verdichtung gemäss Weisungen der ARM-Operatoren durchgeführt. Beide Flüge haben sich für die Ausbildung und Trainings der Piloten und ARM-Operatoren bewährt und sollten regelmässig in die ARM-Messkampagnen integriert werden.
- Um den Operatoren noch mehr Trainingsmöglichkeiten bezüglich der Standardabläufe anzubieten, wurde dieses Jahr das erste Mal eine zweite Messkonsole auf der Flugbasis aufgestellt.
- Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.



## Anhang A: Aeroradiometrie allgemein

### Wie funktioniert die Aeroradiometrie?

Eine ausführliche Beschreibung des Messverfahrens und der eingesetzten Ausrüstung findet sich in diesem [Factsheet](#).

### Auswertung aeroradiometrischer Daten

Das Auswerteverfahren für aeroradiometrische Daten ist beschrieben in: SCHWARZ, G.F., 1991: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie (Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 23, Schweizerische Geophysikalische Kommission).

Für die Praxis wird oft eine einfache Methode benötigt, um die aeroradiometrisch gemessenen Werte direkt im Feld auswerten zu können. Dafür haben sich zwei Methoden bewährt:

1. MMGC-Ratio: Dabei wird das Verhältnis vom tiefeenergetischen zum hochenergetischen Anteil des Spektrums gebildet. Weil die künstlich erzeugten Radioisotope meist nur  $\gamma$ -Strahlung niedriger Energie aussenden, entspricht dieses Verhältnis ungefähr dem Verhältnis von künstlicher zu natürlicher Strahlung.
2. Abschätzung der Ortsdosisleistung: Mit Hilfe des gesamten Spektrums wird die Dosisleistung 1 m über Boden abgeschätzt. Dabei werden die Counts in den einzelnen Kanälen mit der Kanalnummer gewichtet, für Background, kosmische Strahlung und schwankende Flughöhe über Grund korrigiert und anschliessend mit Hilfe eines Kalibrationsfaktors in die Dosisleistung umgerechnet. Für die Ortsdosisleistung wird noch die kosmische Dosisleistung addiert, die aufgrund der kosmischen Höhenformel für den Messpunkt berechnet wird.

Bei der Interpretation von aeroradiometrischen Karten ist zu beachten, dass die Messungen aus der Luft immer einen Mittelwert über ein Gebiet von 300 m x 300 m (90'000 m<sup>2</sup>) für eine Flughöhe von 90 m über Boden darstellen. Zum Vergleich: Bodenmessungen decken nur eine Fläche von rund 80 m<sup>2</sup> ab.

### Messergebnisse in der Umgebung der Kernanlagen

Mit Ausnahme der KKW Beznau und Gösgen (Druckwasserreaktoren) können sämtliche schweizerischen Kernanlagen mit aeroradiometrischen Messungen anhand ihrer Direktstrahlung nachgewiesen werden. Das Strahlungsfeld beschränkt sich auf die Areale der Kernanlagen. In der Umgebung ist keine erhöhte künstliche Radioaktivität nachweisbar.

Beim PSI wird die durch die Beschleunigeranlage induzierte Streustrahlung (PSI-West) resp. die Strahlung von radioaktiven Abfällen (Bundeszwischenlager) am Standort (PSI-Ost) erfasst.

Bei Siedewasserreaktoren (KKM und KKL) gelangt im Betrieb durch die Frischdampfleitung das Aktivierungsprodukt N-16 ins Maschinenhaus. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise wenig abgeschirmt ist, wird Gammastrahlung des N-16 aus der Luft gut detektiert. KKW mit Druckwasserreaktoren (KKG und KKB) weisen eine sehr geringe Gesamtstrahlung auf und sind in der Regel nicht erkennbar.

Ausserhalb der umzäunten Areale der Kernanlagen wurde keine erhöhte künstliche Radioaktivität festgestellt, die nicht durch Tschernobyl oder die Kernwaffenversuche der sechziger Jahre erklärt werden kann. Der Aktivitätspegel in der Umgebung ist über die letzten 15 Jahre konstant geblieben.