



Cristina Poretti, Adrian Hess, Gerald Scharding

01.06.2018

Übung Aeroradiometrie 2018

vom 28.05. bis 01.06.2018

Übungsbericht und Messresultate



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
1.1	Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2018.....	3
2	Übung “Aeroradiometrie 2018”	3
2.1	Messflüge in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen.....	3
2.2	Städtemessungen Solothurn und Freiburg.....	4
2.3	Messungen Mont-Vully, Ins und Transversale Bern – Kandersteg.....	4
2.4	Ausbildung am neuen Messsystem	4
2.5	Steigflug über dem Genfersee	5
2.6	Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams	5
2.7	Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden	5
2.8	Beteiligte Partnerorganisationen.....	5
3	Resultate der Übung ARM18	7
3.1	Region Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI	7
3.2	Messresultate des Städtemessprogramms	13
3.3	Messresultate der geologisch interessanten Gebiete.....	17
3.4	Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 2018.....	21
Anhang A:	Aeroradiometrie allgemein	22

1 Zusammenfassung

In diesem Jahr wurden die Städte Solothurn und Freiburg (am 29. und 30.05.) überflogen und ausgemessen. Dazu wurden routinemässige Flüge in der Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt sowie des Paul Scherrer Instituts und des Zwischenlagers ZWILAG durchgeführt (am 28. und 29.05.). Am ersten Tag wurde zusätzlich auch grenznahe Gebiet in Deutschland gemessen. Diese Messung erfolgte im Auftrag der Deutsch-Schweizerischen Kommission für die Sicherheit kerntechnischer Einrichtungen (DSK). Am Vormittag des 29.05. wurde das Gebiet bis 20 km westlich der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt ausgemessen (Notfallschutzzone 2, Sektoren 4 und 5). Weitere Flüge fanden in den wissenschaftlich interessanten Gebieten Mont-Vully und Ins sowie auf der Strecke Bern – Thun – Spiez – Kandertal statt (am 30. und 31.05.). Mit der Messung des Höhenprofils über dem Genfersee (am 31.05.) wurde die Aeroradiometriewoche abgeschlossen.

Dieses Jahr wurde ein neues Messsystem inkl. Auswertungssoftware während allen Messflügen eingesetzt. Dieses System wurde in den letzten Jahren getestet (vgl. die Berichte aus den Vorjahren), und ist ab dieses Jahr operativ.

1.1 Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2018

1. Für das Gebiet der Städte Solothurn (und Umgebung) und Freiburg (und Umgebung), das Gebiet des Mont-Vully, sowie auf der Strecke Bern – Thun – Spiez – Kandertal konnten Messkarten erstellt werden, welche die normale Radioaktivität abbilden. Es wurden keine ungewöhnlichen Werte festgestellt.
2. In der Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt (inklusive zwei Sektoren der Notfallschutzzone 2), des Paul Scherrer Instituts und des Zwischenlagers ZWILAG wurde ausserhalb der Betriebsareale keine Ablagerung von künstlicher Radioaktivität festgestellt. Es wurden keine Änderungen gegenüber den Messresultaten der Vorjahre registriert.
3. Das neue System hat sich insbesondere für die Durchführung und Auswertung während des Flugs sehr bewährt. Für die Detailauswertung am Boden wird teilweise noch das ältere System benützt. Die Kompatibilität der zwei Systeme ist gegeben.
4. Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

2 Übung “Aeroradiometrie 2018”

Die diesjährigen Messflüge fanden vom 28. Mai bis 01. Juni 2018 statt. Start- und Landebasis für die Flüge waren die Flugplätze Dübendorf und Payerne.

2.1 Messflüge in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen

Alle Schweizer Kernanlagen werden im Auftrag des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) im Zweijahresrhythmus ausgemessen. Turnusgemäss wurden dieses Jahr die Kernkraftwerke Beznau (KKB) und Leibstadt (KKL) sowie das Paul Scherrer Institut (PSI) und das Zwischenlager Würenlingen (ZWILAG) aeroradiometrisch vermessen.

Das Messgebiet rund um die Kernkraftwerke wird jeweils um einen Sektor der Notfallschutzzone 2 erweitert. Dafür wurden in diesem Jahr die westlichen Sektoren 4 und 5 der Notfallschutzzone KKB/KKL ausgewählt. Mit diesen Messungen wurde primär eine

Messstrategie geübt, mit der in einem Ereignisfall die betroffenen Gebiete grob bestimmt werden können. Zudem konnten Referenzwerte der überflogenen Gebiete gewonnen werden. Als Distanz zwischen den Fluglinien wurde 1 km gewählt.

2.2 Städtmessungen Solothurn und Freiburg

Seit mehreren Jahren verfolgt die NAZ ein Städtmessprogramm mit dem Ziel, Nullmessungen von Schweizer Städten und grösseren Gemeinden zu erhalten. Nullmessungen werden dann benötigt, wenn nach einem Ereignis ein Verdacht auf erhöhte Radioaktivität besteht. Durch den Vergleich der Messung mit der Nullmessung können Abweichungen einfacher erkannt werden. Im Rahmen dieses Messprogramms wurden dieses Jahr Solothurn sowie Freiburg überflogen. Die NAZ verfügt inzwischen über Messkarten zahlreicher Schweizer Städte.

2.3 Messungen Mont-Vully, Ins und Transversale Bern – Kandersteg

Nach Möglichkeit führt die NAZ auch Messflüge in geologisch interessanten Gebieten durch. Eine Dissertation am PSI befasst sich mit natürlichen Uranvorkommen im Grund- und Oberflächenwasser des Schweizer Mittellands. In diesem Kontext wurde eine Messung im Gebiet Mont-Vully durchgeführt. Im Fokus steht die Region um den Hügelzug MontVully, wo in einer Zwischenschicht natürliches Uran konzentriert vorliegt und durch sauerstoffreiches Grundwasser kontinuierlich ausgewaschen wird. Um lokale Urananhäufungen lokalisieren zu können, wurden bereits Dosisleistungsmessungen zu Fuss durchgeführt. Die aeroradiometrischen Messflüge dienen zur grossräumigen Lokalisierung der Urananreicherungen. So können weitere Standorte für eine Bohrkern-Probennahme definiert werden. Die Analyse dieser Bohrkern dient zum besseren Verständnis der Mechanismen von Uran-Akkumulation und Auswaschung (Leaching).

Auch die Transversale Bern – Thun – Spiez – Kandersteg wurde aeroradiometrisch ausgemessen. Bei diesem Messflug wurde auf die Festlegung von vordefinierten Fluglinien verzichtet. Die Führung des Flugs erfolgte durch die Operateure des ARM-Messsystems (der Operateur erteilt dem Piloten mündliche Anweisungen über die Bordkommunikation und kann neu auch Karten ins Cockpit einblenden). Der Talboden des Kandertals zwischen Spiez und Kandersteg ist topographisch anspruchsvoll und enthält eine wichtige Verkehrsachse (BLS Lötschberg). Bereits 2014 wurde ein Teil des Kandertals ausgemessen. Mit dem diesjährigen Flug gibt es nun die Möglichkeit, die damaligen Resultate mit denjenigen des neuen Messgeräts zu vergleichen. Diese Messung bot optimale Verhältnisse für die Ausbildung und das Training der Messequipe und der Piloten.

2.4 Ausbildung am neuen Messsystem

Das Kompetenzzentrum ABC-KAMIR hat in den letzten Jahren die ausgemusterten A-Spürhelikopter der Armee durch ein neues System für die Messung der Radioaktivität aus der Luft ersetzt. Das neue System (RLL07) wird seit 2016 in der Armee eingesetzt. Nachdem in den letzten Jahren mehrere Vergleichskampagnen stattgefunden haben, wurde dieses System nun auch von der Nationalen Alarmzentrale übernommen.

Das System bietet mehrere Vorteile: Real-time Datenübertragung unter besonderen Bedingungen, eine automatische Nuklididentifikation, verbesserte Sicherheit und Ergonomie für die Operateure, schnellerer und sicherer Ein- und Ausbau des Systems in den respektive aus dem Helikopter, sowie eine Wartung durch den Hersteller. Als Nachteil wurde erkannt, dass die Datenverarbeitung länger als beim alten System dauert.

2.5 Steigflug über dem Genfersee

Die Woche wurde mit einem Steigflug über dem Genfersee abgeschlossen. Steigflüge über Seen erlauben es, zu überprüfen, wie verschiedene Aspekte der Untergrundstrahlung auf die Messausrüstung wirken: Da der See die natürliche Radioaktivität aus dem Boden abschirmt, kann mit diesem Verfahren der Einfluss der kosmischen Strahlung (aus dem All) in verschiedenen Höhen festgelegt werden.

2.6 Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams

Folgende weitere Ziele sollten in der Messwoche erreicht werden:

- Zeitgerechter Einbau und Herstellung der Einsatzbereitschaft des neuen Messsystems.
- Training der für einen Einsatz notwendigen Kenntnisse bezüglich:
 - Vorbereitung eines Einsatzes
 - Bedienung der Geräte im Einsatz
 - Auswertung und Interpretation der Resultate vor Ort
 - Piloten-Training
- Training der Kommunikation zwischen Piloten und Messequipe (bspw. Führung des Fluges durch den Operator).
- Darstellung der Messresultate: Zusammenstellung und Interpretation der Resultate innert 2 Stunden nach dem letzten Flug.
- Übernahme des neuen ARM-Systems und entsprechende 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 per Brief über die bevorstehenden Flüge orientiert und gebeten, bei allfälligen Fragen aus der Bevölkerung auf die NAZ zu verweisen. Die Information über die Flüge auf deutschem Gebiet erfolgten an das Landratsamt Waldshut-Tiegen und das Regierungspräsidium Freiburg.

In einer Medienmitteilung vom 25.05.2018 wurden die Messflüge angekündigt. Lokalmedien in den betroffenen Gebieten wurden zusätzlich auf die entsprechenden Daten aufmerksam gemacht. Partner und Behörden wurden aktiv informiert. Während der Messwoche wurden Informationen über die Alertswiss-Kanäle des BABS (Blog und Twitter @alertswiss) verbreitet und diverse Anfragen von Behörden, Medien und aus der Bevölkerung beantwortet.

2.8 Beteiligte Partnerorganisationen

Folgende Organisationen waren in der Vorbereitung und Durchführung der Übung „Aeroradiometrie 2018“ involviert:

- NAZ und Stab BR NAZ
- Kompetenzzentrum ABC-KAMIR
- Schweizer Luftwaffe
- ENSI

- Paul Scherrer Institut
- ABC-Koordinatoren der Kantone BE, FR und SO.

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



3 Resultate der Übung ARM18

3.1 Region Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI

Turnusgemäss wurden dieses Jahr die Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI aeroradiometrisch gemessen.

Bemerkung: Das Kernkraftwerk Leibstadt sowie beide Blöcke des Kernkraftwerks Beznau waren in Betrieb. Die Beschleunigeranlage des PSI war hingegen abgeschaltet.

3.1.1 KKW Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI: Angaben zum Messflug

Datum:	28.05.2018
Fluglinien:	Abstand 250 m, 55 Linien
Flugzeit:	3 h 17 min
Fluggebiet:	Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI; ca. 139 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

3.1.2 KKW Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI: Ortsdosisleistung

Ausserhalb der Betriebsareale der Nuklearanlagen:

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 1 zeigt keine Auffälligkeiten ausserhalb der Betriebsareale der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen. Zum Beispiel ist in der Umgebung von Mandach eine leichte Erhöhung infolge einer natürlichen Thorium-Anomalie im Boden zu erkennen. Diese wurde schon in den vorherigen Jahren gemessen (normale Thoriumkonzentration in der Schweiz 20-30 Bq/kg, Umgebung Mandach bis ca. 75 Bq/kg (vgl. Wissenschaftlicher Bericht: PSI Bericht Nr. 15-02, ISSN 1019-0643, Seiten 8-11 und 20-23).

Innerhalb des Betriebsareals des Kernkraftwerks Leibstadt:

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 Mühleberg und Leibstadt 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. Diese Werte wurden bereits in den vergangenen Jahren beobachtet. Ausserhalb des umzäunten Areals konnten keine erhöhten Werte festgestellt werden.

Am PSI ist der Protonenbeschleuniger für die jährlichen Wartungsarbeiten abgeschaltet. Die Wartungsarbeiten erforderten die Öffnung von Teilen der Abschirmung um den Protonenkanal. Daher ist wie erwartet über dem West-Areal des PSI eine vorübergehende Erhöhung der Messwerte über dem natürlichen Untergrund feststellbar. Die gesetzlichen Grenzwerte werden dabei eingehalten.

Zum ersten Mal wurde im Jahr 2018 für die ARM-Messungen die neue Messtechnik des Herstellers Mirion eingesetzt. Mirion bietet eine eigene, kommerzielle Auswertesoftware an. Die Rohdaten wurden zusätzlich mit dieser Mirion-Software ausgewertet und die Resultate sind in Abbildung 2 dargestellt. Der Vergleich mit Abbildung 1 zeigt, dass die Auswertung mit beiden Systemen bezüglich Ortsdosisleistung nahezu gleichwertig ist.

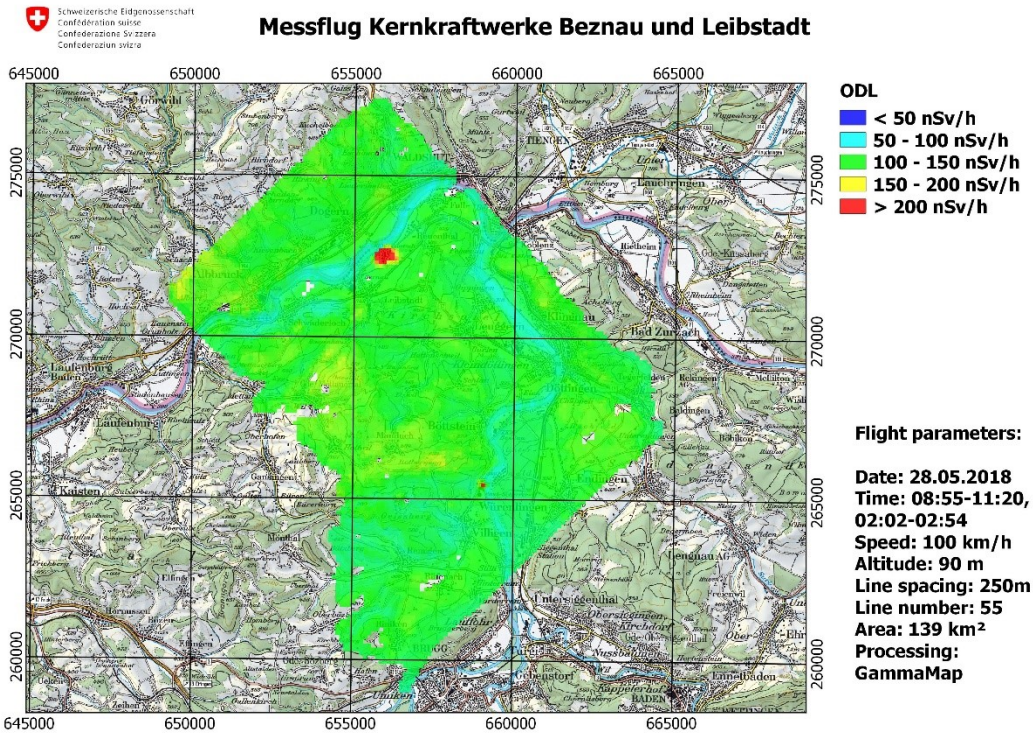


Abbildung 1: Umgebung der KKW Leibstadt und Beznau: Karte der Ortsdosisleistung, ausgewertet mit der seit Jahren bewährten Aeroradiometrie-Software (GammaMap).

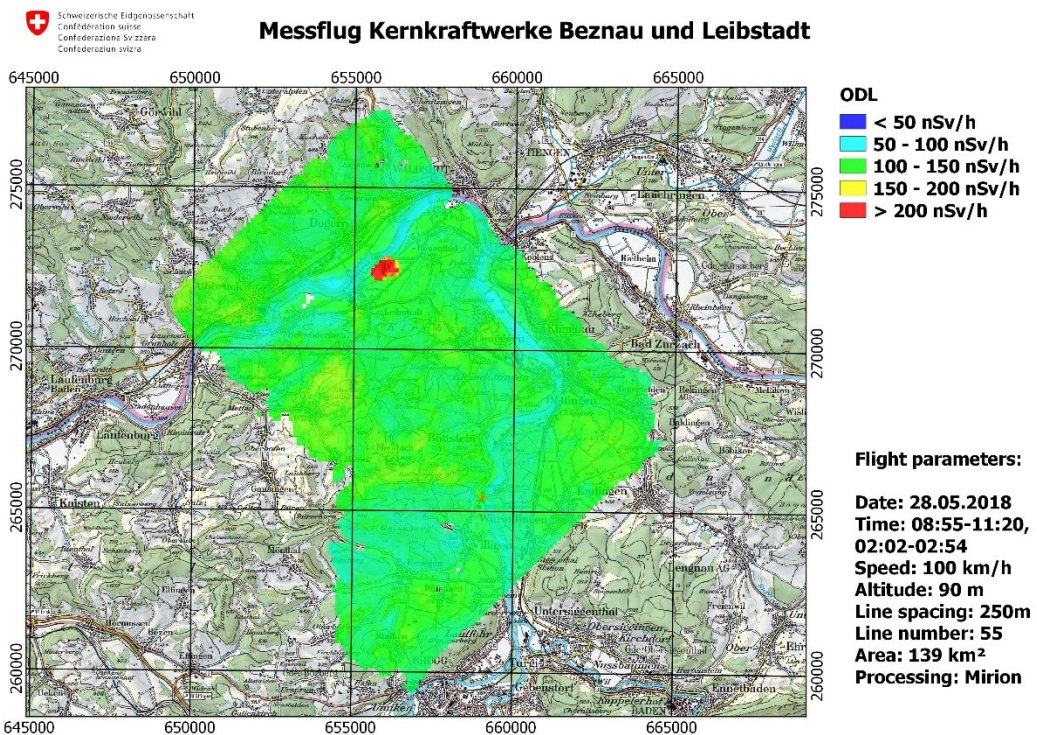


Abbildung 2: Umgebung der KKW Leibstadt und Beznau: Karte der Ortsdosisleistung, ausgewertet mit dem der neuen Aeroradiometrie-Software (Mirion).

Aufgrund dieser Übereinstimmung werden für weitere im vorliegenden Bericht erläuterte Messungen nur Karten präsentiert, die mit der bewährten Aeroradiometrie-Software GammaMap erstellt worden sind. Die Parameter für die Auswertungsalgorithmen müssen an das neue Detektionssystem angepasst werden. Für eine Feinjustierung dieser Parameter werden die während der Übung aufgenommenen Messwerte nach der Übung nochmals im Detail analysiert.

3.1.3 KKW Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI: Cäsium (Cs-137)

Auf der Cs-137-Karte in Abbildung 3 wurden keine Auffälligkeiten festgestellt, die auf künstliche Ablagerungen von Cäsium hinweisen.

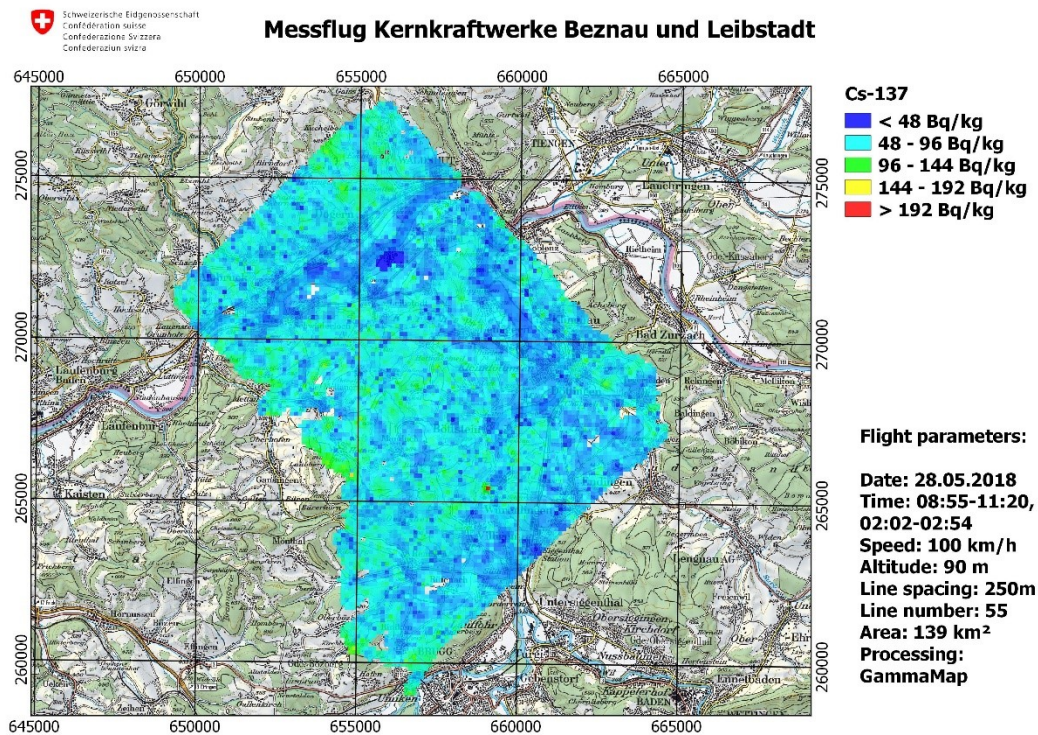


Abbildung 3: Umgebung der KKW Leibstadt und Beznau: Cs-137-Karte (ausgewertet mit GammaMap).

3.1.4 Sektoren 4+5 der Notfallschutzzone 2 der KKW Leibstadt und Beznau: Angaben zum Messflug

Datum: 29.05.2018

Fluglinien: Abstand 1'000 m, 21 Linien

Flugzeit: 2 h

Fluggebiet: Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, Sektoren 4+5; ca. 305 km²

Flughöhe über Grund: ca. 90 m

3.1.5 Sektoren 4+5 der Notfallschutzzone 2 der KKW Leibstadt und Beznau: Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 4 zeigt normale Werte, ausser im Gebiet Laufenburg (Deutschland). Die Erhöhung ist auf natürliche Radionuklide der Thorium- und Uran-Radium-Zerfallsreihen zurückzuführen. Am Ort mit erhöhten Messwerten ist eine Firma angesiedelt, welche unter anderem Zirkon-Mineralen verarbeitet, von denen bekannt ist, dass sie mit erhöhten Konzentrationen natürlich vorkommender Radionuklide (Naturally Occurring Radioactive Materials, NORM) verbunden sind.

Leicht höhere Dosisleistungen wurden im Jurapark Aargau in den Gebiete Herznach und Wölflinswil gemessen. Auch diese sind auf natürliche Radionuklide zurückzuführen.

Der Rhein ist auf die Karte ziemlich gut zu erkennen. Andere beobachtete Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

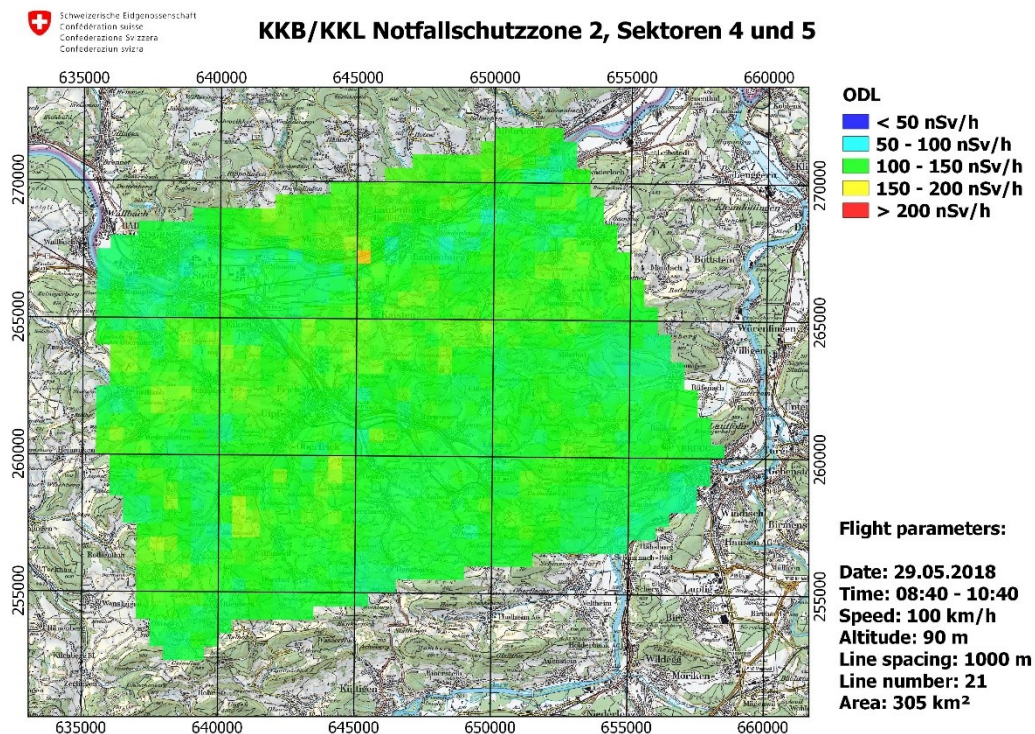


Abbildung 4: Sektoren 4 und 5 der Notfallschutzzone 2 der KKW Leibstadt und Beznau:
Karte der Ortsdosisleistung.

3.1.6 Sektoren 4+5 der Notfallschutzzone 2 der KKW Leibstadt und Beznau: Cäsium-Karte (Cs-137)

Auf der Cs-137-Karte in Abbildung 5 sind keine Auffälligkeiten zu erkennen, welche auf ein Vorkommen von radioaktiven Cäsium hinweisen würden

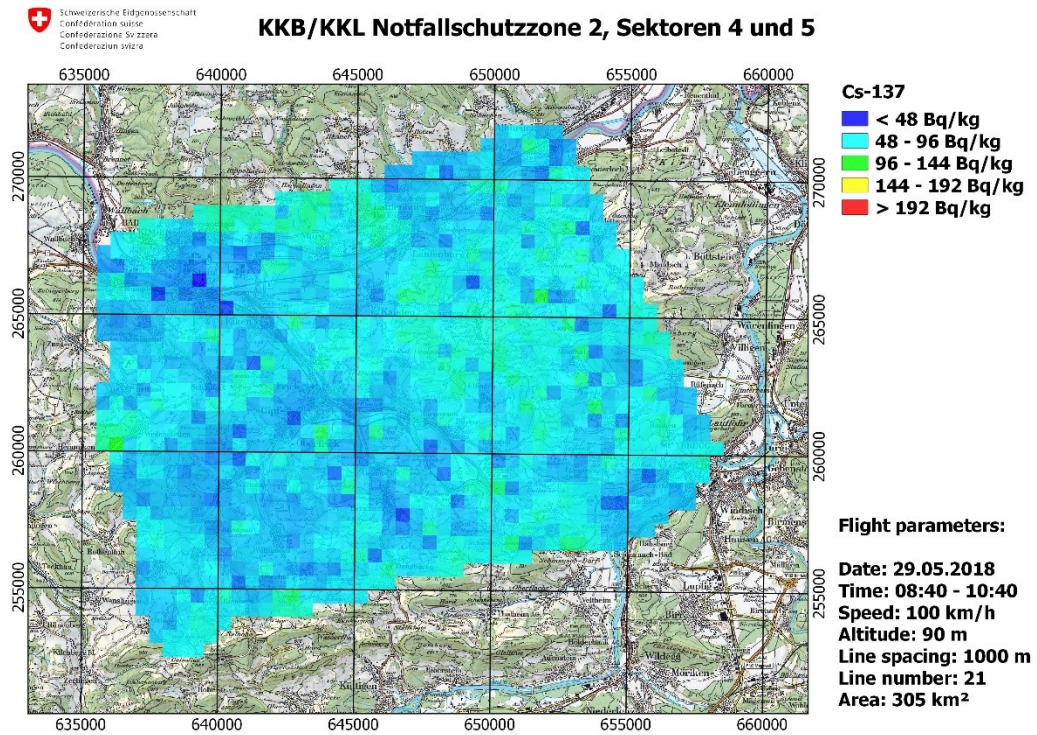


Abbildung 5: Sektoren 4 und 5 der Notfallschutzzone 2 der KKW Leibstadt und Beznau:
Cs-137-Karte.

3.1.7 Sektoren 4+5 der Notfallschutzzone 2 der KKW Leibstadt und Beznau: Thorium-Karte (Th-232)

Die Thorium-Karte in Abbildung 6 zeigt, wie bei der Ortsdosisleistungskarte erwähnt, leicht höhere Werte über Laufenburg (Deutschland) und über die Jurapark Aargau. Diese Erhöhungen stammen vom Thoriumanteil der örtlichen Gesteine.

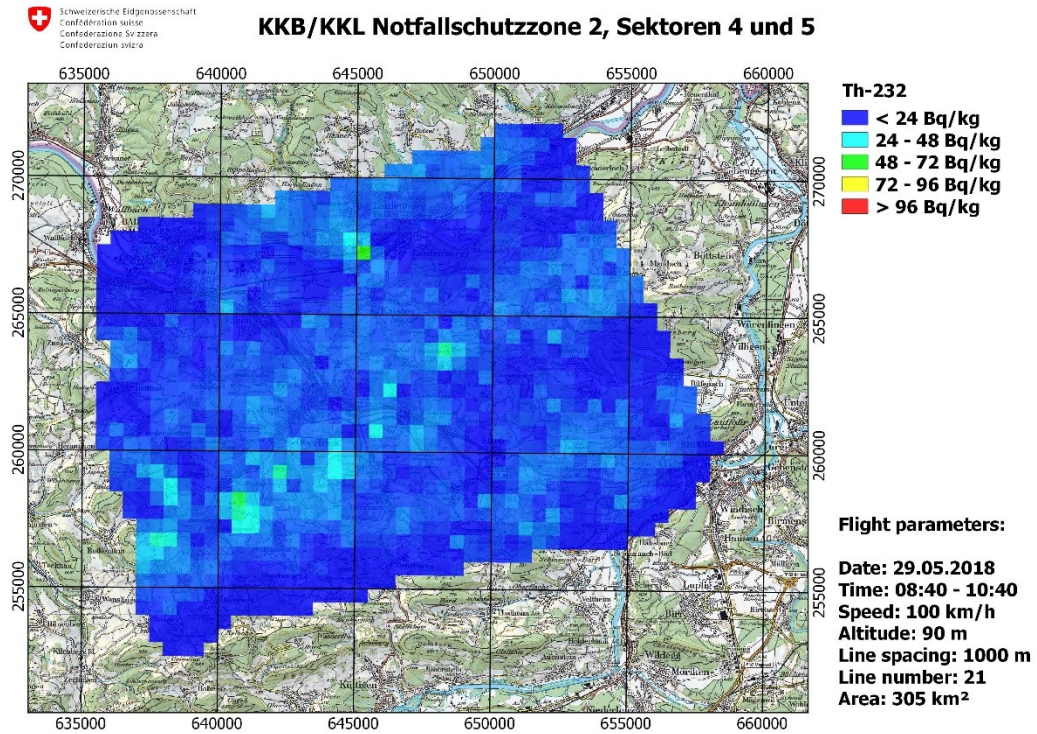


Abbildung 6: Sektoren 4 und 5 der Notfallschutzzone 2 der KKW Leibstadt und Beznau:
Th-232-Karte.

3.2 Messresultate des Städtemessprogramms

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

Dieses Jahr wurden die Stadtgebiete Solothurn und Freiburg ausgemessen. Damit sind nun aeroradiometrische Messdaten der 15 grössten Städte der Schweiz, mit Ausnahme von Lugano (9.) und Köniz (12.), vorhanden.

3.2.1 Stadt Solothurn und Umgebung: Angaben zum Messflug

Datum:	29.05.2018
Fluglinien:	Abstand 250 m, 27 Linien
Flugzeit:	1 h 32 min
Fluggebiet:	ca. 49 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

3.2.2 Stadt Solothurn und Umgebung: Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 7 zeigt keine Auffälligkeiten. Gut sichtbar sind die geringeren ODL-Messwerte über der Aare, da dort die terrestrische Strahlung durch das Wasser abgeschirmt wird. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

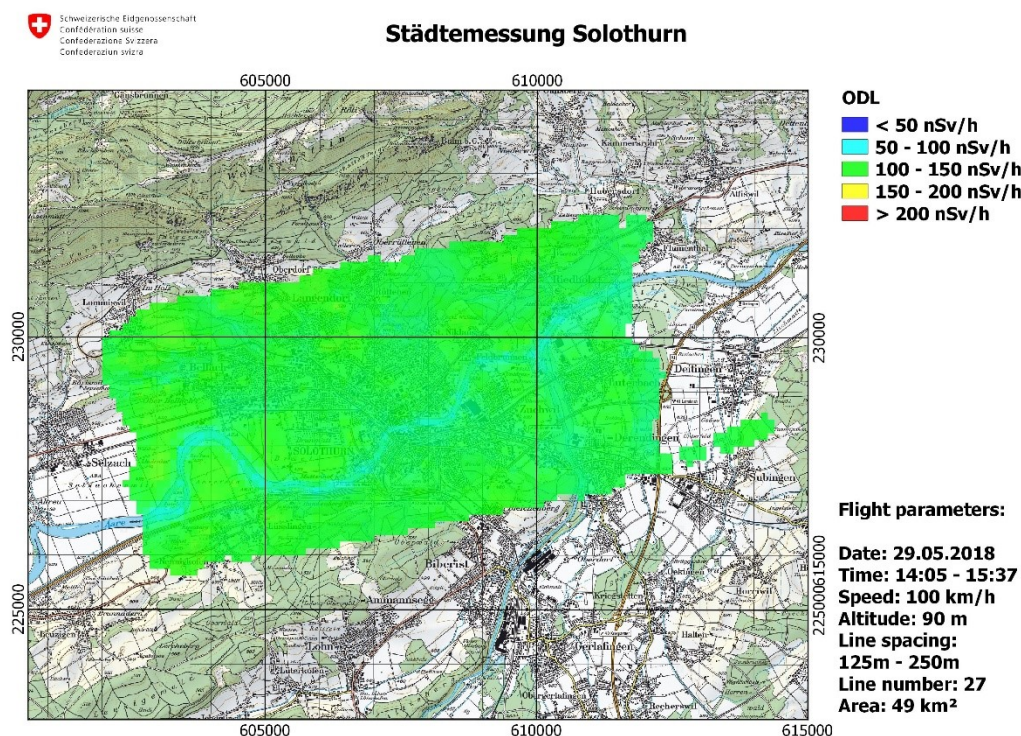


Abbildung 7: Stadt Solothurn und Umgebung: Karte der Ortsdosisleistung.

3.2.3 Stadt Solothurn und Umgebung: Cäsium (Cs-137)

Die Karte der Cs-137-Aktivität in Abbildung 8 zeigt, analog zur ODL-Karte, keine Auffälligkeiten, welche auf ein Vorkommen von radioaktivem Cäsium hinweisen würden.

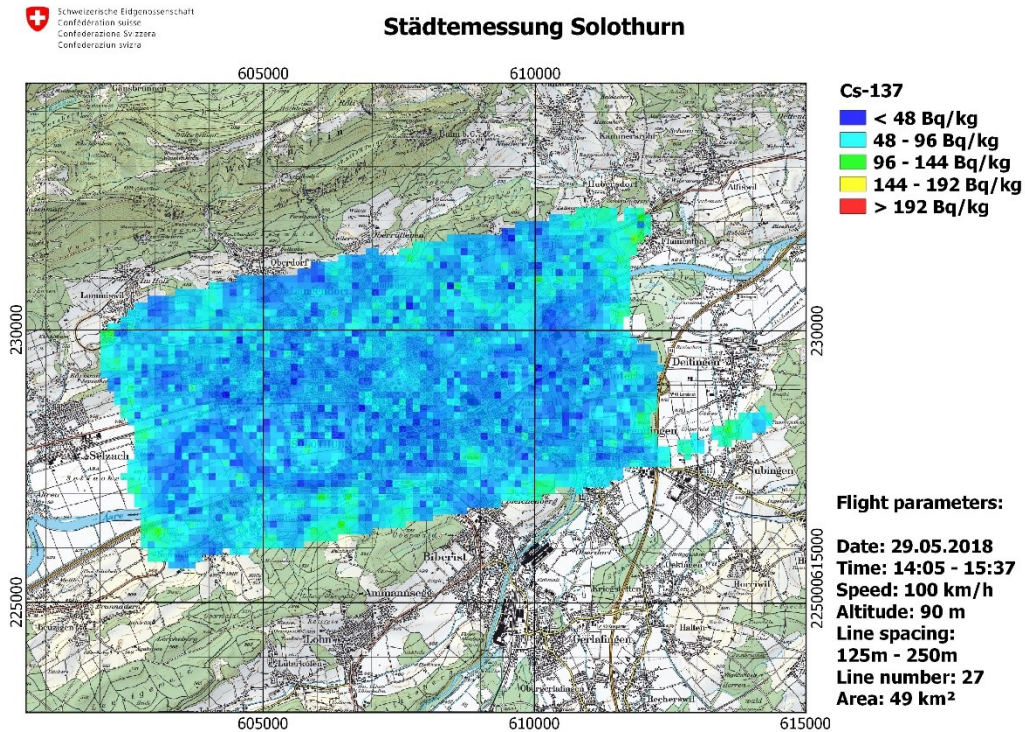


Abbildung 8: Stadt Solothurn und Umgebung: Cs-137-Karte.

3.2.4 Stadt Freiburg und Umgebung: Angaben zum Messflug

Datum: 30.05.2018
Fluglinien: Abstand 250 m, 26 Linien
Flugzeit: 1 h 30 min
Fluggebiet: ca. 44 km²
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

3.2.5 Stadt Freiburg und Umgebung: Ortsdosisleistung

In Abbildung 9 ist die Karte der Ortsdosisleistung dargestellt. Es sind keine Auffälligkeiten zu erkennen. Gut sichtbar sind die geringeren ODL-Messwerte über dem Fluss Saane, da dort die terrestrische Strahlung durch das Wasser abgeschirmt wird. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

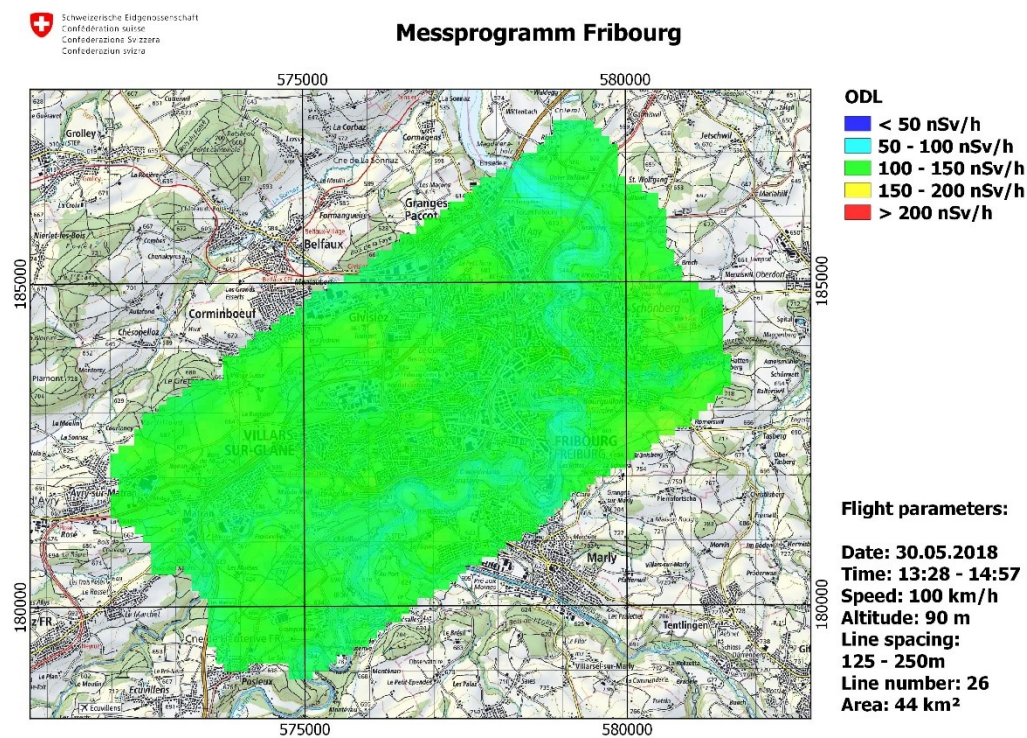


Abbildung 9: Stadt Freiburg und Umgebung: Karte der Ortsdosisleistung.

3.2.6 Stadt Freiburg und Umgebung: Cäsium (Cs-137)

Die Karte der Cs-137-Aktivität, dargestellt in Abbildung 10, zeigt analog zur ODL-Karte keine Auffälligkeiten, welche auf ein Vorkommen von radioaktivem Cäsium hinweisen würden.

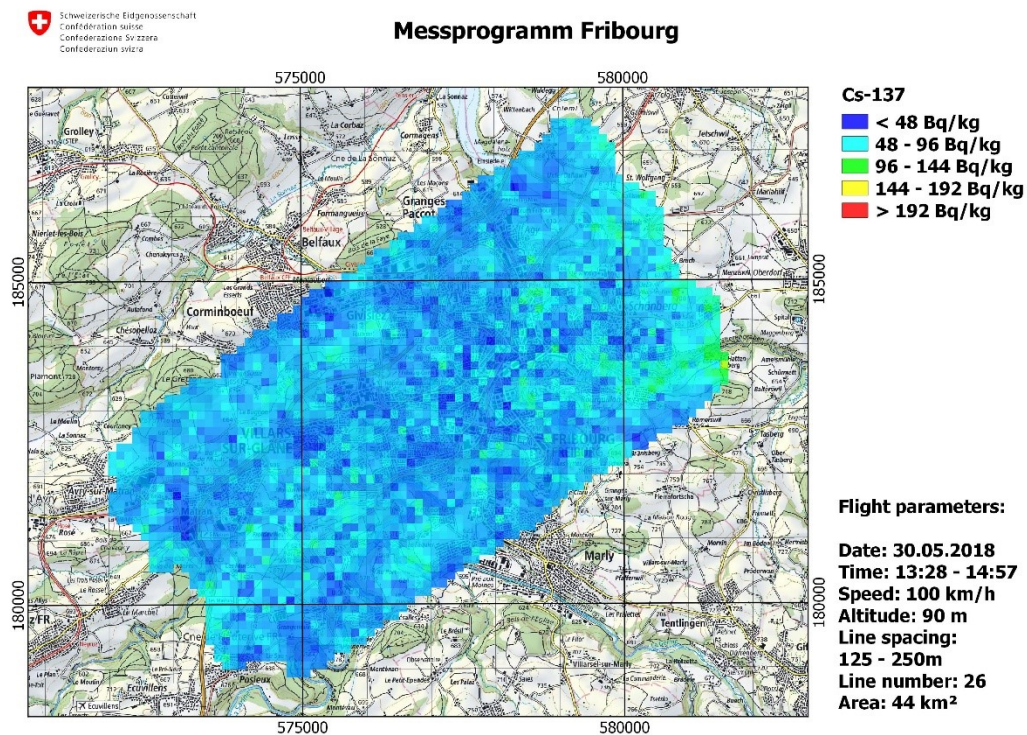


Abbildung 10: Stadt Freiburg und Umgebung: Cs-137-Karte.

3.3 Messresultate der geologisch interessanten Gebiete

Zwei geologisch interessante Gebiete wurden in der ARM18-Messkampagne gemessen, nämlich das Gebiet Mont-Vully auf Anfrage des PSI (Dissertation zum natürlichen Uranvorkommen im Grund- und Oberflächenwasser des Schweizer Mittellands) und die Transversale Bern – Thun – Spiez – Kandersteg.

3.3.1 Region Mont-Vully: Angaben zum Messflug

Datum: 30.05.2018
Fluglinien: Abstand 250 m, 25 Linien
Flugzeit: 1 h 31 min
Fluggebiet: ca. 76 km²
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

3.3.2 Region Mont-Vully: Ortsdosisleistung

Abbildung 11 zeigt die Karte der Ortsdosisleistung. Es wurden normale Werte gemessen und keine Auffälligkeiten festgestellt. Die höchste im Messgebiet ermittelte Dosisleistung beträgt 132 nSv/h. Dieser Wert liegt im normalen Schwankungsbereich.

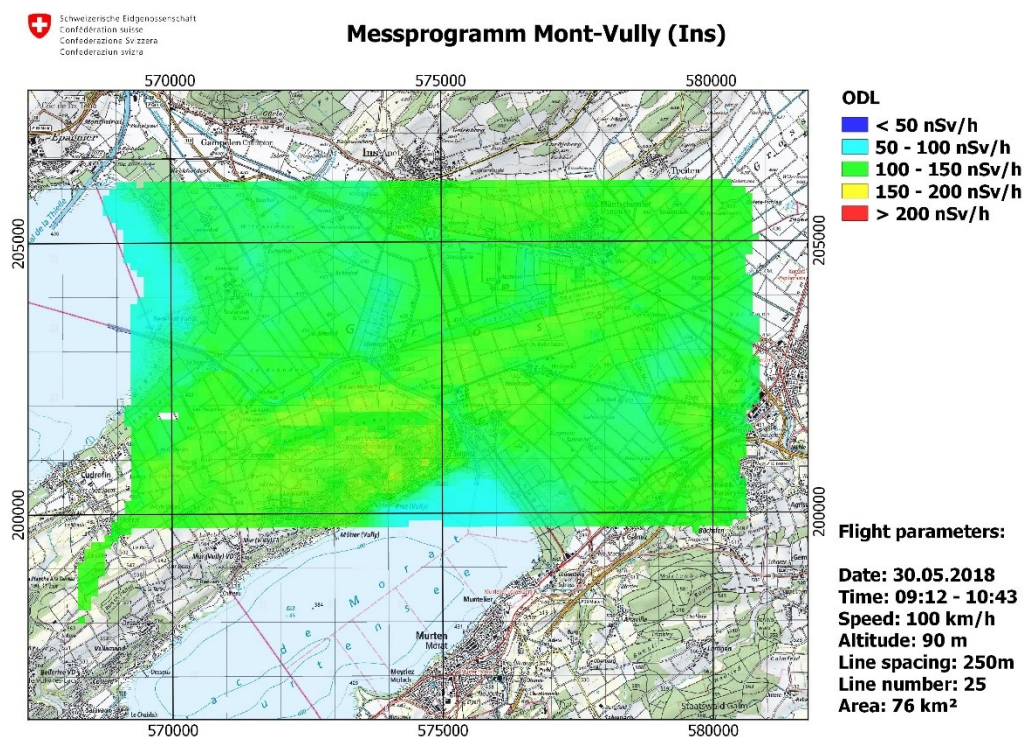


Abbildung 11: Region Mont-Vully: Karte der Ortsdosisleistung.

3.3.3 Region Mont-Vully: Kalium (K-40) und Uran(U-238)

Die leichten Schwankungen der Dosisleistung werden durch unterschiedliche Konzentrationen des natürlichen Radionuklids K-40 verursacht. In Abbildung 12 sind erhöhte K-40-Konzentration vor allem über Ackerflächen zu erkennen. Hier kann auch die Ausbringung von Kalidünger eine Rolle spielen. Aufgrund von Querempfindlichkeiten stören die von K-40 ausgesendeten Photonen das eigentliche Ziel der Urankartierung und in der entsprechenden Karte in Abbildung 13 lässt sich kein U-238 eindeutig erkennen.

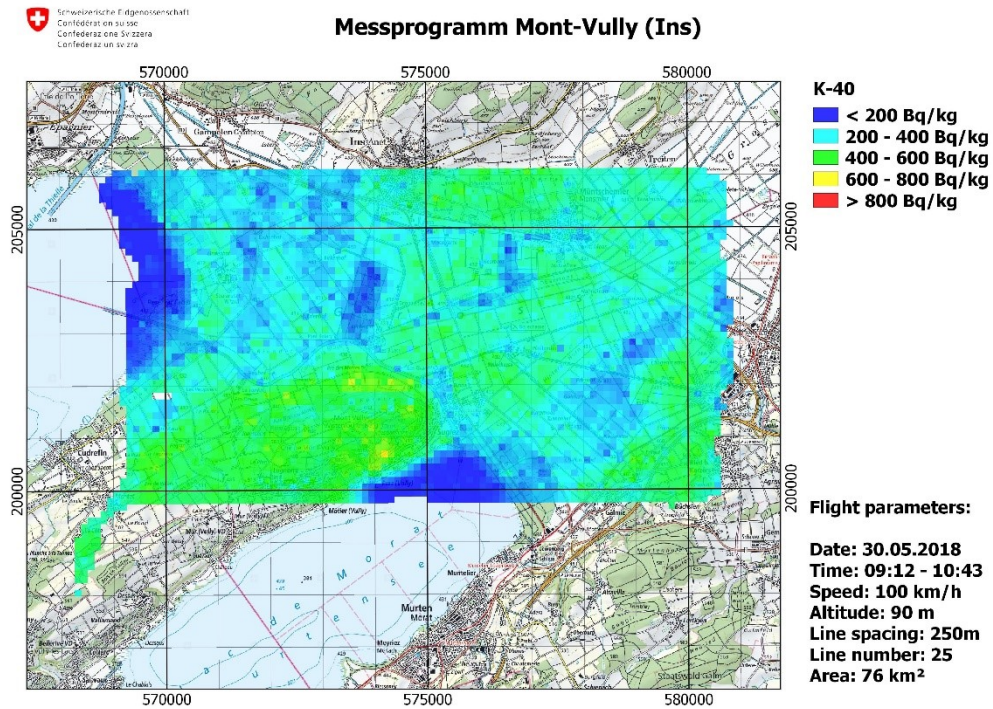


Abbildung 12: Region Mont-Vully: K-40-Karte.

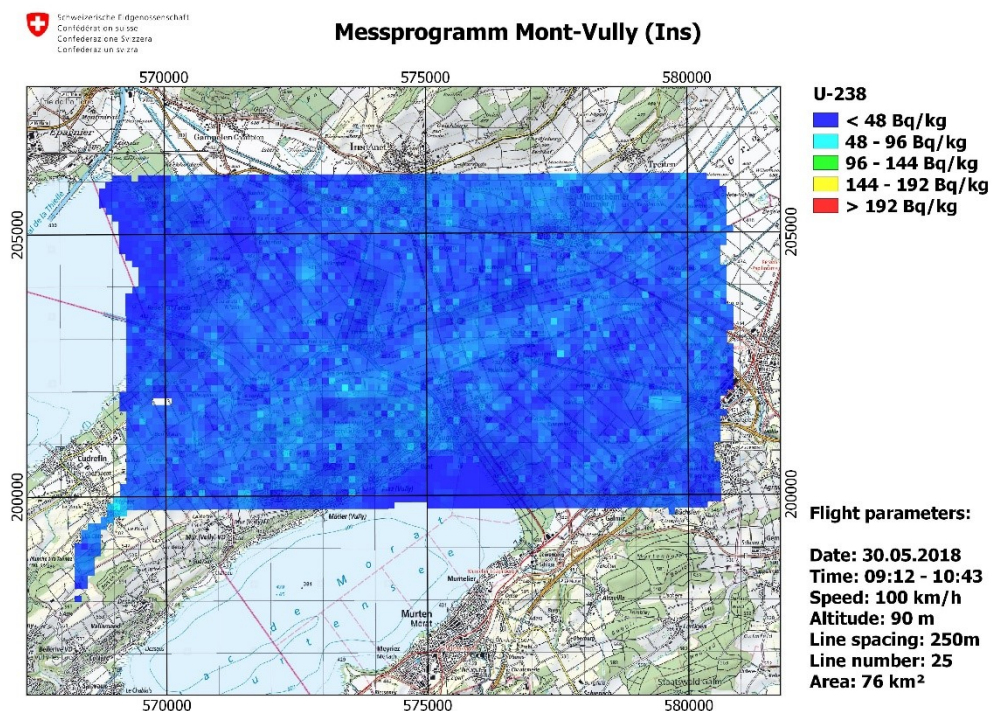


Abbildung 13: Region Mont-Vully: U-238-Karte.

3.3.4 Angaben zum Messflug Transversale Bern – Kandersteg:

Datum: 31.05.2018
Fluglinien: 1 Linie
Flugzeit: 22 min
Fluggebiet: 60 km, ca. 30 km²
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

3.3.5 Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung, dargestellt in Abbildung 14, zeigt normale Werte und keine Auffälligkeiten.

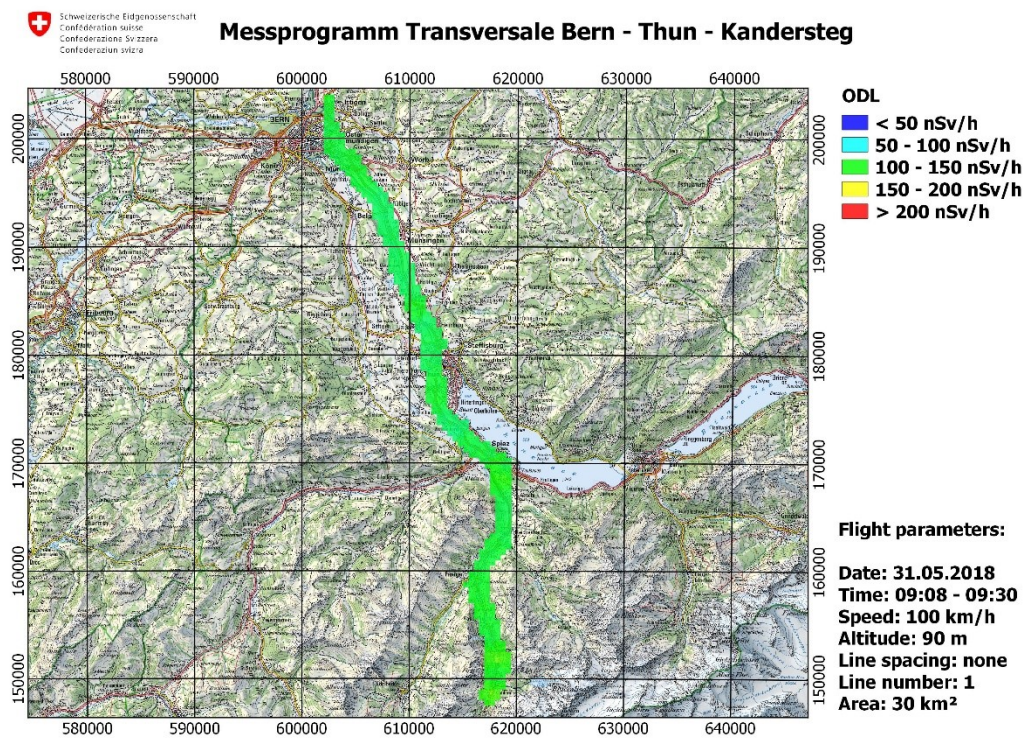


Abbildung 14: Transversale Bern – Kandersteg: Karte der Ortsdosisleistung.

3.3.6 Karte der natürlichen terrestrischen Strahlung

Die effektiv gemessene Ortsdosisleistung setzt sich aus einer kosmischen und einer terrestrischen Komponente zusammen. Die kosmische Komponente ist dabei abhängig von der Flughöhe (Höhe über Meer): Je höher man fliegt, desto höher die kosmische Strahlung. Das Profil der Transversale Bern – Kandersteg enthält aufgrund der Topographie stark schwankende Flughöhen. Der terrestrische Anteil der Dosisleistung stammt von den natürlichen Radionukliden im Boden. Mithilfe der Daten aus Steigflügen über Seen (vgl. Kapitel 2.5) kann der kosmische Anteil bestimmt und von der gesamten gemessenen Ortsdosisleistung subtrahiert werden. Daraus resultiert eine Karte der terrestrischen Dosisleistung (Abbildung 15). Diese zeigt keine Auffälligkeiten.

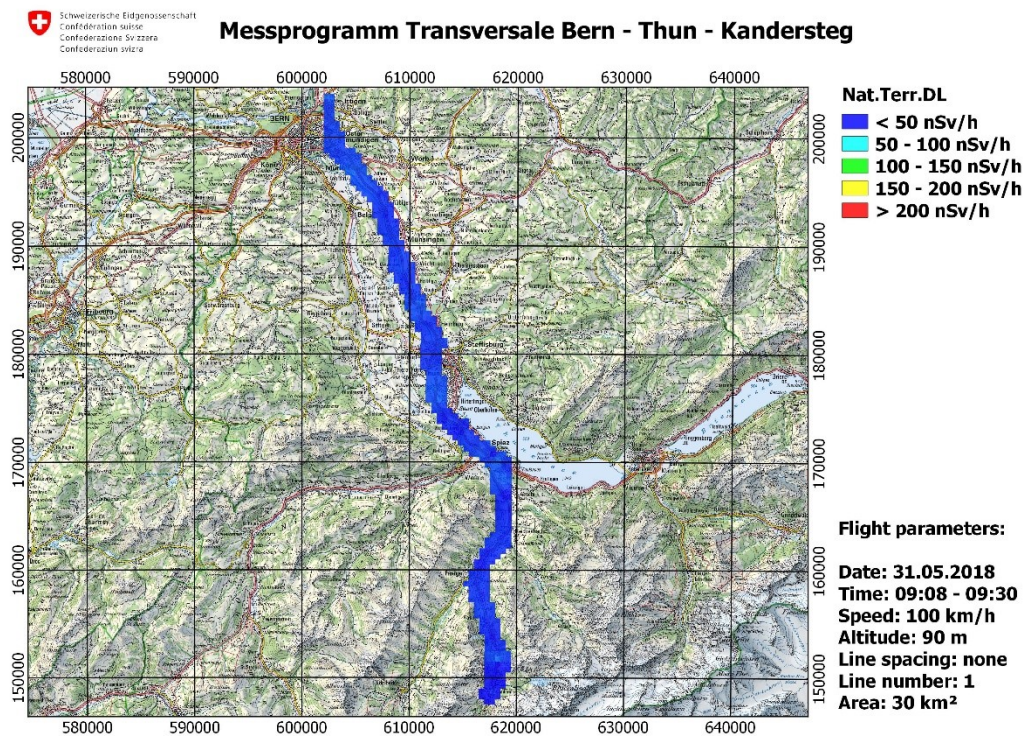


Abbildung 15: Transversale Bern – Kandersteg; Karte der natürlichen terrestrischen Strahlung.

3.4 Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 2018

- Die Ziele der Aeroradiometrie-Messwoche 2018 wurden vollumfänglich erreicht. Alle Messflüge konnten gemäss Programm durchgeführt werden.
- Im Zentrum stand die Umschulung auf das neue Messsystem (RLL07 System). Mit Unterstützung des Kompetenzzentrums ABC-KAMIR wurde die Messequipe kompetent in das System eingeführt. Die Prozeduren rund um das System konnten soweit angepasst werden, dass damit die etablierten Abläufe der Aeroradiometrie der NAZ beibehalten werden können.
- Alle Mitglieder der Messequipe konnten sich mit den Eigenheiten des neuen Systems und den damit verbundenen Abläufen eingehend vertraut machen.
- Die Prozeduren haben sich im Einsatz bewährt und alle erteilten Aufträge wurden erfolgreich erledigt. Mit den neu definierten Prozeduren konnten die Produkte nach Erhalt der Messdaten innerhalb einer halben Stunde erstellt werden.
- Die Zusammenarbeit mit den Piloten ist eingespielt und ermöglicht eine effiziente Erfüllung der Missionen. In diesem Zusammenhang ist die Möglichkeit des neuen Systems, einen Bildschirm der Messkonsole auf ein Display im Cockpit zu spiegeln, ein grosser Vorteil für Piloten und Operatoren. Diese Funktion ermöglicht es unter anderem, den Piloten spezifische Messpunkte unmissverständlich mitzuteilen. Dies wird sich insbesondere beim regelmässig trainierten Einsatzszenario, bei dem eine radioaktive Quelle lokalisiert werden muss, als hilfreich erweisen.
- Weitere Verbesserungen des neuen Systems sind die real-time Datenübertragung unter besonderen Bedingungen sowie die automatische Nuklididentifikation. Die deutlich verbesserte Ergonomie des Systems erleichtert zudem die Handhabung durch die Operatoren im Einsatz.
- In einer Pendenzenliste wird der Bedarf an weiteren kleinen Verbesserungen und Überprüfungen festgehalten. Diese Pendenzen werden in den nächsten Monaten in Angriff genommen.
- 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 γ -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 m²) für eine Flughöhe von 90 m über Boden darstellen. Zum Vergleich: Bodenmessungen decken nur eine Fläche von rund 80 m² 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 Paul Scherrer Institut wird die durch die Beschleunigeranlage induzierte Streustrahlung (PSI-West) resp. die Strahlung von radioaktiven Abfällen (Bundeszwischenlager (BZL) 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.