



Cristina Poretti, Gerald Scharding
30.06.2017

Übung Aeroradiometrie 2017 vom 22.06. - 30.06.2017

Übungsbericht und Messresultate



Übung Aeroradiometrie 2017 vom 22.06. - 30.06.2017

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Übung Aeroradiometrie 2017	5
2.1	Internationale Messübung mit Aeroradiometrieteams aus Deutschland, Frankreich und der Tschechischen Republik 26.-30.06.17	5
2.2	Vergleichsmessungen in Referenzgebieten	5
2.3	Überprüfung der Systemkalibrierungen mit Höhenprofilen	5
2.4	Gemeinsame Quellensuche und Ausmessung eines grossen Gebietes.....	5
2.5	Training konstanter Flughöhe bei einem topografisch anspruchsvollen Flug.....	6
2.6	Messflüge im Auftrag des ENSI	6
2.7	Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams	6
2.8	Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden	6
2.9	Beteiligte Partnerorganisationen	6
3	Resultate der Übung ARM 17	8
3.1	Messresultate Region Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg.....	8
3.1.1	Angaben zum Messflug Kernkraftwerk Gösgen:	8
3.1.2	Karte der Ortsdosisleistung Gösgen	8
3.1.3	Cäsium-Karte Gösgen	9
3.1.4	Angaben zum Messflug Kernkraftwerk Mühleberg	9
3.1.5	Karte der Ortsdosisleistung Mühleberg	10
3.1.6	Cäsium-Karte.....	10
3.2	Messresultate der internationalen Messübung	11
3.2.1	Aufgabe „Gemeinsame Quellensuche und Ausmessung eines grossen Gebietes“ (CM+HS).....	11
3.2.2	Resultate Quellensuche	13
3.2.3	Resultate des Schweizerischen Teams CH01:.....	15
3.2.4	Resultate des „Composite Mapping“ (alle Teams):.....	16
3.2.5	Angaben zum Messflug RM1 „Referenzgebiet: Murgtal“	17
3.2.6	Karte der Ortsdosisleistung RM1 „Referenzgebiet: Murgtal“	18
3.2.7	K-40 Karte RM1 „Referenzgebiet: Murgtal“	18
3.2.8	U-238 Karte RM1 „Referenzgebiet: Murgtal“	19
3.2.9	Angaben zum Messflug RM2 „Referenzgebiet: Linthebene“	20
3.2.10	Karte der Ortsdosisleistung RM2 „Referenzgebiet: Linthebene“	21
3.2.11	Angaben zum Messflug TP „Transversale: Neubrunn - Wartau“	21
3.2.12	Karte der Terrestrischen Dosisleistung TP „Transversale: Neubrunn - Wartau“ ...	21
3.2.13	Angaben zum Messflug AP „Steigflug über den Zugersee“	22
4	Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 17.....	23
5	Aeroradiometrie allgemein.....	23
5.1	Wie funktioniert die Aeroradiometrie?	23
5.2	Auswertung aeroradiometrischer Daten	23
5.3	Messergebnisse in der Umgebung der Kernanlagen.....	24

1 Zusammenfassung

Der Schwerpunkt der Aeroradiometrie-Übung 2017 war eine internationale Übung mit sechs Messteams aus vier Ländern. Zehn Jahre nach der letzten internationalen Aeroradiometrie-Übung in der Schweiz (Basel 2007 mit Teams aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz) wurden Messteams aus Deutschland, Frankreich und der Tschechischen Republik eingeladen, um gemeinsame, sich ergänzende Messungen durchzuführen und so die Zusammenarbeit für den Ereignisfall zu üben.

Die internationale Übung dauerte fünf Tage (26. - 30. Juni 2017) und bestand aus fünf verschiedenen Messaufgaben mit verschiedenen Zielen, welche die Teams an verschiedenen Tagen absolvierten. Kernstück war die gemeinsame Quellensuche am 27.6.: Die sechs Teams (Schweiz 1 und 2, Deutschland 1 und 2, Frankreich, Tschechische Republik) erhielten die Aufgabe, ein ca. 2900 km² grosses Gebiet in der Ostschweiz auszumessen und drei darin positionierte Quellen zu identifizieren. Die Messcrews mussten die Messgebiete und Flugpläne aufeinander abstimmen und ihre Messstrategie definieren, um das ganze Gebiet innerhalb eines Tages abzufliegen.

Bereits in der Vorwoche wurde das Pflichtprogramm mit den Messungen in der Umgebung der Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg im Auftrag des ENSI durchgeführt.

Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2017:

1. Die internationale Zusammenarbeit im Einsatz hat gut funktioniert. Die Messteams aus der Schweiz, Deutschland, Frankreich und der Tschechischen Republik waren in der Lage, gemeinsam die gestellten Messaufträge zu erfüllen; die Systeme wurden zeitgerecht koordiniert eingesetzt und die Messdaten erfolgreich zusammengeführt.
2. Der internationale Austausch hat einen Mehrwert für alle beteiligten Messteams und die eingeladenen Beobachter gebracht. Die Kenntnisse über die Einsatzdoktrin und die Fähigkeiten der unterschiedlichen Messsysteme wurde verbessert und die direkten Kontakte vertieft.
3. Bei der Übung „gemeinsame Quellensuche in einem grossen Gebiet“ wurden die ausgelegten Quellen schnell gefunden, das zugehörige Radionuklid identifiziert und die Ergebnisse direkt vom Helikopter zur Bodenstation gemeldet. Ein zusätzliches Ziel war die Erstellung einer gemeinsamen Karte des gesamten Messgebiets (Composite Mapping). Dieses Ziel wurde in der vorgegebenen Zeit (innerhalb 6h) erreicht.
4. Durch Vergleichsmessungen in zwei Referenzgebieten, die Überprüfung der Systemkalibrierungen mit Höhenprofilen über dem Zuger See und dem Abfliegen eines Geländeprofiles zwischen Neubrunn und Wartau konnten wertvolle Erkenntnisse und Vergleiche zwischen den einzelnen Messsystemen gewonnen werden. Diese verbessern die gemeinsame Datennutzung im Ereignisfall.
5. In der Umgebung der Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen konnte ausserhalb der Betriebsareale keine Ablagerung von künstlicher Radioaktivität festgestellt werden.
6. Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

Aufgrund der meteorologischen Lage mussten teilweise die Flugparameter (Flughöhe und Fluglinien) leicht angepasst werden. Alle Messgebiete, ausser die Transversale des Schweizer Teams CH01 am Montag, konnten nach Plan gemessen werden.

2 Übung Aeroradiometrie 2017

Die diesjährigen Messflüge fanden vom 22 bis 30. Juni vor allem in der Zentral- und der Ostschweiz statt. Start- und Landebasis für die Flüge war der Flugplatz Dübendorf.

2.1 Internationale Messübung mit Aeroradiometrietams aus Deutschland, Frankreich und der Tschechischen Republik 26.-30.06.17

Zehn Jahre nach der letzten internationalen Aeroradiometrie-Übung in der Schweiz wurden Messteams aus Deutschland, Frankreich und der Tschechischen Republik eingeladen, um gemeinsame, sich ergänzende Messungen durchzuführen und so die Zusammenarbeit für den Ereignisfall zu üben. Die übergeordneten Ziele der Messwoche waren die folgenden:

- Training der für einen Einsatz notwendigen Kenntnisse
- Erfahrungsaustausch unter internationalen Partnern
- Training von internationalen Messeinsätzen, besonders
- Koordination der Messflüge in demselben Gebiet
- Gemeinsame Quellensuche
- Datenaustausch und -abgleich unter den Teams

Die Messübung bestand aus vier Modulen in fünf Gebieten, bei denen verschiedene Aspekte der Zusammenarbeit und der Messtechnik trainiert wurden: Vergleichsmessungen in Referenzgebieten, Überprüfung der Systemkalibrierungen mit Höhenprofilen, gemeinsame Quellensuche in einem grossen Gebiet und das Abfliegen eines topografisch anspruchsvollen Gelände profils.

2.2 Vergleichsmessungen in Referenzgebieten

Im Modul „Referenzgebiete (RM)“ haben alle Teams dieselben Gebiete unter verschiedenen Bedingungen vermessen. Danach wurden die Resultate ausgewertet und miteinander verglichen, um Erkenntnisse über die Kompatibilität der Messsysteme und -daten zu gewinnen. Als Referenzgebiete wurden mit der Linthebene und dem Gebiet Murgthal-Mürtschenalp zwei topografisch und geologisch unterschiedliche Gebiete ausgewählt. Während die Linthebene ein flaches Gelände mit homogener Verteilung der natürlichen Radionuklide aufweist, ist das Referenzgebiet Murgthal-Mürtschenalp sowohl topografisch als auch durch vorhandene Uran-Vererzungen radiologisch anspruchsvoller.

2.3 Überprüfung der Systemkalibrierungen mit Höhenprofilen

Im Modul „Höhenprofile (AP)“ wurde kein Raster von Linien geflogen, sondern es wurden lediglich Punktmessungen in verschiedenen Höhen vorgenommen. Dies diente der Überprüfung der Messsystem-Kalibrierung, woraus wiederum Erkenntnisse über die Kompatibilität der verschiedenen Systeme gewonnen werden können. Die Höhenprofile wurden wie in früheren Messwochen über einem Gewässer (Zugersee) ausgeführt, welches die terrestrische Strahlung absorbiert. So kann der Einfluss der kosmischen Strahlung auf das Messsignal bestimmt werden.

2.4 Gemeinsame Quellensuche und Ausmessung eines grossen Gebietes

Am Dienstag, 27. Juni 2017 fand die gemeinsame Quellensuche („CM + HS“) im Raum Rütli-Frauenfeld-Kreuzlingen-St. Gallen statt. Ziel dieses Übungsteils war das Auffinden von radioaktiven Quellen in einem Gebiet von rund 2900 km². Diese zu Übungszwecken auf Militärbereichen ausgelegten radioaktiven Quellen wurden permanent bewacht und stellten weder für die Bevölkerung noch für die Umwelt eine Gefahr dar. Im Vordergrund stand dabei die Koordination der Messflüge, da das Gebiet aus Effizienzgründen auf die Messteams aufgeteilt wurde. Die Fähigkeit des gemeinsamen Kartierens eines grossen Gebietes sowie das Zu-

sammenführen der Messresultate („Composite Mapping“) ist im Ereignisfall von grosser Bedeutung und stellte daher ein Hauptbestandteil der diesjährigen Aeroradiometrie-Übung dar.

2.5 Training konstanter Flughöhe bei einem topografisch anspruchsvollen Flug

Als viertes Modul der internationalen Messwoche stand das Ausmessen des Geländeprofiles („TP“) zwischen Neubrunn und Wartau auf dem Programm. Diese Transversale stellte die Messteams vor verschiedene topografische Herausforderungen, da für die aeroradiometrischen Messungen auch in bergigem Gebiet stets eine konstante Flughöhe eingehalten werden muss.

2.6 Messflüge im Auftrag des ENSI

Alle Schweizer Kernanlagen werden im Auftrag des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) im Zweijahresrhythmus ausgemessen. Turnusgemäss wurden dieses Jahr die Kernkraftwerke Gösigen (KKG) und Mühleberg (KKM) aeroradiometrisch vermessen.

2.7 Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams

Folgende weitere Ziele sollten in der Messwoche erreicht werden:

- Zeitgerechter Einbau und Herstellung der Einsatzbereitschaft des Messgeräts.
- 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 Operator).
- Darstellung der Messresultate: Eine Zusammenstellung und Interpretation der Resultate liegt innert 2 Stunden nach dem letzten Flug vor.
- Überprüfung und Aktualisierung der Einsatzdokumentation.

2.8 Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden

Aufgrund der Lärmemissionen der Messhelikopter wurde Wert auf eine umfassende Vorabinformation der Bevölkerung gelegt. Dazu wurden die Behörden aller betroffenen 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. In einer Medienmitteilung vom 20.06.2017 wurden die Messflüge angekündigt. Lokalmedien, insbesondere Lokalradios in den betroffenen Gebieten, wurden zusätzlich auf die entsprechenden Daten aufmerksam gemacht. Partner und Behörden wurden aktiv informiert.

Am 26. Juni wurde eine Medienkonferenz zur internationalen Übung in Dübendorf veranstaltet. Dabei stellten sich die Messteams aller Staaten vor und standen für Medienanfragen zur Verfügung. Ein Team des Westschweizer Fernsehens begleitete die Übung für eine Reportage am Nachmittag des 26. Juni.

2.9 Beteiligte Partnerorganisationen

Folgende Organisationen waren in der Vorbereitung und Durchführung der Übung Aeroradiometrie 2017 involviert:

- Nationale Alarmzentrale und Stab BR NAZ
- Schweizer Luftwaffe
- Paul Scherrer Institut PSI
- Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
- Kompetenzzentrum ABC-KAMIR
- Deutsches Team: Bundesamt für Strahlenschutz – BfS, Bundespolizei-Flugdienst – BPOLFLD

- Französisches Team: Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN
- Tschechisches Team: Nationales Strahlenschutzinstitut – SÚRO
- Indermühle AG

Die NAZ und das Aeroradiometrieteam danken allen Beteiligten für die Zusammenarbeit. Unser besonderer Dank gilt den verschiedenen Stellen, deren Unterstützung für die Durchführung der internationalen Übung unabdingbar war: Schweizer Armee (Führungsstab der Armee, Luftwaffe, Flugplatz Dübendorf, Waffenplätze Frauenfeld und Herisau-Gossau), Paul Scherrer Institut, (Übungsdesign und Beaufsichtigung radioaktiver Quellen (Strahlenschutz)) und Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat.

3 Resultate der Übung ARM 17

3.1 Messresultate Region Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg

Turnusgemäss wurden dieses Jahr die Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg aeroradiometrisch gemessen. Im Messgebiet wurde auch ein zweiter Superpuma eingesetzt. Dieser Helikopter des Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee flog mit der neuen Messausrüstung, welche das derzeit eingesetzte Gerät ablösen soll. Die parallelen Messungen ermöglichen einen direkten Vergleich der Messresultate.

3.1.1 Angaben zum Messflug Kernkraftwerk Gösgen

Datum: 22.06.2017
Fluglinien: Abstand 250 m, 28 Linien
Flugzeit (Messzeit): 2.0 h
Fluggebiet: Umgebung Kernkraftwerk Gösgen, ca. 85 km²
Flughöhe über Grund: ca. 90 m
Bemerkung: KKG wegen Jahresrevision abgeschaltet.

3.1.2 Karte der Ortsdosisleistung Gösgen

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt ausserhalb des Betriebsareals des Kernkraftwerks Gösgen normale Werte. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe (insbesondere der Aare) sowie auf die Vegetation zurückzuführen. Aufgrund der Abschirmung der terrestrischen Strahlung durch das Wasser fallen die Messwerte direkt über der Aare niedriger aus. Gegenüber allen bereits in früheren Jahren gemessenen Gebieten in der Umgebung des Kernkraftwerks konnte keine Veränderung festgestellt werden.

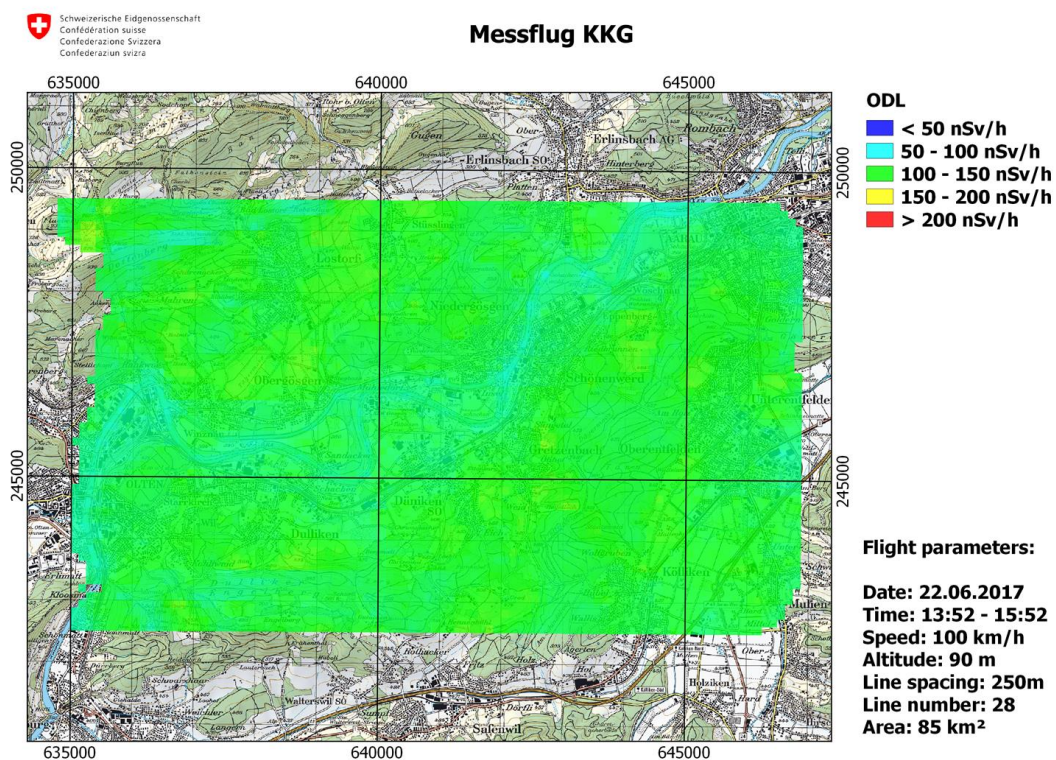


Abb. 1: Karte der Ortsdosisleistung im Gebiet des Kernkraftwerks Gösgen.

3.1.3 Cäsium-Karte Gösgen

Auf der Cäsium-Karte wurden keine erhöhten Werte festgestellt, die auf ein Vorkommen von radioaktiven Cäsium hinweisen.

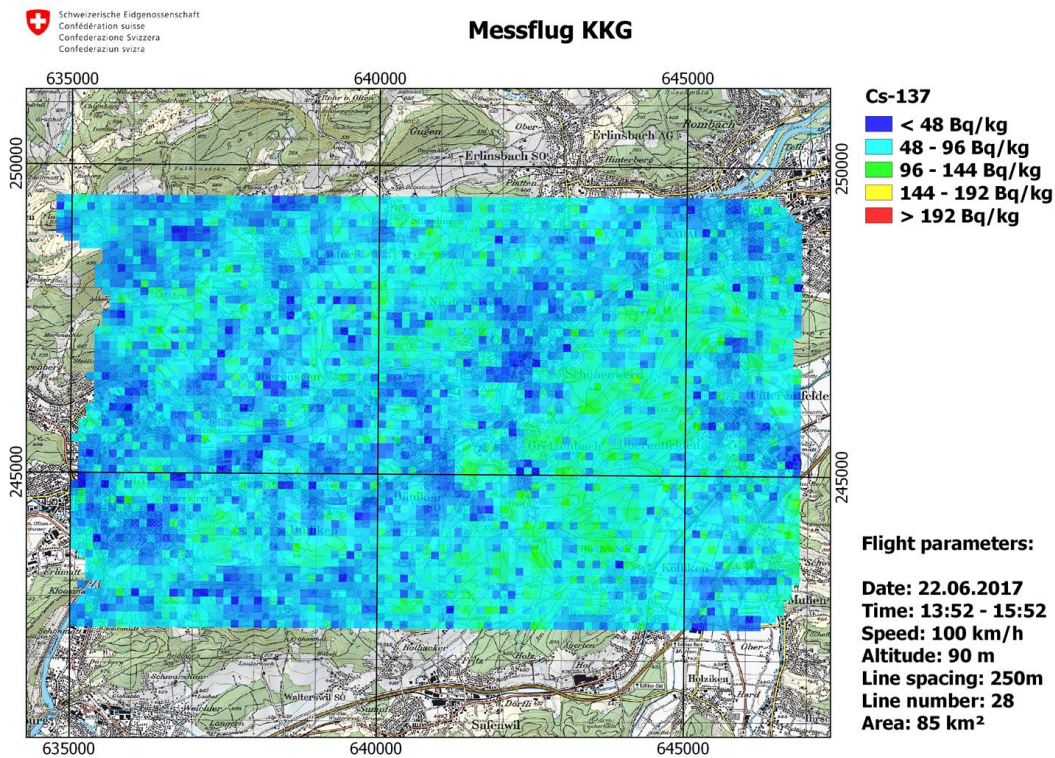


Abb. 2: Cäsium-Karte im Gebiet des Kernkraftwerks Gösgen.

3.1.4 Angaben zum Messflug Kernkraftwerk Mühleberg

Datum:	23.06.2017
Fluglinien:	Abstand 250 m, 28 Linien
Flugzeit (Messzeit):	2.5 h
Fluggebiet:	Umgebung Kernkraftwerk Mühleberg, ca. 99 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

3.1.5 Karte der Ortsdosisleistung Mühleberg

Das Kernkraftwerk Mühleberg ist auf der Karte klar zu erkennen. Die Erhöhung der Ortsdosisleistung direkt über dem KKM 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.

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

Deutlich sichtbar ist der Wohlensee mit tiefen Werten, aufgrund der Abschirmung der terrestrischen Strahlung durch das Wasser.

Gegenüber allen bereits in früheren Jahren gemessenen Gebieten in der Umgebung des Kernkraftwerks konnte keine Veränderung festgestellt werden.

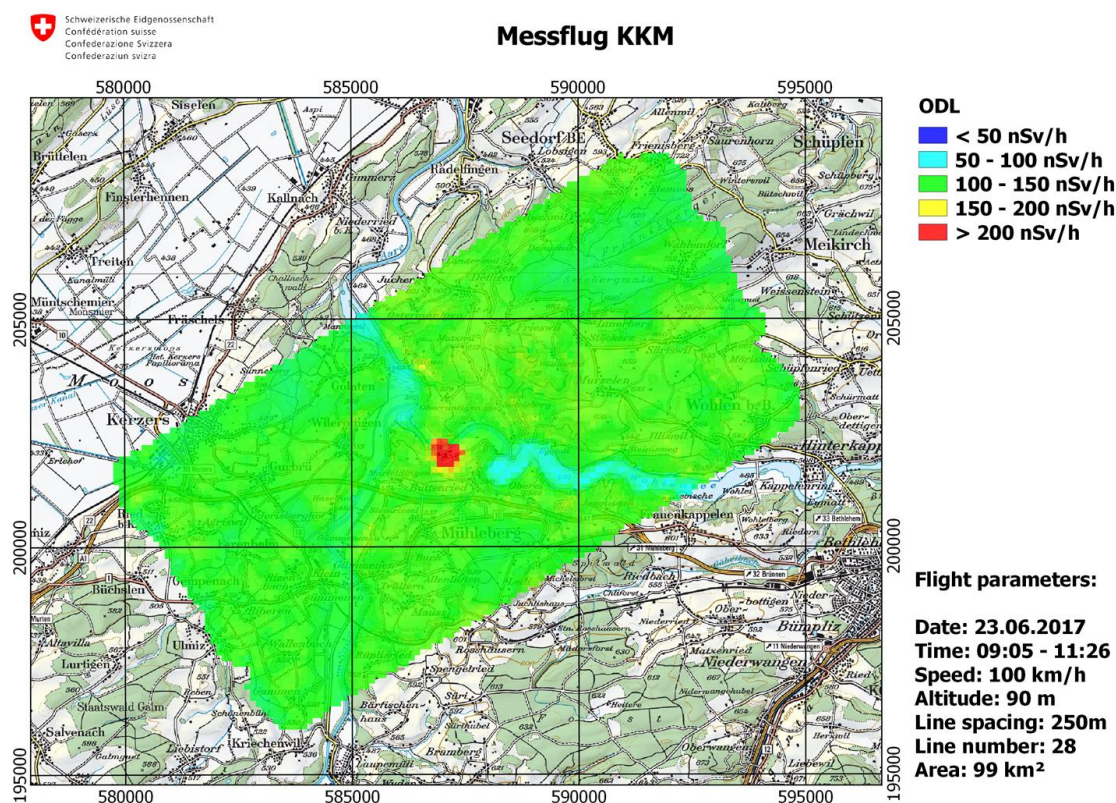


Abb. 3: Karte der Ortsdosisleistung im Gebiet des Kernkraftwerks Mühleberg

3.1.6 Cäsium-Karte

Zum Zeitpunkt des Überflugs war gemäss Informationen des Kernkraftwerkes Mühleberg die Fassmessanlage in Betrieb. Diese misst den radioaktiven Abfall in den Fässern und befindet sich am südlichen Rand des KKM. Beim Verschieben der Fässer vom Zwischenlager zur Fassmessanlage und wieder zurück sind die Abschirmungen zum Zugangsschacht des Zwischenlagers geöffnet. Dadurch sind während dieser Zeit Abfälle im Zwischenlager von oben detektierbar. Auf der Cs-Karte wurden ausserhalb des Areales keine erhöhten Werte festgestellt, die auf ein Vorkommen von radioaktivem Cäsium hinweisen.

Messflug KKM

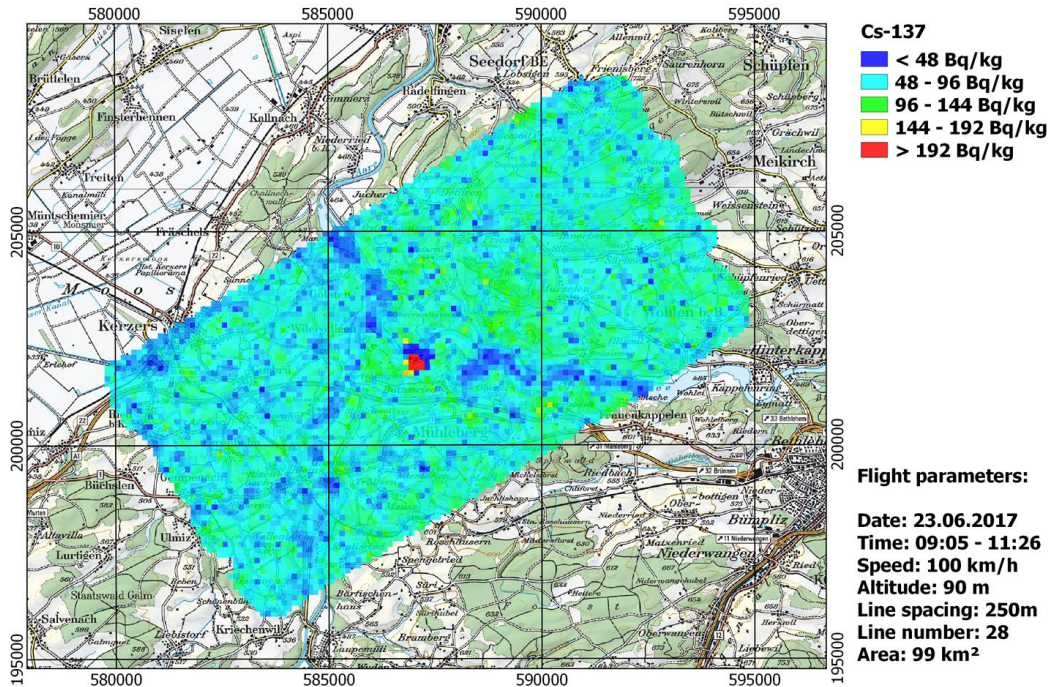


Abb. 4: Cäsium-Karte im Gebiet des Kernkraftwerks Mühleberg

3.2 Messresultate der internationalen Messübung

3.2.1 Aufgabe „Gemeinsame Quellensuche und Ausmessung eines grossen Gebietes“ (CM+HS)

Das Ziel der Aufgabe war, zwei versteckte Quellen in einem Gebiet von rund 2900 km² in der Ost-Schweiz (Raum Rütli-Frauenfeld-Kreuzlingen-St. Gallen) zu finden. Die radioaktiven Quellen wurden extra für diese Übung auf Militärarealen ausgelegt und wurden permanent bewacht. Sie stellten weder für die Bevölkerung noch für die Umwelt eine Gefahr dar. Der Auftrag wurde am Montag morgen an die Messequipes erteilt und die Equipes hatten einen Tag Zeit um die Messstrategie zu planen. Die Taskforce der Messteams führte im Verlauf der Übung drei Briefings durch.

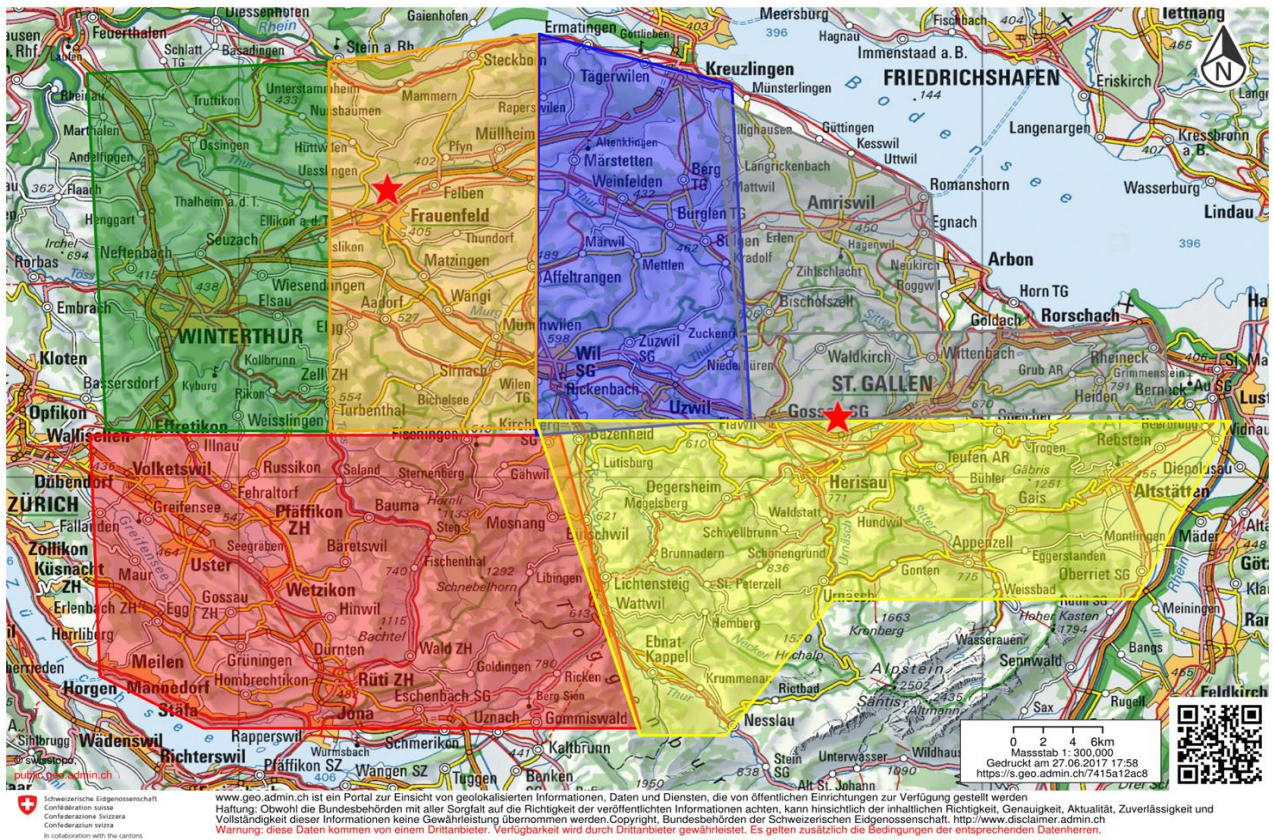


Abb. 5: Aufteilung der Gebiete zwischen den Teams und Quellenstandorte (Sternsymbol)

Vorbereitung

Am Montag nach dem offiziellen Briefing trafen sich Vertreter aller Teams zur ersten von drei Besprechungen. Im ersten Briefing wurde das Gesamtgebiet gemäss den flugtechnischen Restriktionen zwischen den Teams aufgeteilt und die Teams wurden aufgefordert die optimalen Flugparameter basierend auf einem ersten Vorschlag abzuschätzen. Im zweiten Briefing stellte jedes Team seine Einschätzung von optimalen Flugparametern und der daraus resultierenden geografischen Abdeckung vor. Die Teams einigten sich auf eine Flughöhe zwischen 400 und 600ft (120-200m) und einen Linienabstand zwischen 500 und 750m. Alle Teams stellten fest, dass die Fläche in der vorgegeben Flugzeit nur knapp abgeflogen werden kann. Für das dritte Briefing wurden die Teams aufgefordert die finalen Flugbahnen zu erstellen und mit den Piloten abzusprechen. Ausserdem wurden die Koordinaten aller Teamgebiete zentral erfasst, um sicherzustellen, dass keine Lücke im Messgebiet verblieb. Weiter wurden Kommunikationskanäle zwischen Helikopter und Bodencrew der verschiedenen Messteams besprochen.



Abb. 6: Briefing mit Besprechung der Flugparameter zwischen dem schweizerischen und dem tschechischen Team.

Durchführung

Am Dienstag führten die Messteams ihre Messprogramme gemäss den Absprachen des Tages zuvor durch. Um 12:15 trafen sich Vertreter aller Messteams, um den Arbeitsstand abzusprechen und allfällige Anpassungen an der Messstrategien zu diskutieren. Zu diesem Zeitpunkt war eine von zwei Quellen bereits von zwei Teams entdeckt worden. Diese hatten den erhöhten Messwert durch entsprechende Kanäle gemeldet. Alle Teams meldeten, dass die Arbeiten problemlos und nach Plan verliefen. Deshalb wurden keine Anpassungen an den Messstrategien vorgenommen.

3.2.2 Resultate Quellensuche

Die unterstehenden Tabellen zeigen die gemeldeten Quellenangaben.

Quelle 1: Cs-137, 47.3 GBq, Waffenplatz Herisau-Gossau, Koordinaten 740230 / 254293

Team	Kommuniziert um / via	Koordinaten (CH1903)	Aktivität
CH02	0840 / UMTS, Satellitentelefon	740234 / 254306	39 GBq
CZ01	0940 / Mobile	741902 / 254291	Keine Abschätzung möglich
FR01	1015 / Mobile	740310 / 254431	~ 25 GBq

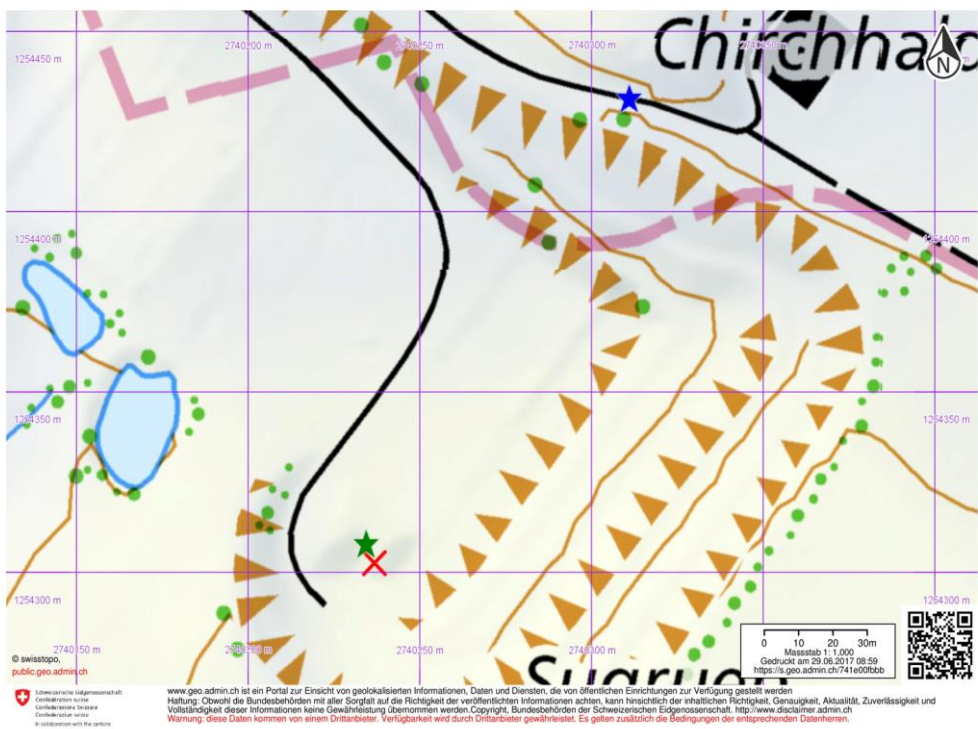
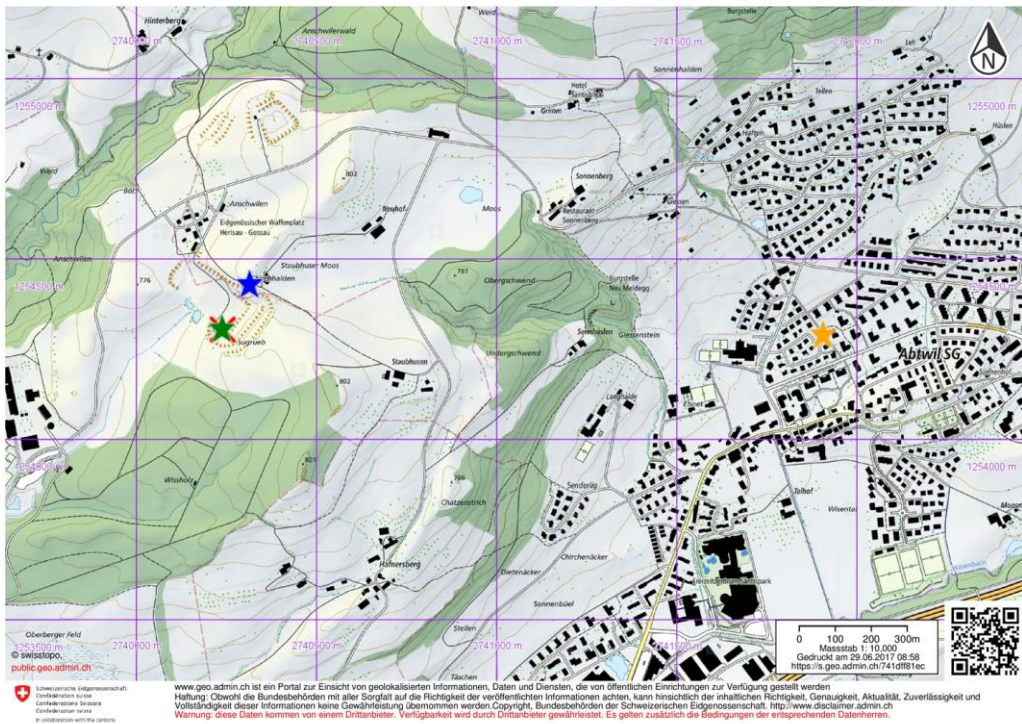


Abb. 7+8: Karte der lokalisierten Quelle: grüner Stern CH02, blauer Stern FR01, oranger Stern CZ01, rotes Kreuz effektiver Standort der Quelle.

Quelle 2: Cs-137, 19.10 GBq, Waffenplatz Frauenfeld, Koordinaten 709949 / 270615

Team	Kommuniziert um / via	Koordinaten (CH1903)	Aktivität
DE02	1530 (Offline-Auswertung)	709987 / 270637	20-24 GBq

CH01 und DE01 hatten auf ihrem Messgebiet keine Quellen.

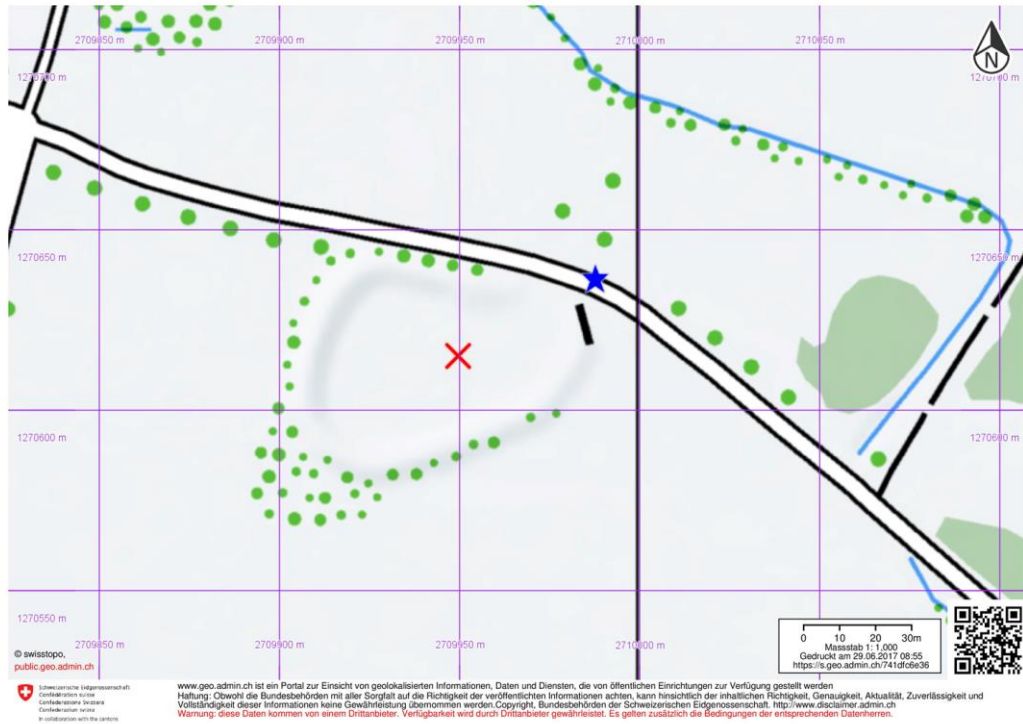


Abb. 9: Karte der lokalisierten Quelle: blauer Stern DE02, rotes Kreuz effektive Standort der Quelle.

3.2.3 Resultate des Schweizerischen Teams CH01

Angaben zum Messflug „CM+HS“ des schweizerischen Teams CH01

Datum:	27.06.2017
Fluglinien:	Abstand 750 m, 29 Linien
Flugzeit (Messzeit):	5h 42 Minuten
Fluggebiet:	siehe Karte, ca. 793 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 160 m

Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen. Deutlich sichtbar sind der Greifensee und Pfäffikersee mit tiefen Werten, aufgrund der Abschirmung der terrestrischen Strahlung durch das Wasser.

CH01 CM+HS

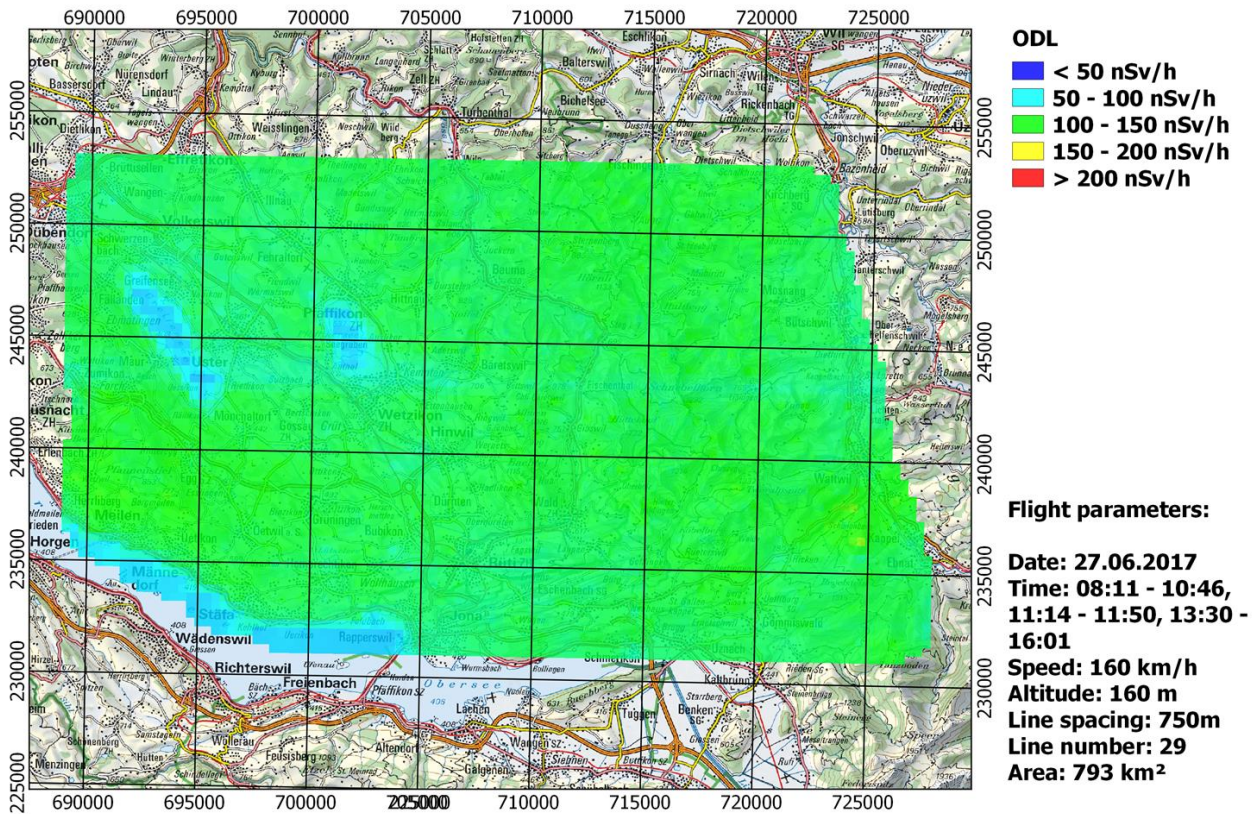


Abb. 10: Karte der Ortsdosisleistung des Messgebietes CH01 gemäss Abb. 5.

3.2.4 Resultate des „Composite Mapping“ (alle Teams):

Ein Übersicht der Flugparameter aller Teams:

Parameter/Team	DE01 + 02	FR01	CH01 + 02	CZ01
Höhe [m]	120	120	160	150
Linienabstand [m]	500	500	750	600
Geschwindigkeit [km/h]	150	150	160	150
Geplante Auftragserfüllung [%]	100	100	100	90
Gemessene Fläche [km ²]	446 / 463	513	793 / 749	423

Die beobachteten Variationen im grossen Messgebiet sind einerseits auf Einflüsse der Geologie und Topographie der Wasserläufe und auf die Vegetation, sowie auf die verschiedenen Messsysteme zurückzuführen. Es zeigen sich in dieser ersten Auswertung noch sichtbare Unterschiede zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Messteams. Die Zusatzaufgaben (RM, AP, TP) waren gezielt in die Übung aufgenommen worden um die Ursachen der Unterschiede aufzuspüren und eine quantitative Korrektur zu ermöglichen. Im Referenzmessgebiet der Linth-Ebene wurden in die Wochen vor der Übung an 51 Punkten Bodenmessungen mit In-Situ Gamma-Spektrometrie durch das Kompetenzzentrum ABC-KAMIR

durchgeführt, welche zum Vergleich mit den aeroradiometrischen Messungen herangezogen werden können. Die Auswertung dieser Messungen erfolgt im Nachgang zu dieser Übung und die Ergebnisse werden im wissenschaftlichen Bericht zur Übung veröffentlicht.

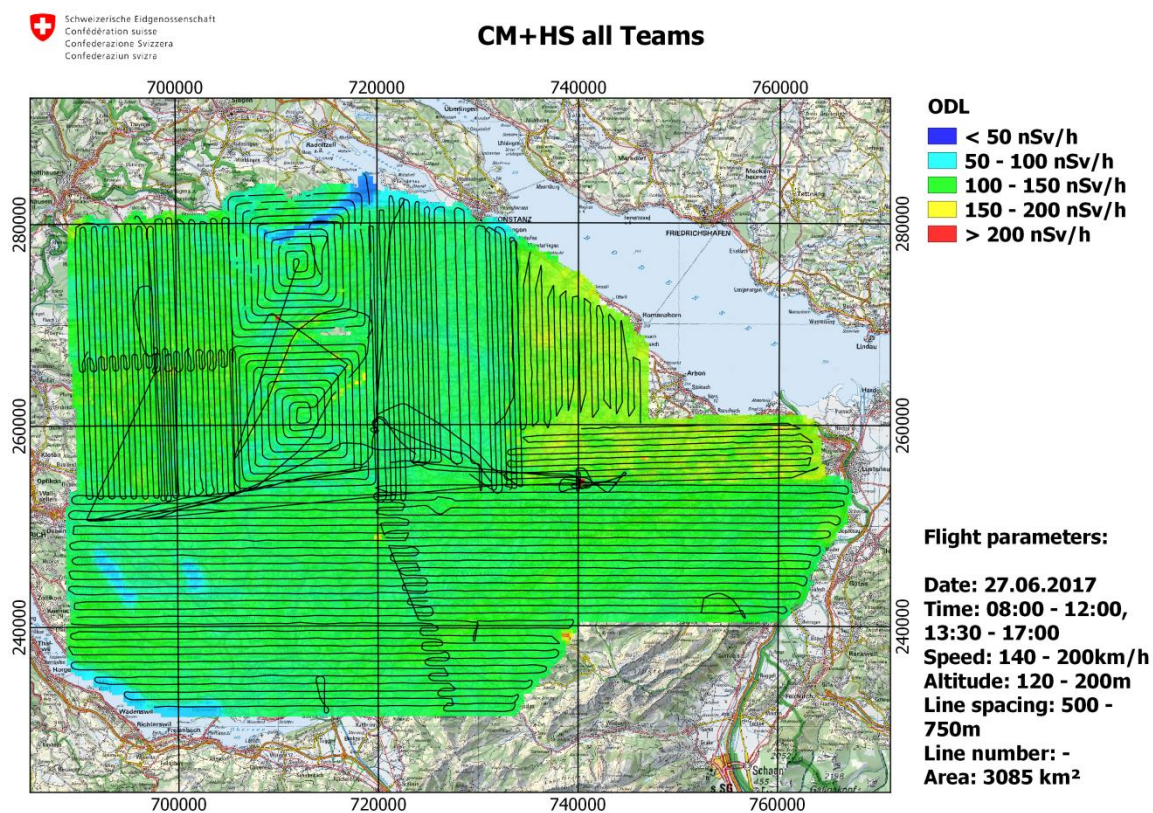


Abb. 11: Karte der Ortsdosisleistung des ganzen Messgebietes, Resultate alle Teams.

3.2.5 Angaben zum Messflug RM1 „Referenzgebiet: Murgtal“

Datum: 28.06.2017
 Fluglinien: 7
 Flugzeit (Messzeit): Flug 1: 0:39 h / Flug 2: 00:17 h
 Fluggebiet: Murgtal
 Gemessene Fläche: 6 km²
 Flughöhe über Grund: Flug 1: ca. 90 m / Flug 2: ca. 150 m
 Bemerkung: Aufgrund von tiefliegenden Wolken im Messgebiet konnten die vorgesehenen Fluglinien im nordöstlichen Bereich des Fluggebiets nicht wie geplant geflogen werden. Aus demselben Grund wurde die Flughöhe nicht immer eingehalten.

3.2.6 Karte der Ortsdosisleistung RM1 „Referenzgebiet: Murgtal“

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt erhöhte Messwerte im Murgtal durch erhöhte Konzentrationen natürlicher Radionuklide.

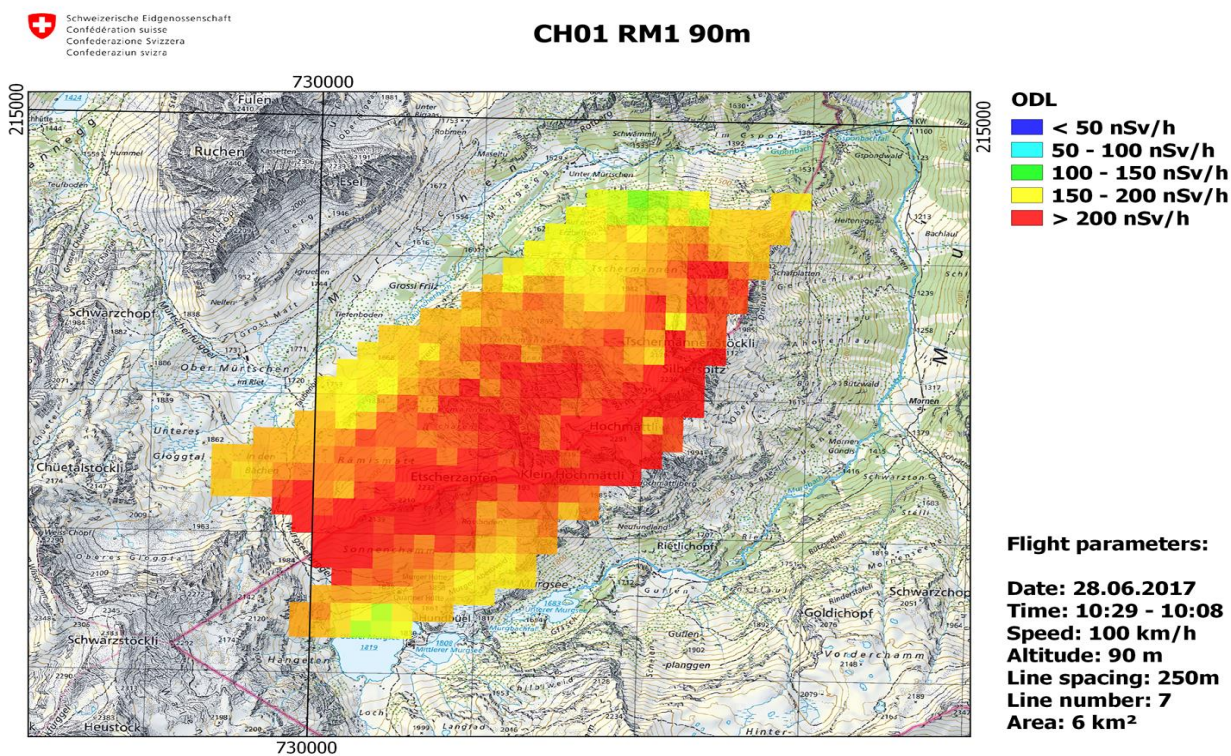


Abb. 12: Karte der Ortsdosisleistung im Murgtal mit Flughöhe 90m.

3.2.7 K-40 Karte RM1 „Referenzgebiet: Murgtal“

Die Karte zeigt erhöhte Aktivitätskonzentrationen des natürlichen Radionuklids K-40 im Murgtal auf.

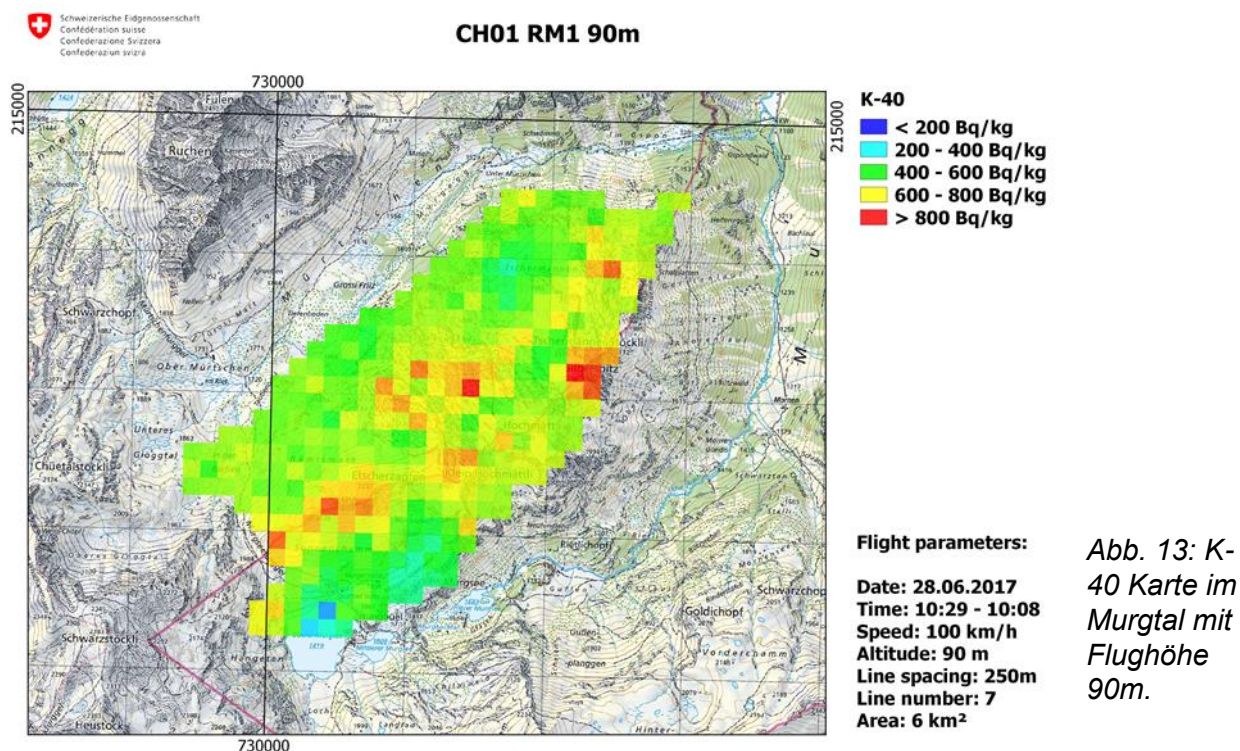


Abb. 13: K-40 Karte im Murgtal mit Flughöhe 90m.

3.2.8 U-238 Karte RM1 „Referenzgebiet: Murgtal“

Die U-238 Karte zeigt leicht erhöhte Aktivitätskonzentrationen des natürlichen Radionuklids U-238, welche auf bekannte Uranvererzungen zurückgeführt werden können.

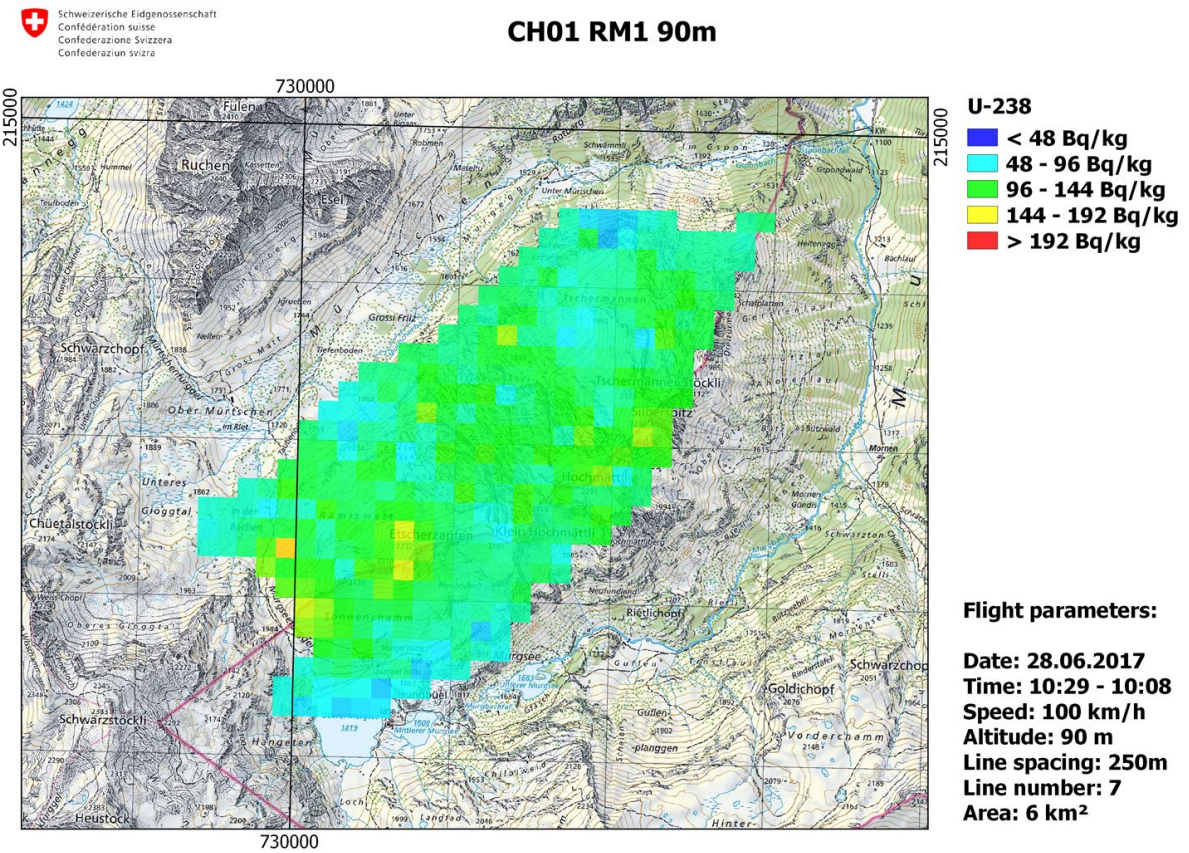


Abb. 14: U-238 Karte im Murgtal mit Flughöhe 90m.

Die erhöhten Zählraten für das Zerfallsprodukt Bi-214 des natürlichen Radionuklids U-235 deuten auf das Vorhandensein von leicht erhöhten Uran-Konzentrationen hin. Im Messgebiet wurden Uran-Vererzungen dokumentiert, daher konnte dieser Befund erwartet werden

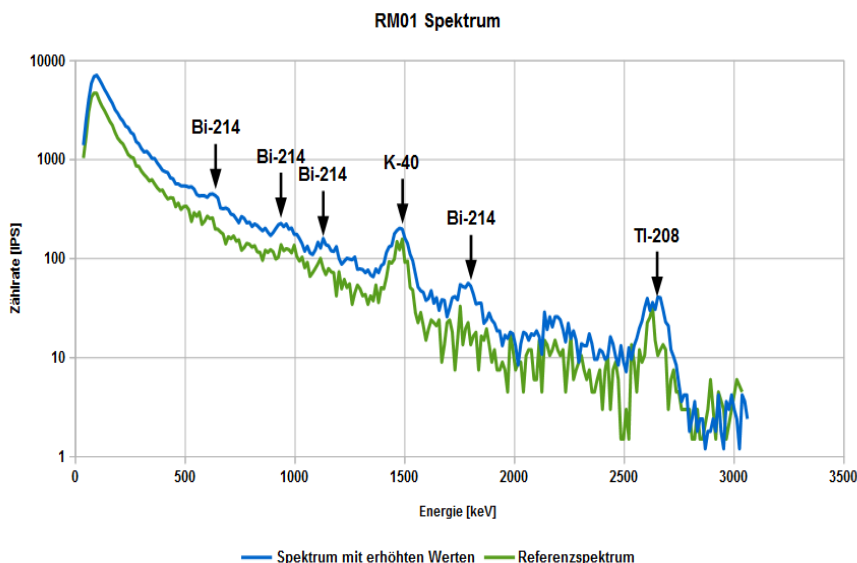
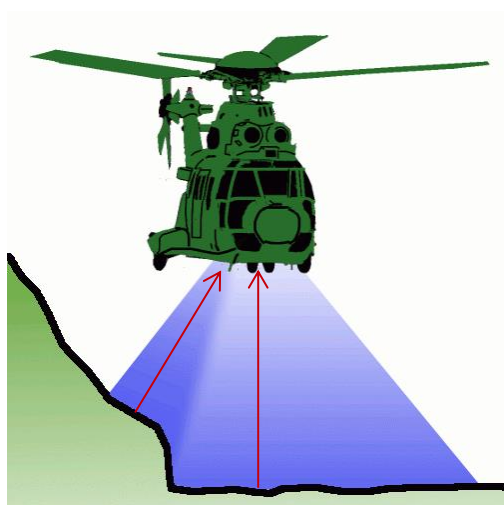


Abb. 15: Spektrum des Murgatales.

Topographieeffekt:



Berghänge haben einen Einfluss auf das Messsignal, da steil aufragende Bergflanken im Vergleich zum Talboden näher am Messgerät liegen. Dieser Einfluss wird mit Hilfe einer Topographie-Korrektur bei der Datenauswertung berücksichtigt (siehe „How to handle rugged topography in airborne gamma-ray spectrometry survey, G.F. Schwarz, E. Klingelé and L. Rybach, First Break, Vol 10, No 1, January 1992). Die Korrektur muss Annahmen voraussetzen, die in der Natur nicht unbedingt erfüllt sind (z.B. gleichmässige Verteilung von Radionukliden), was zu Fehlinterpretationen (Topographieeffekt) führen kann. Auf den in diesem

Kurzbericht abgebildeten Messkarten kann dieser Effekt dazu führen, dass zu hohe Ortsdosisleistungen bzw. zu hohe Konzentrationen eines Nuklids ausgewiesen werden.

3.2.9 Angaben zum Messflug RM2 „Referenzgebiet: Linthebene“

Datum:	28.06.2017
Fluglinien:	5
Flugzeit (Messzeit):	Flug 1: 0:15 h / Flug 2: 13 h
Fluggebiet:	Linthebene
Gemessene Fläche:	10 km ²
Flughöhe über Grund:	Flug 1: ca. 90 m / Flug 2: ca. 150 m

3.2.10 Karte der Ortsdosisleistung RM2 „Referenzgebiet: Linthebene“

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt keine erhöhte Messwerte in der Linthebene. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie der Wasserläufe (Fluss Linth) sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

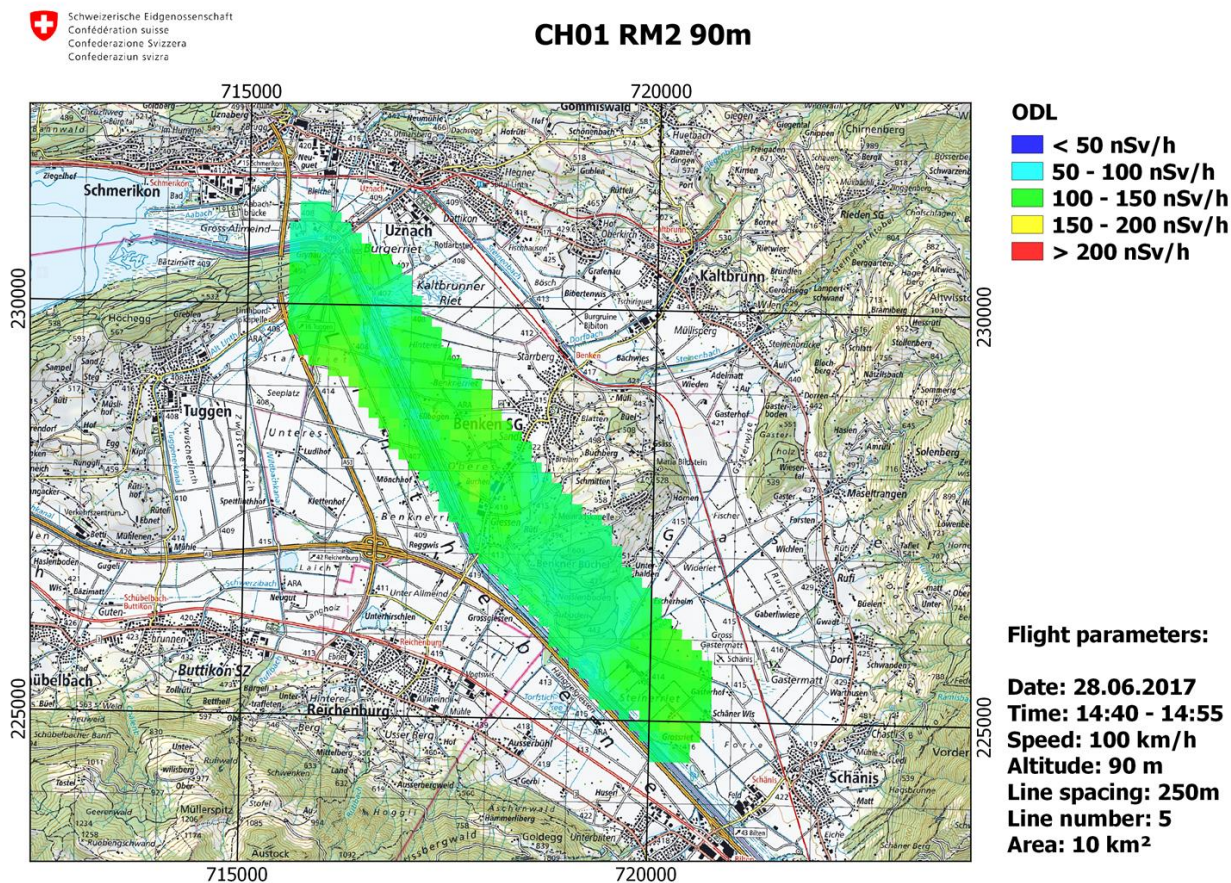


Abb. 17: Karte der Ortsdosisleistung in der Linthebene mit Flughöhe 90m.

3.2.11 Angaben zum Messflug TP „Transversale: Neubrunn - Wartau“

Datum:	28.06.2017
Fluglinien:	1
Flugzeit (Messzeit):	0:26 h
Fluggebiet:	Ostschweiz
Gemessene Fläche:	17 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m
Fluglinien Länge:	60 km

3.2.12 Karte der Terrestrischen Dosisleistung TP „Transversale: Neubrunn - Wartau“

Die Karte der terrestrischen Dosisleistung zeigt nur leichte Variationen über dem Profil. Erhöhte Konzentrationen von natürlichen Radionukliden wurden nicht beobachtet.

CH01 TP

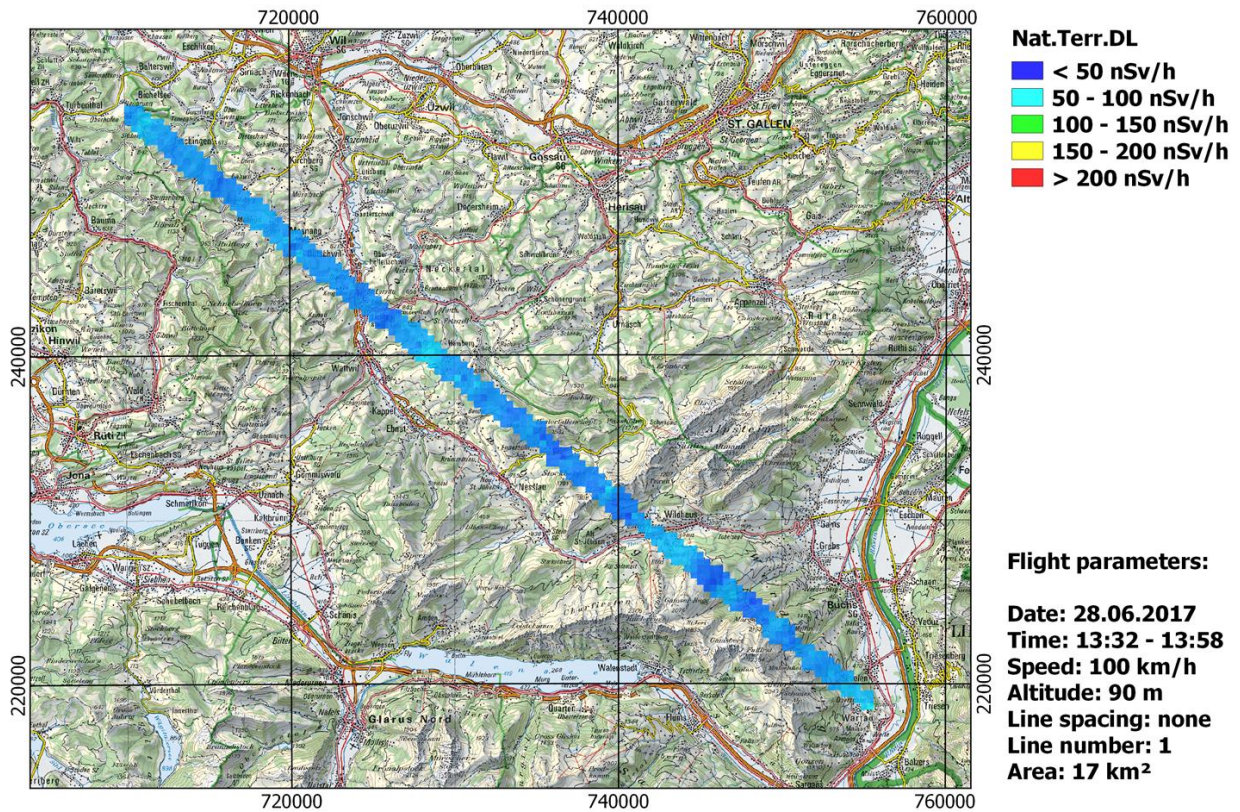


Abb. 18: Karte der terrestrischen Dosisleistung TP „Transversale: Neubrunn – Wartau“

3.2.13 Angaben zum Messflug AP „Steigflug über den Zugersee“

Datum: 29.06.2017
 Fluglinien: manuell, Stationär/Langsamere Schwebeflug
 Flugzeit: 00:27 h
 Fluggebiet: Zugersee
 Flughöhe über Grund: 90m, 180m, 300m, 600m, 1200m, 1800m, 2400m

Dieser Messflug auf sieben verschiedenen Höhen über der Wasseroberfläche des Zugersees diente der Messung des Einflusses der kosmischen Strahlung sowie der Untergrundstrahlung durch natürliche Radionuklide in Helikopter und Detektor.

4 Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 17

Die Ziele der Aeroradiometrie-Messwoche 2017 wurden vollumfänglich erreicht.

Die Routineflüge über den Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen konnten problemlos durchgeführt werden und im Vergleich zu den vergangenen Jahren wurden keine Veränderungen ausserhalb der Betriebsareale festgestellt.

Bei der Quellensuche in einem grossen Gebiet demonstrierten die Teams die Fähigkeit, nach kurzer Absprache gemeinsam ein Gebiet von ca. 2900 km², das entspricht rund 7% der Fläche der Schweiz, innerhalb eines Flugtages zu kartographieren. Beide der ausgelegten radioaktiven Quellen wurden detektiert. Bei der Quelle mit der geringeren Aktivität war allerdings eine detaillierte Nachauswertung am Boden erforderlich, bevor das schwache Signal einer radioaktiven Quelle zugeordnet werden konnte.

Bei der gemeinsamen Kartierung zeigten sich in der ersten Auswertung noch sichtbare Unterschiede zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Messteams. Die Zusatzaufgaben (RM, AP, TP) waren gezielt in die Übung aufgenommen worden, um die Ursachen der Unterschiede aufzuspüren und eine quantitative Korrektur zu ermöglichen. Die Auswertung der Zusatzmessungen erfolgt im Nachgang zu dieser Übung und die Ergebnisse werden im wissenschaftlichen Bericht zur Übung veröffentlicht.

Die Zusammenarbeit mit den internationalen Messteams verlief in professioneller und freundlicher Atmosphäre. Die Planung der grossen Übung CM+HS konnte durch die Bildung einer gemeinsamen Taskforce konstruktiv und effizient durchgeführt werden. Die Kommunikation zwischen den Helikoptern und den Bodenequipen funktionierte grundsätzlich, kann aber noch verbessert werden. Die Kommunikation zwischen den Piloten während des Fluges funktionierte reibungslos.

Das Aeroradiometriesystem der Schweiz befindet sich zur Zeit in einer Phase der Erneuerung. Diese Übung wurde genutzt, um auch das bisher vorhandene und das neue Messsystem direkt zu vergleichen. Die Ablösung des Messsystem ist für das Jahr 2018 geplant.

Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch. Die Einsatzdokumentation wurde überprüft und aktualisiert. Eine erste Darstellung der Resultate konnte jeweils innerhalb einer Stunden nach Ende der jeweiligen Messflüge fertiggestellt werden.

5 Aeroradiometrie allgemein

5.1 Wie funktioniert die Aeroradiometrie?

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

5.2 Auswertung aeroradiometrischer Daten

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

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:

- MMGC-Ratio: Dabei wird das Verhältnis vom tiefenergetischen 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.
- 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 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) darstellen. Zum Vergleich: Bodenmessungen decken nur eine Fläche von rund 80 m² ab.

5.3 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), PSI-Ost) erfasst.

Bei Siedewasserreaktoren (KKM und KKL) gelangt im Betrieb durch die Frischdampfleistung das Aktivierungsprodukt N-16 ins Maschinenhaus. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise wenig abgeschirmt ist, kann die Gammastrahlung des N-16 aus der Luft sehr gut detektiert werden. 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 kann keine erhöhte künstliche Radioaktivität, die nicht durch Tschernobyl oder die Kernwaffenversuche der sechziger Jahre erklärt werden kann, nachgewiesen werden. Der Aktivitätspegel in der Umgebung ist seit Beginn der ARM-Messungen konstant geblieben.