

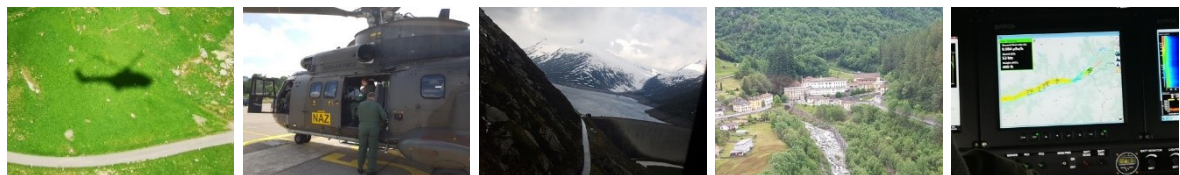


Cristina Poretti, Adrian Hess, Gerald Scharding
07.06.2019

Übung Aeroradiometrie 2019

vom 03. bis 07.06.2019

Übungsbericht und Messresultate



Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
1.1	Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2019.....	3
2	Übung “Aeroradiometrie 2019”	4
2.1	Messflüge in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen.....	4
2.2	Städtemessung Lugano.....	4
2.3	Transversalflug Chur – Disentis – Lukmanier – Torre (TI)	4
2.4	Steigflug über dem Neuenburgersee	5
2.5	Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams	5
2.6	Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden	5
2.7	Wissenschaftlicher Bericht.....	5
2.8	Überarbeitung der Kartendarstellungen für die Auswertung	6
2.9	Beteiligte Partnerorganisationen	6
3	Resultate der Übung ARM19	8
3.1	Standardmessprogramme um die Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen	8
3.2	Teile der Notfallschutzzone 2 um das Kernkraftwerk Gösgen	14
3.3	Messresultate des Transversalfluges Chur – Disentis – Lukmanier – Torre (TI).....	16
4	Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 2019	19
Anhang A:	Aeroradiometrie allgemein	20

1 Zusammenfassung

Im Rahmen der Aeroradiometrie-Kampagne 2019 wurden am 03. und 04.06. routinemässige Flüge in der Umgebung der Kernkraftwerke Mühleberg und Gösigen durchgeführt. Am 03.06. fand ein Höhenprofil-Messflug über dem Neuenburgersee statt. Am 04. und 05.06. wurden zudem Teile der Notfallschutzzone 2 bis 20 km um das Kernkraftwerk Gösigen ausgemessen, erweitert bis zur Landesgrenze in Raum Liestal-Rheinfelden. Der für dieses Jahr vorgesehene Flug über der Stadt Lugano konnte aufgrund schlechten Flugwetters nicht durchgeführt werden. Mit der Messung der Transversalstrecke Chur – Disentis – Lukmanier –Torre (TI) am 06.06. wurde die Aeroradiometriewoche abgeschlossen.

1.1 Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2019

1. Für alle Messgebiete ausser Lugano konnten Messkarten erstellt werden, welche die normale Radioaktivität abbilden. Es wurden keine ungewöhnlichen Werte festgestellt.
2. In der Umgebung der Kernkraftwerke Mühleberg und Gösigen wurde ausserhalb der Betriebsareale keine Radioaktivität über dem natürlichen Untergrund festgestellt. Es wurden keine Änderungen gegenüber den Messresultaten der Vorjahre registriert.
3. Die neue Messtechnik, welche durch die NAZ seit dem letzten Jahr eingesetzt wird, hat sich insbesondere für die Durchführung und Auswertung während des Flugs sehr bewährt. Die Auswertungsprozesse konnten gut trainiert werden.
4. Die Einführung von 5 Kandidaten hat stattgefunden. Somit konnte das Messteam mit neuen Mitgliedern verstärkt werden.
5. Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

2 Übung “Aeroradiometrie 2019”

Die diesjährigen Messflüge fanden vom 03. bis 07. Juni 2019 statt. Start- und Landebasis für die Flüge waren die Flugplätze Dübendorf, Payerne und Magadino.

2.1 Messflüge in der Umgebung der Schweizer Kernanlagen

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

Dieses Jahr wurden in der Umgebung des KKG zusätzlich zum Standard-Messprogramm drei 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 gesamte Notfallschutzzone 2 des KKG und einige Kilometer darüber hinaus vorhanden, im Norden bis zur Landesgrenze.

2.2 Städtemessung Lugano

Seit mehreren Jahren verfolgt die NAZ ein Städtemessprogramm 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 Nullmessung können Abweichungen einfacher erkannt werden. Die NAZ verfügt inzwischen über Messkarten zahlreicher Schweizer Städte, darunter die 13 grössten Schweizer Gemeinden mit Ausnahme von Lugano. Es war vorgesehen, diesen fehlenden Datensatz im Rahmen des Städtemessprogramms zu ergänzen. Leider musste dieser Flug aufgrund der meteorologischen Bedingungen gestrichen und auf ein anderes Jahr verschoben werden.

2.3 Transversalflug Chur – Disentis – Lukmanier – Torre (TI)

Ein weiteres Element der jährlichen Aeroradiometrie-Kampagne sind Transversalen. Bei diesen Messungen wird nicht ein Gebiet in parallelen Linien überflogen, sondern es wird einer Verbindungslinie gefolgt, in der Regel einer Verkehrsachse. Bei diesen Messflügen werden keine im Vorfeld programmierten Fluglinien abgeflogen, vielmehr definieren die ARM-Operateure dynamisch die Flugroute und einzelne Zielpunkte und instruieren die Piloten, damit diese den Flug manuell durchführen können. Dazu können die ARM-Operateure auf einem Bildschirm im Cockpit Karten einblenden und den Piloten über die Bordkommunikation mündliche Anweisungen erteilen. Dieses Einsatzverfahren wird regelmässig trainiert, weil im Ereignisfall situativ reagiert werden muss, um z.B. Zielgebiete bei der Suche radioaktiver Quellen einzugrenzen oder kontaminiertes Gelände genauer zu lokalisieren. Das Vorgehen bei den Transversalflügen bietet optimale Verhältnisse für die Ausbildung und das Training der Messequipe und der Piloten. Es war vorgesehen, dass der diesjährige Transversalflug am Donnerstag entlang der topographisch anspruchsvollen Verkehrsachse von Chur über Disentis und den Lukmanierpass bis nach Castione (TI) führen sollte. Aufgrund der schwierigen Wetterverhältnisse wurde während des Flugs entschieden, nur bis Torre (TI) zu fliegen und dann zur Flugbasis in Dübendorf zurückzukehren.

2.4 Steigflug über dem Neuenburgersee

Um aus den effektiv gemessenen Bruttowerten den Anteil der Strahlung zu bestimmen, der vom Boden oder aus den zwischen Boden und Helikopter befindlichen Luftschichten stammt, müssen regelmässig Korrekturfaktoren ermittelt werden. Die dafür benötigten Kennzahlen werden 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 Montagnachmittag wurde ein solcher Steigflug über dem Neuenburgersee durchgeführt. Mit dem erzeugten Höhenprofil der kosmischen Strahlung werden jährlich die Detektoren charakterisiert.

2.5 Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams

Folgende weitere Ziele sollten in der Messwoche erreicht werden:

- Zeitgerechter Einbau und 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 Operateure).
- Darstellung der Messresultate: Zusammenstellung und Interpretation der Resultate innert 2 Stunden nach dem letzten Flug.
- Verbesserung und Festigung der Kenntnisse für den Betrieb des erst seit 2018 durch die NAZ eingesetzten ARM-Systems.
- Überprüfung und Aktualisierung der Einsatzdokumentation.

2.6 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.

In einer Medienmitteilung wurden am 28.05.2019 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 erstmals Informationsmeldungen über die [Alertswiss](#)-Kanäle (App, Website und Twitter) des BABS abgesetzt. Artikel über die Messwoche auf dem Alertswiss-Blog und in einer Publikation der Luftwaffe sind in Planung. Diverse Anfragen von Behörden, Medien und aus der Bevölkerung wurden vor und während der Messwoche beantwortet.

2.7 Wissenschaftlicher Bericht

Das Paul Scherrer Institut wird in einigen Monaten einen detaillierten wissenschaftlichen Bericht publizieren. In diesem Bericht werden die Auswertungsalgorithmen des alten und des

neuen Systems verglichen und die Charakterisierung des Detektors (aufgrund des unter 2.4 beschriebenen Steigflugs und von Laboruntersuchungen) berücksichtigt. Die Unterschiede der beiden Systeme sind von wissenschaftlichem Interesse, jedoch nicht relevant für den Einsatz als Messmittel im Ereignisfall.

2.8 Überarbeitung der Kartendarstellungen für die Auswertung

Im Rahmen der ARM-Übung 2019 wurde die Darstellung der Karten bei der Datenauswertung angepasst. Die Farbskala wurde so gewählt, dass auch im Normalzustand unterschiedliche Werte farblich unterschieden werden können. Wenn im Ereignisfall höhere Messwerte erwartet oder bestimmt werden, kann die Farbskala ohne grossen Aufwand angepasst werden.

Statt der bisher verwendeten kontinuierlichen Farbverläufe werden neu Farbabstufungen verwendet. Zur besseren Orientierung werden die Messwerte in der Karte wie bisher mit Transparenz dargestellt. Um Bildverfälschungen aufgrund des farbigen Hintergrundes zu vermeiden, werden die unterlegten Karten jedoch neu schwarzweiss abgebildet.

Für die Darstellung der ARM-Messkarten wird seit einigen Jahren das Geoinformationssystem QGIS verwendet. Diese Software wird seit diesem Jahr auch für andere Produkte der NAZ-Messorganisation eingesetzt. Dadurch liegen Informationen aus verschiedenen Quellen in kompatibler Form vor. Diese Daten können nun leichter zu umfassenden Übersichtsprodukten kombiniert werden, welche Messwerte verschiedener Herkunft enthalten, z.B. aus automatischen Messnetzen, Bodenradiometrie, durch Equipen manuell erhobene Daten etc.

Die Darstellungsweise mit Farbabstufungen statt –verläufen wird auch in den anderen Produkten der Messorganisation verwendet und hat sich bereits im Rahmen der internationalen Aeroradiometrie-Übung im Jahr 2017 als praktisch erwiesen. Die Farbabstufungen ergeben ein schärferes Bild in den Messkarten und signifikante Unterschiede in den Messkarten werden visuell besser erfasst. Dies ermöglicht eine intuitivere Lagebeurteilung und schafft eine klarere Entscheidungsgrundlage, wenn es darum geht, im Ereignisfall Schutzmassnahmen zu beurteilen und anzuordnen.

Durch die Anpassungen bei der Darstellung können die neuen Messkarten nicht direkt mit denjenigen verglichen werden, die in ARM-Berichten aus früheren Jahren veröffentlicht wurden. Die Rohdaten zu allen Berichten der Vorjahre sind aber noch vorhanden, und für künftige Vergleiche z.B. von Städtmessungen können bei Bedarf ohne grossen Aufwand kompatible Karten erstellt werden.

2.9 Beteiligte Partnerorganisationen

Folgende Organisationen waren in der Vorbereitung und Durchführung der Übung „Aeroradiometrie 2019“ involviert:

- Bundesamt für Bevölkerungsschutz, NAZ und Stab BR NAZ
- Kompetenzzentrum ABC-KAMIR
- Schweizer Luftwaffe
- ENSI
- Paul Scherrer Institut
- ABC-Koordinatoren der Kantone AG, BL, SO und TI.

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



Copyright Foto: Martin Michel

3 Resultate der Übung ARM19

3.1 Standardmessprogramme um die Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen

Turnusgemäss wurden dieses Jahr die Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen aeroradiometrisch vermessen.

Das KKW Mühleberg war in Betrieb, das KKW Gösgen war während der ARM-Woche 2019 in Revision und daher abgeschaltet.

3.1.1 KKW Mühleberg: Angaben zum Messflug

Datum:	03.06.2019
Fluglinien:	Abstand 250 m, 29 Linien
Flugzeit:	09:15 bis 11:46, 2 h 31 min
Fluggebiet:	Kernkraftwerk Mühleberg; ca. 104 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

3.1.2 KKW Mühleberg: Ortsdosisleistung

Ausserhalb des Betriebsareales:

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 1 zeigt keine Auffälligkeiten ausserhalb der Betriebsareale des Kernkraftwerks Mühleberg. 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.

Der Vergleich mit den Resultaten aus früheren Messungen in der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg zeigte keine signifikanten Unterschiede.

Innerhalb des Betriebsareales:

Das Kernkraftwerk Mühleberg ist auf der Karte klar zu erkennen. Die Erhöhung der Ortsdosisleistung direkt über dem Kernkraftwerk Mühleberg 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. Vergleichbare Werte wurden bereits in den vergangenen Jahren beobachtet.

Messflug Kernkraftwerk Mühleberg

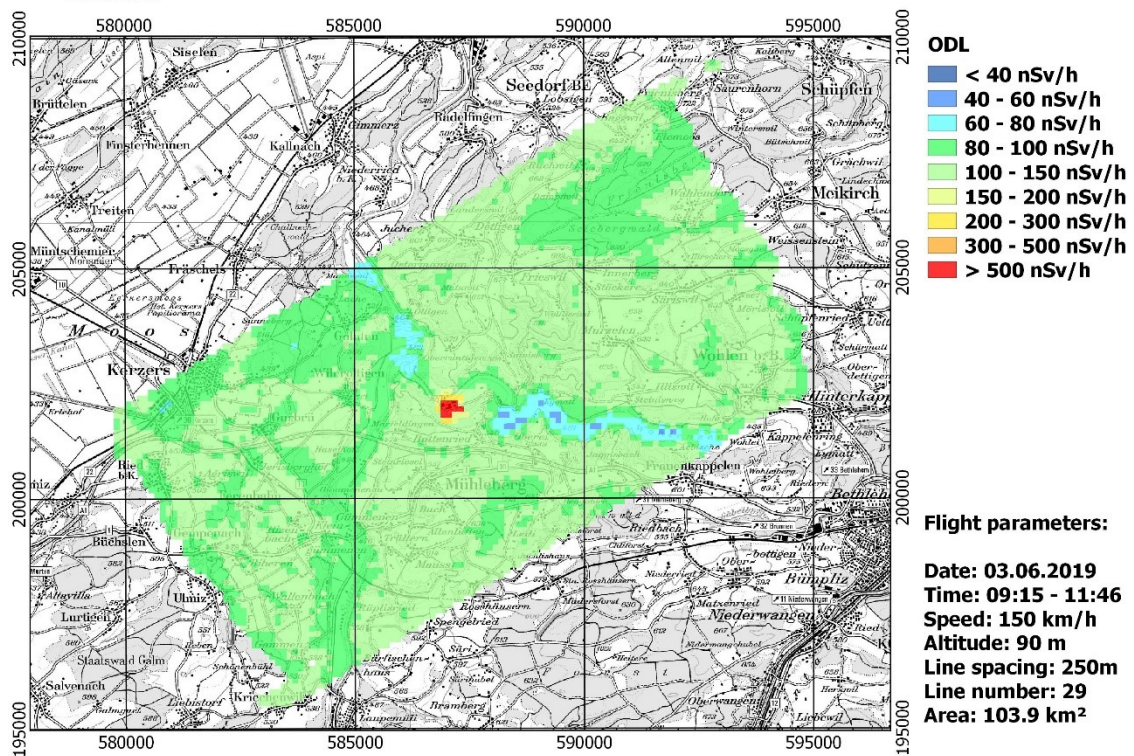


Abbildung 1: Karte der Ortsdosisleistung (ODL) in der Umgebung des Kernkraftwerks Mühleberg (ausgewertet mit der Software GammaMap)

3.1.3 KKW Mühleberg: MMGC-Verhältnis

In der Karte in Abbildung 2 wird das Verhältnis vom niederenergetischen zum hochenergetischen Anteil des Spektrums dargestellt. Weil die künstlich erzeugten Radioisotope meist nur γ -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 Kernkraftwerkes Mühleberg wurden keine Auffälligkeiten festgestellt, die auf Ablagerungen künstlicher Radioaktivität hinweisen. Zum Zeitpunkt des Überflugs war gemäss Information des Kernkraftwerkes Mühleberg im Zwischenlager ein Lagerschacht offen. Dieses befindet sich am südlichen Rand des Betriebsareals. Es wurden konditionierte Abfallgebinde (verarbeitete, alte Brennelement-Kästen) in das Zwischenlager eingeladen. Dieses Material enthält einen Anteil aktiviertes Kobalt (Co-60). Wie zu erwarten, führen diese Umstände zu erhöhten Werten innerhalb des Betriebsareals.

Abbildung 3 zeigt in Blau das Energiespektrum, das durch die Detektoren an der Stelle mit dem stärksten Co-60-Signal über dem Kernkraftwerk Mühleberg registriert wurde. Bei 1173 und 1332 keV sind die für Co-60 typischen Energiepeaks zu erkennen, bei 511 keV ist zudem der Peak der Annihilationsstrahlung sichtbar. Die dunkelrote Kurve zeigt zum Vergleich das Hintergrundsignal, welches ausserhalb des Werksareals aufgezeichnet wurde.

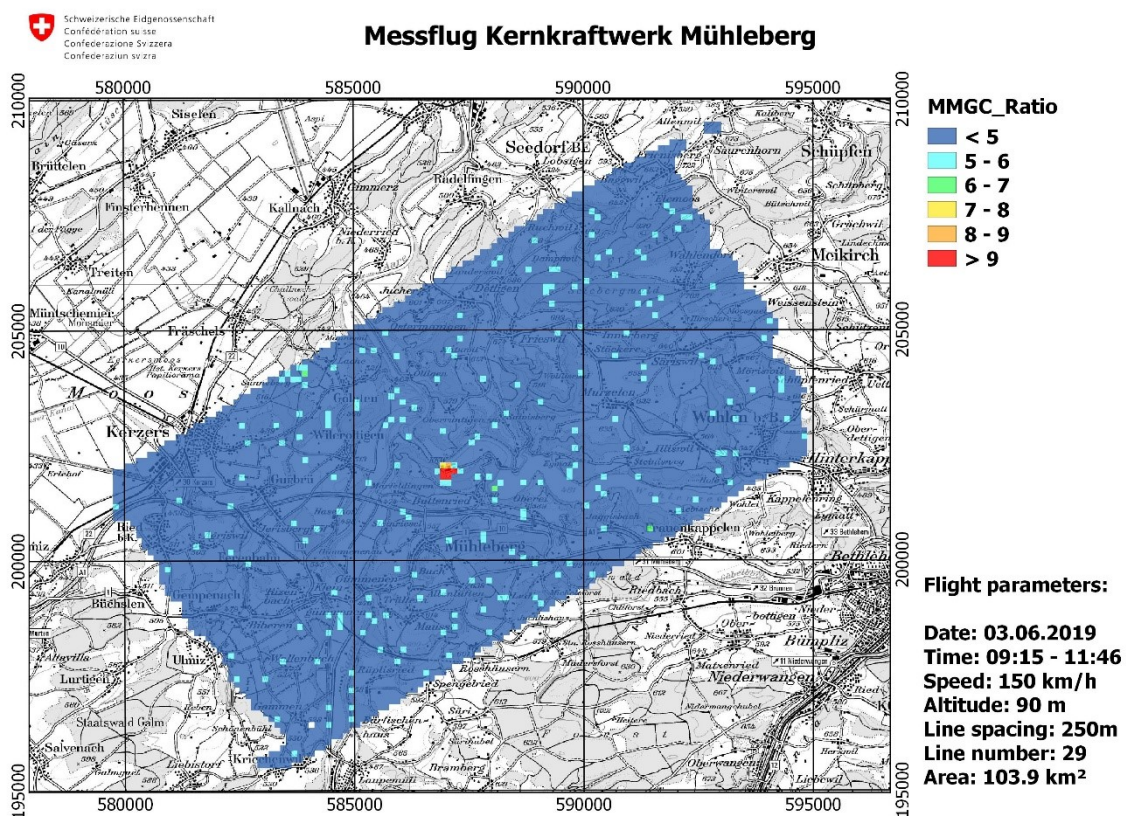


Abbildung 2: Karte des MMGC-Verhältnisses in der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg (dargestellt mit der Software GammaMap)

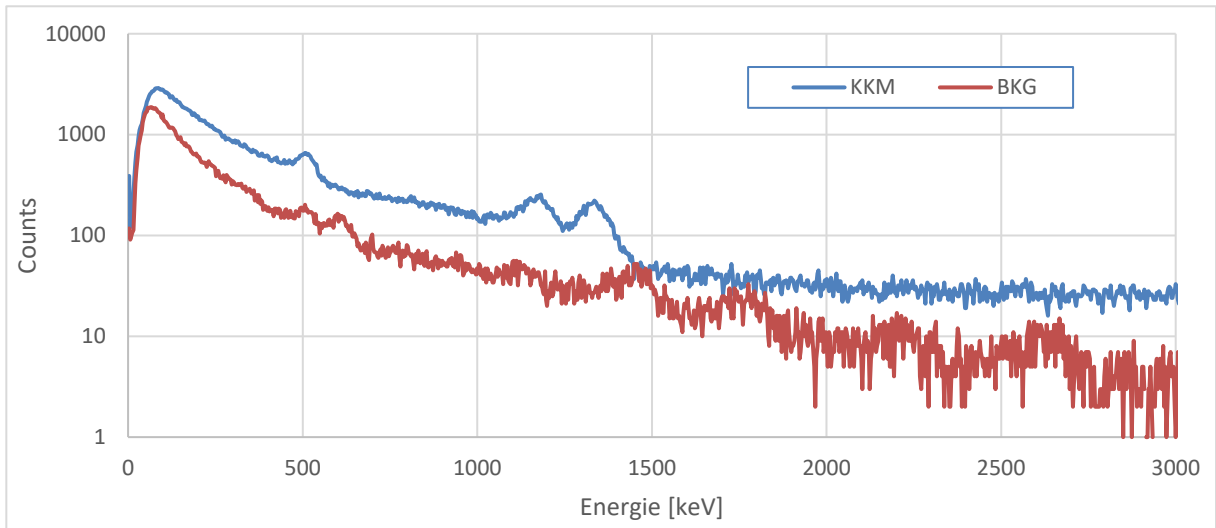


Abbildung 3: Vergleich der Energiespektren innerhalb des Betriebsareales des Kernkraftwerks Mühleberg (blau, gekennzeichnet als "KKM") und des natürlichen Untergrundes (dunkelrot, gekennzeichnet als "BKG" für "Background"). Deutlich erkennbar sind die Energiepeaks von Co-60 (1173 und 1332 keV) und der Annihilationsstrahlung (511 keV).

3.1.4 KKW Gösgen: Angaben zum Messflug

Datum: 04.06.2019
Fluglinien: Abstand 250 m, 29 Linien
Flugzeit: 08:48-10:49, 2 h 01 min
Fluggebiet: Kernkraftwerk Gösgen; ca. 88 km²
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

3.1.5 KKW Gösgen: Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 4 zeigt keine Auffälligkeiten ausserhalb der Betriebsareale des Kernkraftwerks Gösgen. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen. Aufgrund der Abschirmung der terrestrischen Strahlung durch das Wasser fallen die Messwerte direkt über der Aare niedriger aus.

Der Vergleich mit den Resultaten aus früheren Messungen in der Umgebung des Kernkraftwerkes Gösgen zeigte keine signifikanten Unterschiede.

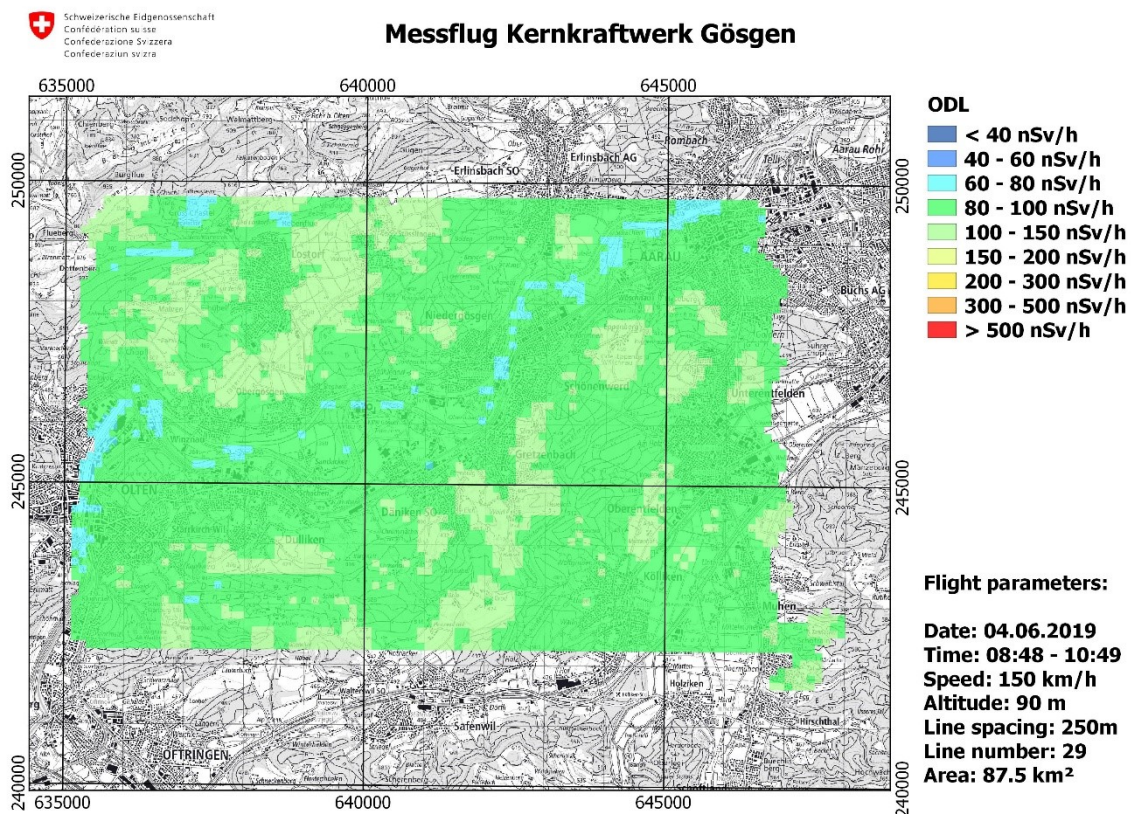


Abbildung 4: Karte der Ortsdosisleistung (ODL) in der Umgebung des Kernkraftwerks Gösgen (ausgewertet mit der Software GammaMap)

3.1.6 KKW Gösgen: MMGC-Verhältnis

Die Karte in Abbildung 5 zeigt, dass ausserhalb des Betriebsareals des Kernkraftwerkes Gösgen keine Auffälligkeiten festgestellt wurden, die aufgrund des MMGC-Verhältnisses auf künstliche Ablagerungen radioaktiven Materials hinweisen.

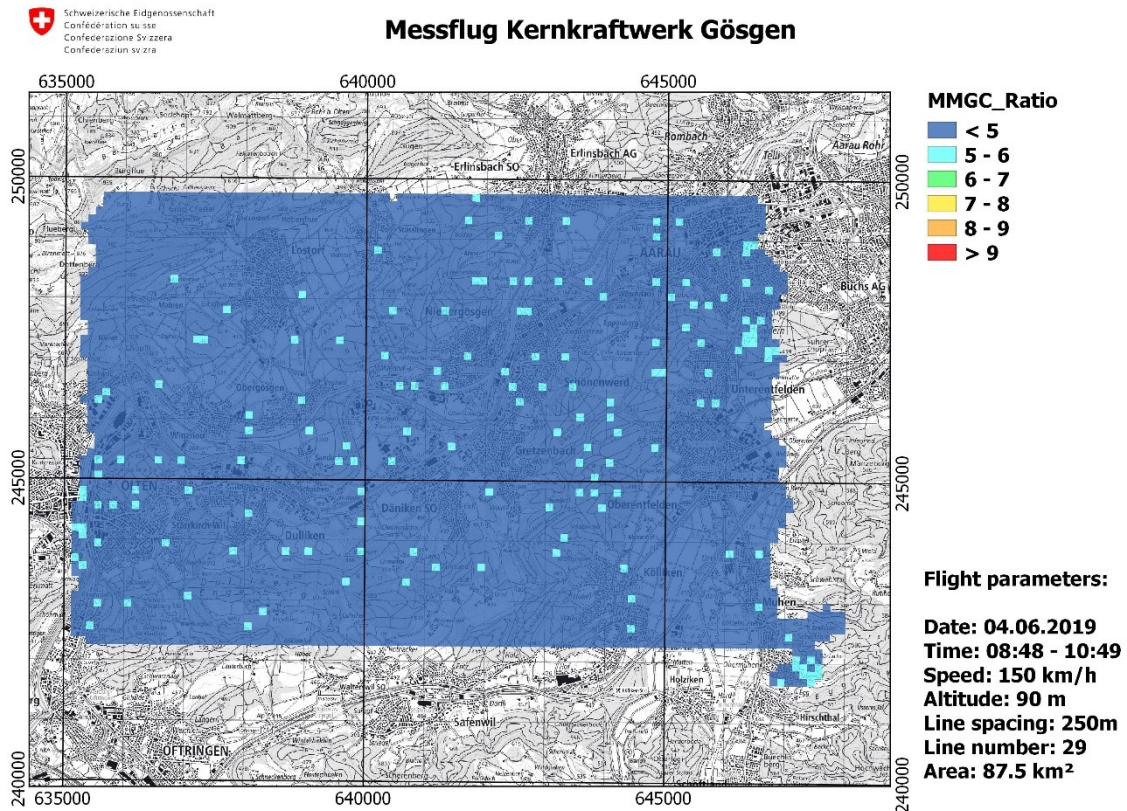


Abbildung 5: Karte des MMGC-Verhältnisses in der Umgebung des Kernkraftwerkes Gösgen (dargestellt mit der Software GammaMap)

3.2 Teile der Notfallschutzzone 2 um das Kernkraftwerk Gösgen

Dieses Jahr wurden in der Umgebung des KKG zusätzlich zum Standardmessprogramm drei 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 gesamte Notfallschutzzone 2 des KKG und einige Kilometer darüber hinaus vorhanden, im Norden bis zur Landesgrenze, bei Basel auch über die Landesgrenze hinaus (trinationale Messübung Basel mit Frankreich und Deutschland im Jahr 2007).

3.2.1 Notfallschutzzone 2 um das Kernkraftwerk Gösgen: Angaben zu den Messflügen

Datum: 04.06.2019 und 05.06.2019
Fluglinien: Abstand 1'000 m, 56 Linien
Flugzeit: 7 h 25min
Fluggebiet: Notfallschutzzone 2 um das Kernkraftwerk Gösgen; ca. 1152 km²
Flughöhe über Grund: ca. 150 m

3.2.2 Notfallschutzzone 2 um das Kernkraftwerk Gösgen: Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung in Abbildung 6 zeigt überall normale Werte. Gut sichtbar sind der Hallwilersee und der Rhein mit tiefen Werten aufgrund der Abschirmung der terrestrischen Strahlung durch das Wasser.

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

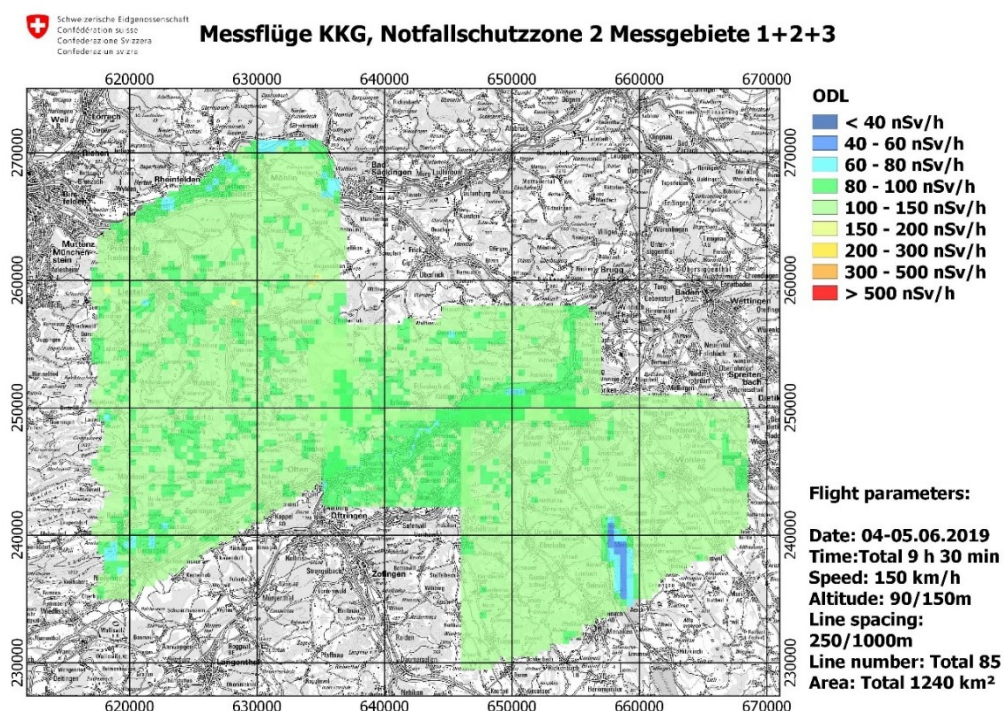


Abbildung 6: Karte der Ortsdosisleistung (ODL) in der Notfallschutzzone 2 um das KKG Gösgen, inkl. Messdaten aus dem Standardmessprogramm (Kapitel 3.1.5) (ausgewertet mit der Software GammaMap)

3.2.3 Notfallschutzzone 2 um das Kernkraftwerk Gösgen: Thorium (Th-232)

Die leichten Variationen auf ODL-Karte in Abbildung 6 stimmen mit denjenigen auf der Thorium-Karte in Abbildung 7 ziemlich gut überein.

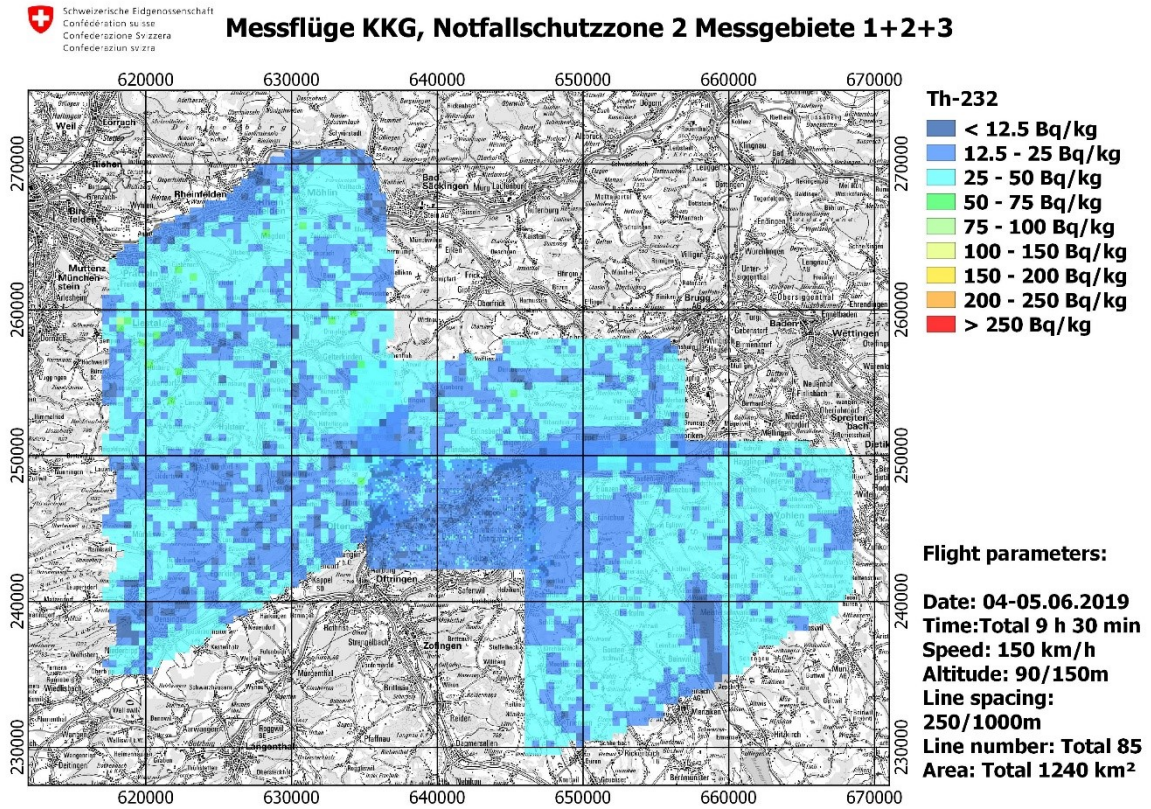


Abbildung 7: Th-232-Karte in der Notfallschutzzone 2 um das KKW Gösgen, inkl. Messdaten aus dem Standardmessprogramm (ausgewertet mit der Software GammaMap)

3.3 Messresultate des Transversalfluges Chur – Disentis – Lukmanier – Torre (TI)

3.3.1 Transversalflug: Angaben zum Messflug

Datum: 06.06.2019
Fluglinien: 1 Linie
Flugzeit: 55 min
Flugstrecke: ca. 100 km
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

3.3.2 Transversalflug: Natürliche terrestrische Dosisleistung

Die Ortsdosisleistung setzt sich aus einer kosmischen und einer terrestrischen Komponente zusammen. Die kosmische Komponente ist von der Höhe über dem Meeresspiegel abhängig. Diese Höhe unterliegt entlang der geflogenen Transversale aufgrund der Topographie starken Schwankungen. Die terrestrische Dosisleistung wird durch im Boden vorhandene natürliche Radionuklide verursacht und zeigt nur den durch diese verursachten Anteil. Aus diesem Grund wurde entschieden lediglich die Karte der natürlichen terrestrischen Dosisleistung darzustellen.

Die Karte in Abbildung 8 zeigt Werte im normalen Schwankungsbereich.

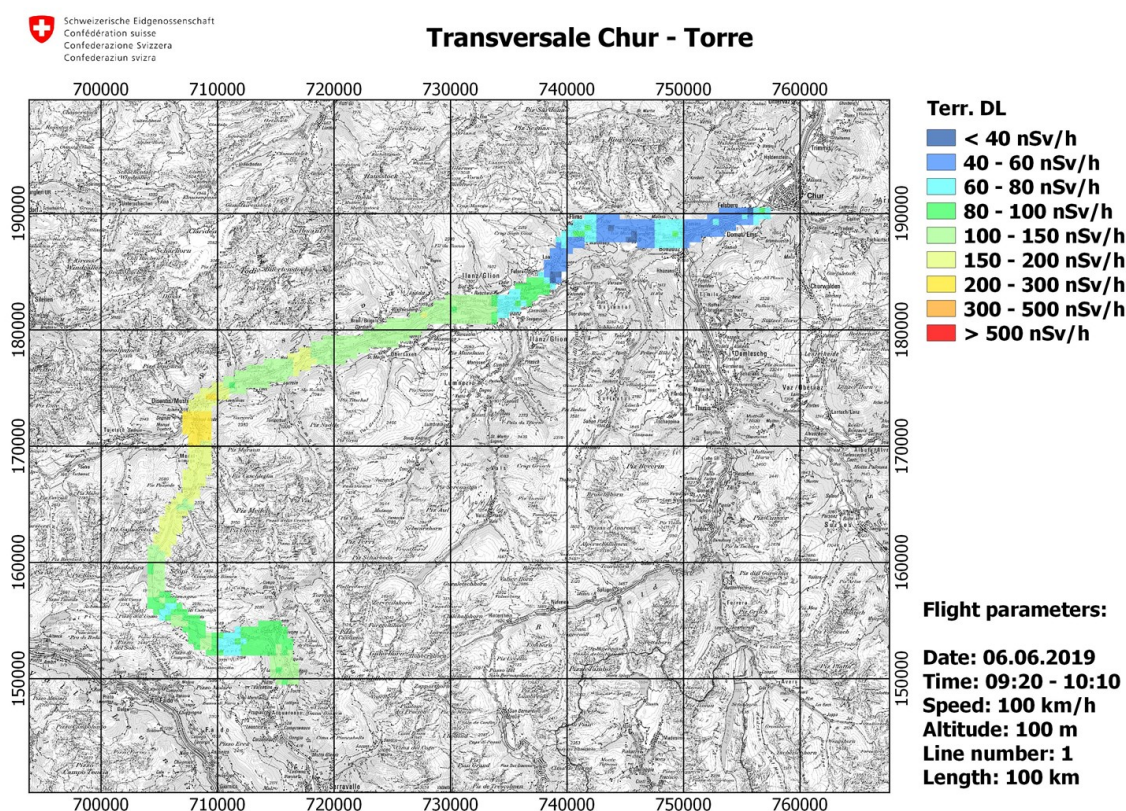


Abbildung 8: Karte der natürlichen terrestrischen Dosisleistung (Terr. DL) entlang der Transversalflugstrecke (ausgewertet mit der Software GammaMap)

3.3.3 Transversalflug: Radionuklide K-40 und Th-232

Die bei der natürlichen terrestrischen Dosisleistung beobachteten Schwankungen sind auch in den Karten für die natürlichen Radionuklide Kalium (K-40; Abbildung 9 und Abbildung 11) und Thorium (Th-232; Abbildung 10 und Abbildung 11) deutlich zu erkennen und auf die geologischen Verhältnisse zurückzuführen.

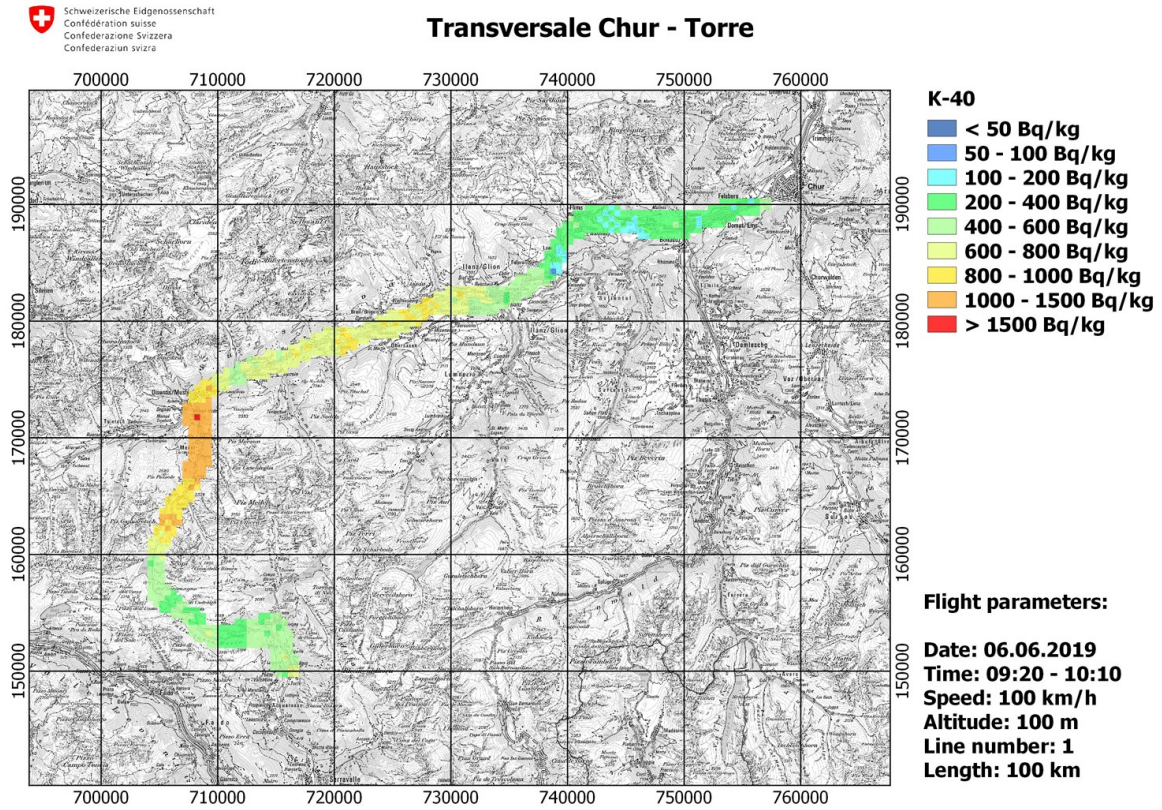


Abbildung 9: K-40-Karte entlang der Transversalflugstrecke (ausgewertet mit der Software GammaMap)

Transversale Chur - Torre

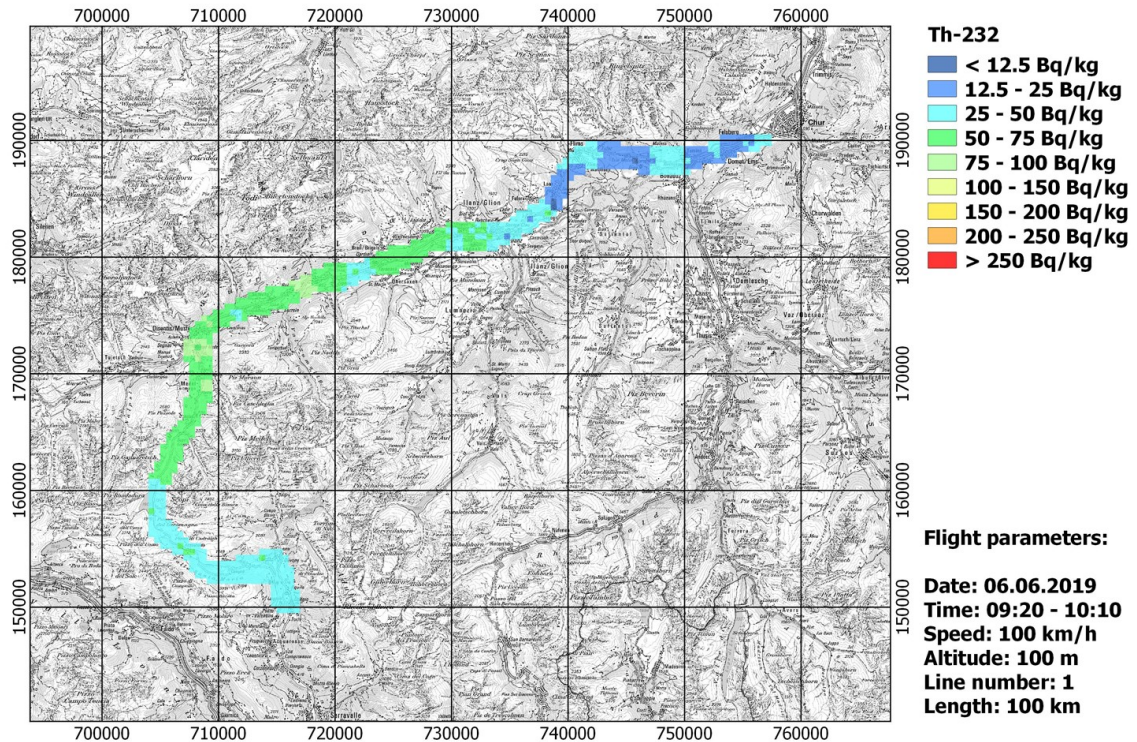


Abbildung 10: Th-232-Karte entlang der Transversalflugstrecke (ausgewertet mit der Software GammaMap)

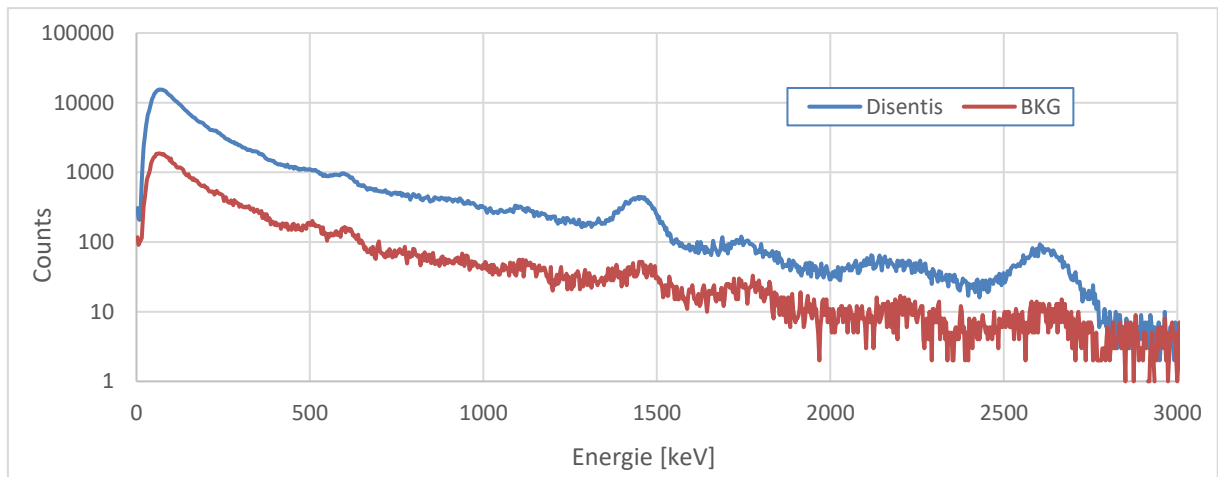


Abbildung 11: Vergleich der Energiespektren bei Disentis (blau) und des während dem Hinflug ermittelten Untergrundes (dunkelrot, gekennzeichnet als "BKG" für "Background"). Deutlich erkennbar sind die Energiepeaks von K-40 (1460 keV) und Th-232 (2614 keV)

4 Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 2019

- Die Ziele der Aeroradiometrie-Messwoche 2019 wurden grösstenteils erreicht. Aufgrund des schlechten Wetters musste der Messflug über Lugano abgesagt werden und der Transversalflug wurde abgekürzt. Alle anderen Messflüge konnten gemäss Programm durchgeführt werden.
- Es hat sich bestätigt, dass das neue Messsystem, das seit dem letzten Jahr 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 Operateure. Diese Funktion ermöglicht es unter anderem, den Piloten spezifische Messpunkte unmissverständlich mitzuteilen und die Missionen können effizient durchgeführt werden.
- Im Zentrum stand die Festigung der Prozesse, die seit dem letzten Jahr eingesetzt werden. Mit Unterstützung des Kompetenzzentrums ABC-KAMIR konnten weitere wichtige Erfahrungen und Erkenntnisse gesammelt werden. Die Prozeduren rund um das System wurden optimiert. Z.B. erfolgt am Boden eine parallele Auswertung mit verschiedenen Schwerpunkten (Kartendarstellung, Spektrenauswertung).
- Es wurden verschiedene Fluggeschwindigkeiten für Messflüge getestet. Es hat sich gezeigt, dass sich eine höhere Fluggeschwindigkeit bewährt. Bei kleineren Linienabständen kann durchaus mit höheren Fluggeschwindigkeiten gemessen werden. Eine detaillierte Analyse nach dieser Messkampagne soll das Vorgehen bestätigen.
- Falls grössere Variationen bei der Flughöhe auftreten (z.B. topographische Variationen, meteorologische Gründe, Landungen und Kurven beim Einfädeln auf Messlinien), ist es sinnvoll die Messung zu pausieren. Das entsprechende Vorgehen wurde in der Messkampagne praktiziert.
- Alle Mitglieder der Messequipe konnten sich mit dem seit dem letzten Jahr eingesetzten neuen System und den damit verbundenen Abläufen weiter vertraut machen. Fünf Kandidaten wurden in das ARM-System eingeführt. Sie erhielten eine allgemeine Einführung in das Aeroradiometrie-System und die wichtigsten Prozesse. Zudem wurde ihre Flugtauglichkeit getestet. In der nächsten Messkampagne werden die neuen Operateure vertieft geschult, somit kann das Messteam mit neuen Mitgliedern verstärkt werden.
- Um die Operateure noch weiter am System auszubilden, ist geplant, eine der beiden vorhandenen Messkonsolen während der Flugwoche auf der Flugbasis aufzustellen, damit einige Abläufe zusätzlich am Boden trainiert werden können.
- Das vordefinierte Format für die Briefings zwischen der Messcrew und den Piloten vor dem Flug wurde intensiv trainiert. Das Vorgehen ist eingespielt und die Briefings werden effizient durchgeführt.
- In einer Pendenzenliste wird der Bedarf an weiteren kleinen Verbesserungen und Überprüfungen festgehalten. Die vorhandenen Pendenzenlisten wurden zusammengefügt und soweit wie möglich abgearbeitet.
- 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.