



29.06.2012



Übung Aeroradiometrie 2012 vom 25. - 29.06.2012



Übungsbericht und Messresultate

Dieser Bericht ist unter www.naz.ch erhältlich

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	3
2. Übung Aeroradiometrie 12	4
2.1. Städtemessung Zürich	4
2.2. Messflüge im Auftrag des ENSI	4
2.3. Messtechnisch interessante Gebiete Stauseen Lac d'Emosson und Linth-Limmern	4
2.4. Rangierbahnhof Limmattal Spreitenbach	4
2.5. Transversale Grosser St. Bernhard VS nach Bischoffszell TG	4
2.6. Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams	4
2.7. Information der Bevölkerung und der Behörden	5
2.8. Beteiligte Partnerorganisationen	5
3. Resultate der Übung ARM 12	6
3.1. Messresultate der Messflüge im Auftrag des ENSI	6
3.2. Messresultate der Städtemessung Zürich	9
3.3. Messresultate des Gebiets Stausee Lac d'Emosson	11
3.4. Messresultate der Messlinie (Transversale) Weinfeld TG - Grosser St. Bernhard VS	15
3.5. Messresultate des Gebiets Stausee Linth-Limmern	18
3.6. Messresultate Rangierbahnhof Limmattal Spreitenbach	22
3.7. Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 12	24
4. Aeroradiometrie allgemein	25
4.1. Wie funktioniert die Aeroradiometrie?	25
4.2. Auswertung aeroradiometrischer Daten	25

1. Zusammenfassung

Die Übung Aeroradiometrie 2012 umfasste in erster Linie die Ausmessung des gesamten Stadtgebiets von Zürich. Daneben wurden verschiedene kleine Gebiete ausgemessen: Lac d'Emosson (VS), Kraftwerk Linth-Limmern (GL) und der Rangierbahnhof Limmattal (RBL) in Spreitenbach (AG). Turnusgemäss erfolgten Kontrollmessungen in der Umgebung der Kernanlagen KKW Beznau, KKW Leibstadt, Paul Scherrer Institut (PSI), ZWILAG Zwischenlager in Würenlingen (AG). Die Schweizer Kernanlagen werden im Zweijahresrhythmus im Auftrag des Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorats ENSI ausgemessen. Weiter wurde eine Messlinie vom Weinfelden (TG) nach Grosse St. Bernhard (VS) geflogen.

Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2012:

1. Für das ganze Gebiet der Stadt Zürich konnte eine Messkarte erstellt werden, welche die normale Radioaktivität abbildet. Es wurden keine ungewöhnlichen Werte festgestellt. Aufgrund von Unterschieden in der Bodenbeschaffenheit, der Art der Überbauung und der verwendeten Baumaterialien variieren die gemessenen Werte leicht.
2. In der Umgebung der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau sowie des Paul Scherrer Instituts PSI und des ZWILAG Zwischenlager in Würenlingen konnte ausserhalb des Betriebsareals keine Ablagerung von künstlicher Radioaktivität festgestellt werden.
3. In der Umgebung der Stauseen Lac d'Emosson und Linth-Limmern konnten wissenschaftlich interessante Messkarten mit stark variierenden Messwerten gewonnen werden. Diese hängen mit der Geologie der beiden Orte zusammen und stammen von Gestein mit unterschiedlich hohem Gehalt an Kalium (K-40), Uran (U-238) und Thorium (Th-232). Das Aushubmaterial aus dem Bauprojekt beim Stausee Linth-Limmern zeigte keine aussergewöhnlich erhöhten Radiaktivitätswerte.
4. Das Gelände des Rangierbahnhofs Limmattal in Spreitenbach wurde plangemäss ausgemessen und zeigte keine ungewöhnlichen Radioaktivitätsmesswerte.
5. Bei der Messung der Transversalen durch den Alpenraum und das Mittelland (eine Gerade vom grossen St. Bernhard VS nach Bischoffzell TG) konnten normalen Ortsdosisleistungs-Werte (ODL-Werte) festgestellt werden. Die Schwankungen zwischen den Alpenraum und das Mittelland sind im wesentlichen auf die Topographie und Unterschiede in der Geländeart zurückzuführen.
6. Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Pilote der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

Das Messprogramm wurde vollständig absolviert.

2. Übung Aeroradiometrie 2012

Die diesjährige Messflüge fanden vom 25. bis 28. Juni 2012 in mehreren Gebieten der Schweiz statt. Start- und Landebasis war für alle Flüge der Flugplatz Dübendorf.

2.1. Städtmessung Zürich

Seit mehreren Jahren verfolgt die NAZ ein Städtmessprogramm mit dem Ziel, Nullmessungen von allen Schweizer Städten, grösseren Gemeinden und wichtigen Transportrouten zu erhalten. Nullmessungen können zugezogen werden, wenn nach einem Ereignis ein Verdacht auf erhöhte Radioaktivität besteht. Durch den Vergleich der Messung mit der Nullmessung können Abweichungen erkannt werden. Im Rahmen dieses Messprogramms wurde dieses Jahr Zürich als grösste Schweizer Stadt vermessen. Damit verfügt die NAZ nun über Messkarten der fünf grössten Schweizer Städte Zürich, Genf, Basel, Bern, Lausanne sowie zahlreicher weiterer Städte und Verkehrsinfrastrukturen (Bellinzona, Chiasso, Neuchâtel, La Chaux-de-fonds, Davos, SBB Gotthard, SBB Bern-Zürich, Rangierbahnhof Basel Muttenz, u.a.).

2.2. Messflüge im Auftrag des ENSI

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

2.3. Messtechnisch interessante Gebiete Stauseen Lac d'Emosson und Linth-Limmern

Die Aeroradiometrie-Equipe erhielt den Auftrag, zwei messtechnisch interessante Gebiete um die Stauseen Lac d'Emosson und Linth-Limmern auszumessen. Beim Stausee Linth-Limmern, wo gegenwärtig ein neues, unterirdisch angelegtes Pumpspeicherkraftwerk gebaut wird, konnten zusätzlich Gebiete mit Aushubmaterial aus dem laufenden Bauprojekt in die Messung miteinbezogen werden. Beide Messungen bieten aufgrund einer anspruchsvollen Topographie und interessanter Geologie optimale Verhältnisse für die Ausbildung und das Training der Messequipe.

2.4. Rangierbahnhof Limmattal Spreitenbach

Der Rangierbahnhof wurde zu Ausbildungszwecken sowie zur Erweiterung der Vergleichsmessdaten der NAZ für Verkehrsinfrastrukturen ausgemessen. Bereits 2007 war das Gelände des Rangierbahnhofs Basel Muttenz im Rahmen einer Einsatzübung kartiert worden.

2.5. Transversale Grosser St. Bernhard VS nach Bischoffzell TG

Transversalen sind vor allem von wissenschaftlichem Interesse, da sie eine Querschnittmessung durch die Schweiz aufzeigen können. Mit der Messlinie aus dem Wallis ins Toggenburg wurde in diesem Jahr eine weitere Transversale ausgemessen.

2.6. 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 Erstinterpretation der

Resultate vor Ort, Piloten-Training.

- Darstellung der Messresultate: Eine Zusammenstellung und Interpretation der Resultate liegt innert 2 Stunden nach dem letzten Flug vor.
- Überprüfung und Aktualisierung der Einsatzdokumentation.
- Erfahrungen aus dem Einsatz der Aeroradiometrie in Japan auswerten und Erkenntnisse für die Schweiz gewinnen. (eventuell)

2.7. Information der Bevölkerung und der Behörden

Aufgrund der Lärmemissionen des Messhelikopters 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. Insbesondere für die Flüge über der Stadt Zürich wurden Medien, Partner und Bevölkerung ausführlich informiert. Speziell zu den Messflügen über Zürich wurde ein Point de Presse in der Nationalen Alarmzentrale und eine Besichtigung des Messhelikopters für Medienvertreter in Dübendorf abgehalten: die Medien konnten sich auch an einem Demonstrativmessflug über das Üetliberggebiet beteiligen. In einer Medienmitteilung vom 21.06.2012 wurden alle Messflüge publiziert. Die Lokalmedien, insbesondere Lokalradios in den betroffenen Gebieten, wurden zusätzlich auf die entsprechenden Daten aufmerksam gemacht. Dank des guten Medienechos konnte die Bevölkerung erfolgreich vorinformiert werden.

2.8. Beteiligte Partnerorganisationen

Folgende Organisationen waren in die Vorbereitung und Durchführung der Übung Aeroradiometrie 2012 involviert:

- NAZ und Stab BR NAZ
- Schweizer Luftwaffe
- Fachgruppe Aeroradiometrie
- ENSI
- Kanton und Stadt Zürich (Kantons- und Stadtpolizei; Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft AWEL; Gebäudeversicherung Kanton Zürich GVZ; Flughafen Zürich; Baudirektion Kanton Zürich; Schutz und Rettung Zürich)
- Paul Scherrer Institut

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

3. Resultate der Übung ARM 12

3.1. Messresultate der Messflüge im Auftrag des ENSI

Turnusgemäss wurden dieses Jahr die Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt sowie das Paul Scherrer Institut und das ZWILAG Zwischenlager Würenlingen aeroradiometrisch gemessen.

Angaben zum Messflug Kernkraftwerk Beznau, Kernkraftwerk Leibstadt, ZWILAG und PSI:

Datum:	25.-26.06.2012
Fluglinien:	Abstand 250 m, 43 Linien
Flugzeit:	3 h 30 min
Fluggebiet:	Kernkraftwerke Beznau, Leibstadt, ZWILAG und PSI; ca. 75 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt ausserhalb der Betriebsareale der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt normale Werte. 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. 11-02, ISSN 1019-0643, Seite 8).

Im Bereich des PSI-West wird auf der Karte eine leicht erhöhte Ortsdosisleistung dargestellt. Die Werte betragen 170 nSv/h im Vergleich zu Normalwerten von 80 – 120 nSv/h. Hierbei handelt es sich um eine Ungenauigkeit bei der Umrechnung der Werte auf Bodenhöhe. Der Helikopter hat die Fortluftfahne eines Kamins des PSI West durchflogen. Daher zeigt die Karte dort höhere Werte. Der Effekt wurde bereits in früheren Jahren beobachtet (vgl. Wissenschaftlicher Bericht, PSI Bericht Nr. 11-02, ISSN 1019-0643, Seiten 11-13).

Die Analyse des Spektrums (Abb. 2) zeigt eine charakteristische Spitze bei 511 keV (Kiloelektronenvolt). Diese Strahlung ist typisch für die sehr kurzlebigen Radionuklide in der Fortluft der Beschleunigeranlagen des PSI West. Diese Abgaben werden permanent überwacht und bilanziert. Sie liegen unterhalb der von der Aufsichtsbehörde festgelegten Abgabelimiten.

Die aeroradiometrische Auswertung basiert auf der Annahme, dass sich die Radioaktivität am Boden befindet (90m vom Detektor). Beim Durchflug der Fortluftfahne ist die Distanz zwischen der Quelle und dem Detektor kleiner als 90m. Dadurch wird die Dosisleistung zu hoch berechnet.

Das Kernkraftwerk Leibstadt ist auf der Karte klar zu erkennen. Siedewasserreaktoren wie Leibstadt basieren auf dem Konzept, dass mit der Frischdampfleitung auch Radioaktivität im Maschinenhaus auftritt. Die Gammastrahlung des Stickstoffisotops N-16 kann somit unmittelbar über dem Maschinenhaus aus der Luft gut detektiert werden. Aus dem Reaktor selber ist aufgrund der dicken Schutzhülle keine Gammastrahlung messbar. Ausserhalb des umzäunten Areals konnten keine Werte festgestellt werden, die erhöht sind. Gegenüber früheren Jahren konnte bei allen Messungen keine Veränderung festgestellt werden.

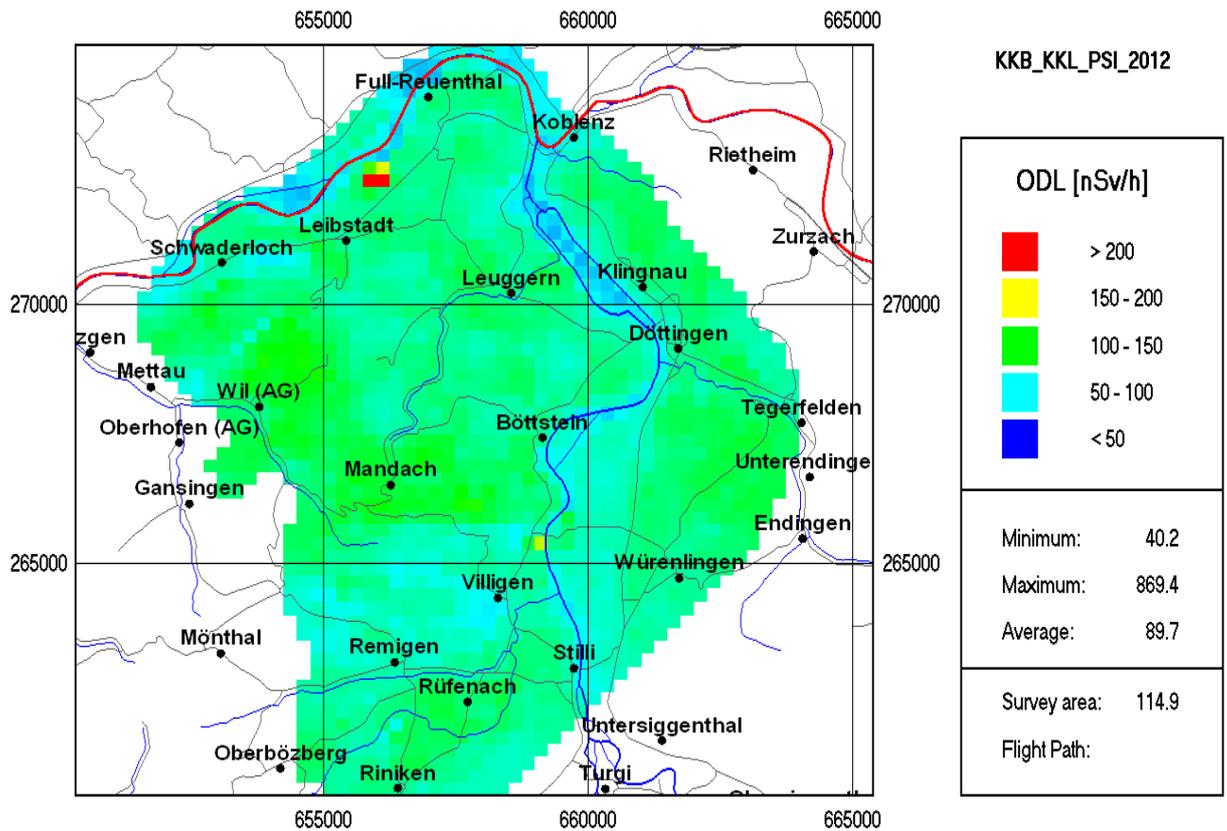


Abb. 1: Karte der Ortsdosisleistung in der Umgebung KKL/KKB/PSI/ZWILAG

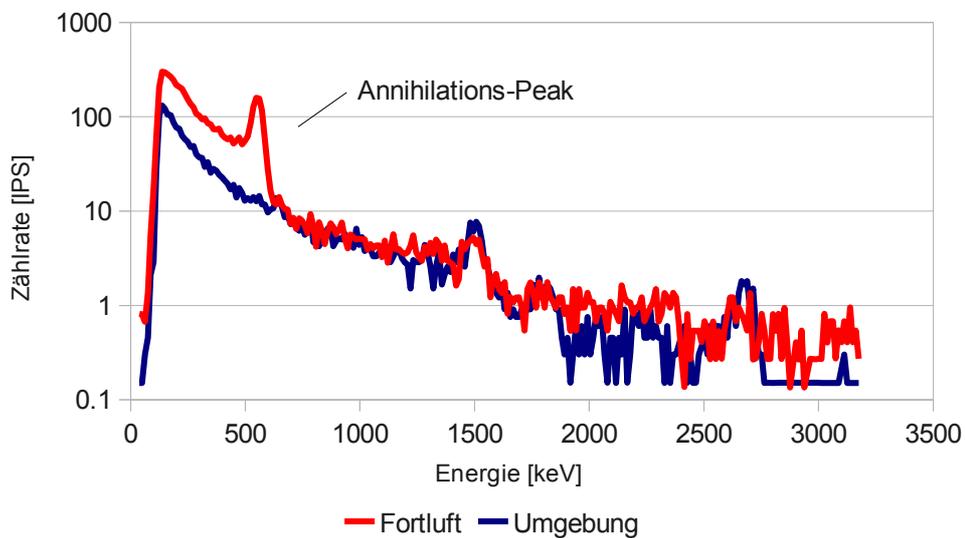


Abb. 2:
Spektrum
über Areal
PSI-West im
Vergleich zu
einer Referenz
in der
Umgebung

Cäsium-Karte

Auf der Cs-Karte wurden keine erhöhten Werte festgestellt, die auf einer künstlichen Ablagerung von Cäsium hinweisen.

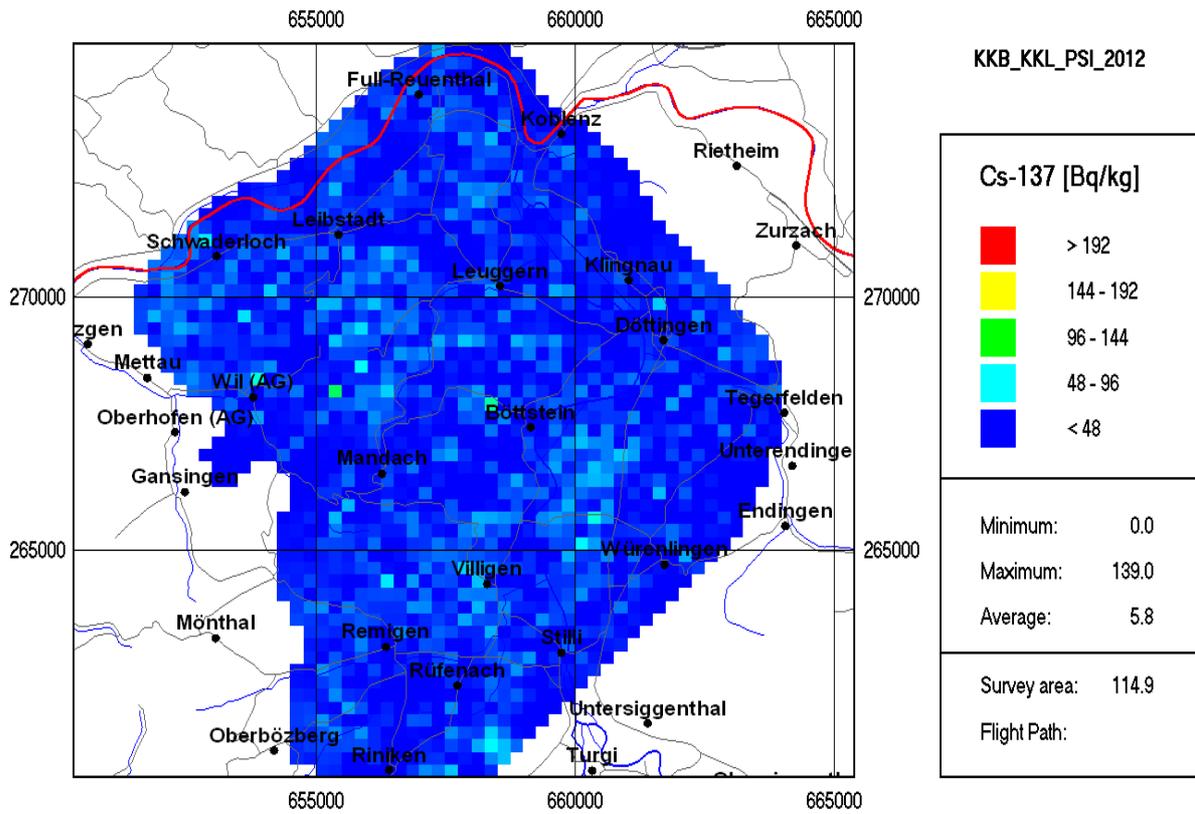


Abb. 3: Cs-137 Karte in der Umgebung KKL/KKB/PSI/ZWILAG

3.2. Messresultate der Städtmessung Zürich

Die Messungen über der Stadt Zürich wurden erfolgreich durchgeführt und Nullmessungen für die grösste Schweizer Stadt sind vorhanden. Damit verfügt die NAZ nun über Messkarten der fünf grössten Schweizer Städte Zürich, Genf, Basel, Bern, Lausanne.

Angaben zum Messflug Stadt Zürich:

Datum: 26.-27.06.2012
Fluglinien: Abstand 125 m, 64 Linien
Flugzeit: 4 h
Fluggebiet: Stadt Zürich; ca. 50 km²
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt durchgehend normale Werte. Diese stimmen mit dem Mittelwert überein, welcher für das Schweizer Mittelland erwartet wird (Wertebereich zwischen 50 nSv/h und 120 nSv/h). Die beobachteten Variationen sind im Wesentlichen auf die Topographie und Unterschiede in der Geländeart (Vegetation, Gewässer, z.B. Zürichsee und Limmat) zurückzuführen.

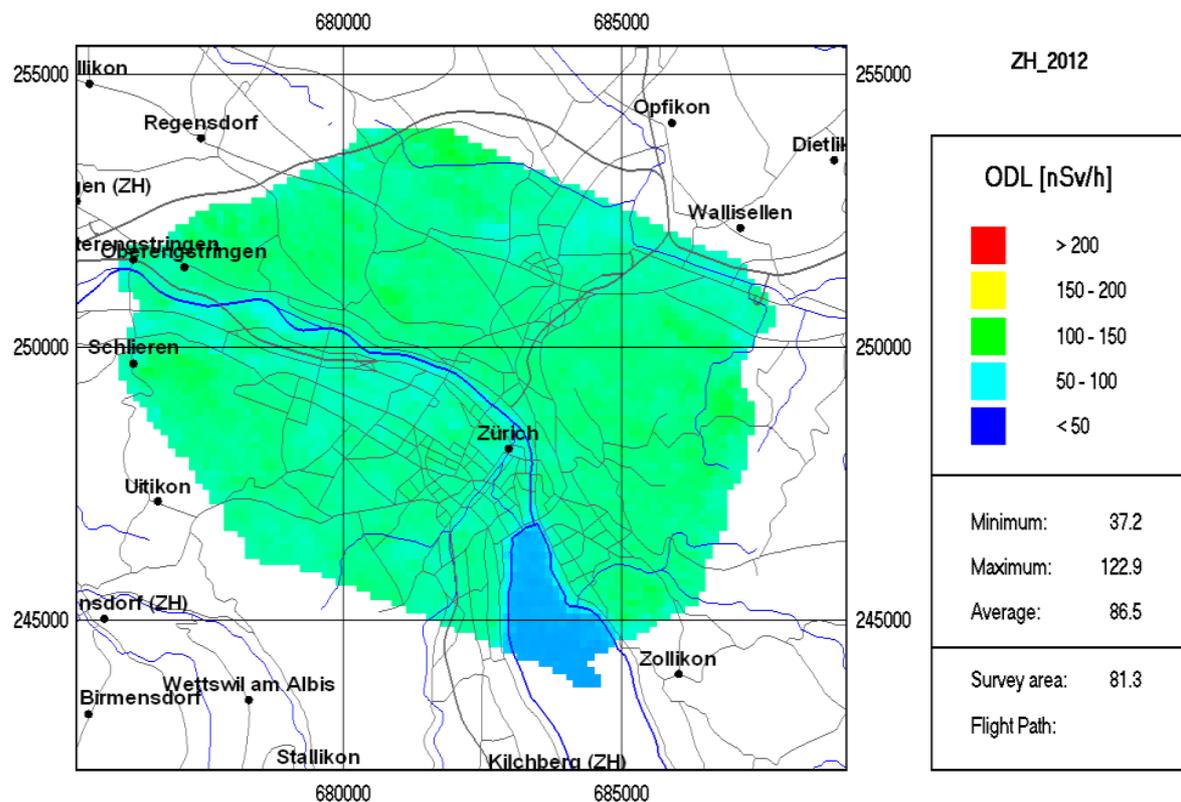


Abb. 4: Karte der Ortsdosisleistung Stadt Zürich

Cäsium-Karte

Die Karte der Cs-137-Aktivität zeigt analog zur ODL-Karte keine erhöhten Werte, welche auf ein Vorkommen von radioaktiven Cäsium hinweisen würden.

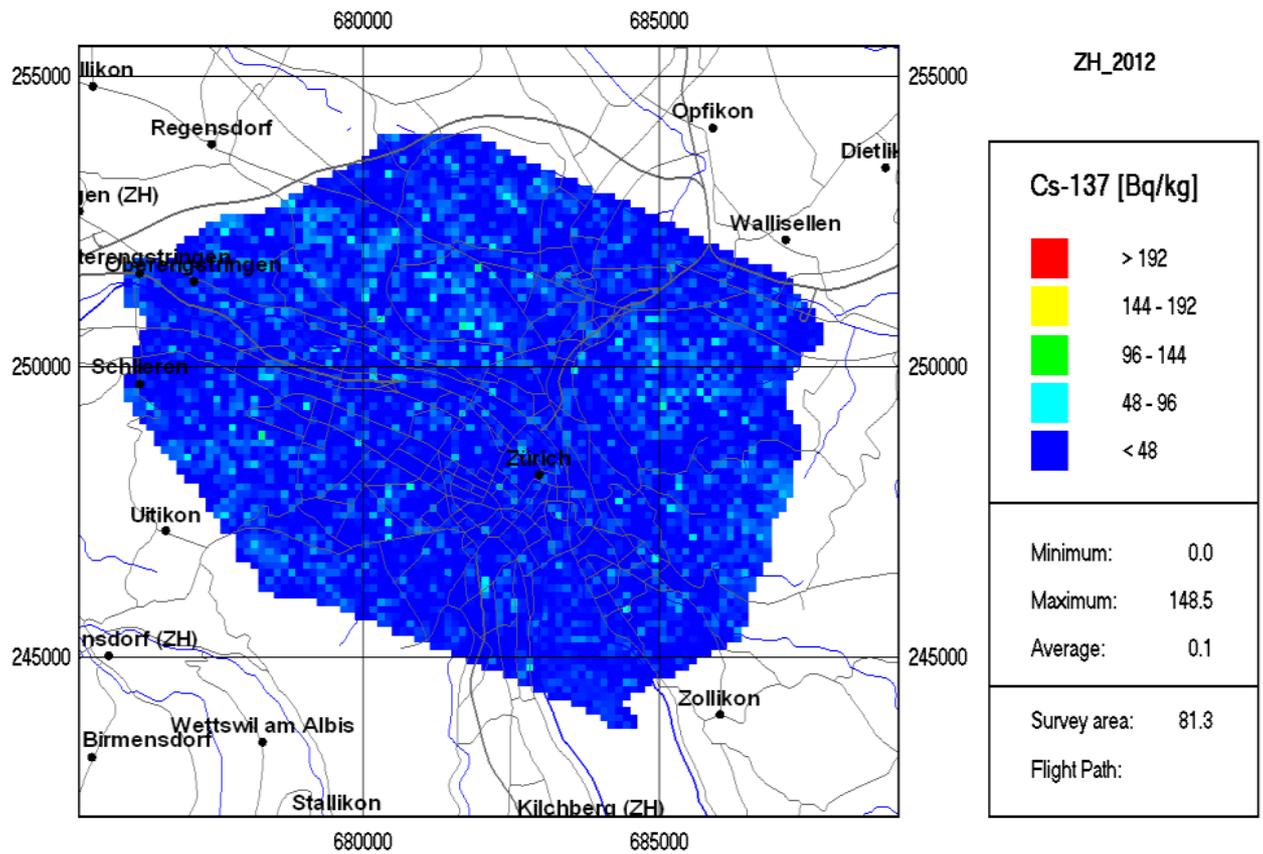


Abb. 5: Cs-137 Karte Stadt Zürich

3.3. Messresultate des Gebiets Stausee Lac d'Emosson

Die Umgebung des Stausees Lac d'Emosson ist ein messtechnisch interessantes Gebiet. Wegen seiner anspruchsvollen Topographie und interessanter Geologie bietet dieses Gebiet eine gute Gelegenheit für die Ausbildung und das Training der Messequipe. Es wurden drei Gebiete ausgemessen: „Lac du vieux Emosson“ - „Lac d'Emosson“, „Le-Châtelard-Frontière“ - „Finhaut“, „Les Marécottes“ - „La Creusaz“.

Einige Informationen über den Stausee Lac d'Emosson:

Das sich im Bau befindliche unterirdische Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance (600 Megawatt) wird durch die Erhöhung der Vieux-Emosson Staumauer um 20m und die Installation zweier zusätzlicher Turbinengruppen (je 150 Megawatt) auf 900 Megawatt Leistung angehoben. Das Stauvolumen wird damit von 13.5 Millionen Kubikmeter auf 25 Millionen Kubikmeter vergrössert (85% mehr). Dazu werden mehrere Zugangsstollen zwischen Châtelard und den auf 1700 müM gelegenen Kavernen erstellt. Um die grössere Stromproduktion optimal auszunützen muss insbesondere im Wallis das Höchstspannungsnetz verstärkt werden. Gemäss Plan wird das Kraftwerk den Betrieb ab 2017 schrittweise in Betrieb nehmen. (Quelle: Alpiq Management AG)

Angaben zum Messflug Stausee Lac d'Emosson:

Datum:	28.06.2012
Fluglinien:	Abstand 125 m, 22 Linien
Flugzeit:	45 min
Fluggebiet:	Lac d'Emosson; ca. 12 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt die in diesen Regionen erwarteten Werte im Bereich von 80 nSv/h bis 280 nSv/h. Die gegenüber dem Durchschnitt der Schweiz erhöhten Werte sind auf das Vorkommen von natürlichen Radionukliden zurückzuführen (insbesondere K-40 und Uran-238). Der Mittelwert auf der Karte (180 nSv/h) entspricht ungefähr dem Wert, welcher mit der NADAM-Station auf dem Jungfrauoch (185 nSv/h) registriert wird.

Im Gebiet „Lac du vieux Emosson“ - „Lac Emosson“ sind die zwei Seen sehr gut zu erkennen: bei beiden Seen sind die ODL-Werte deutlich tiefer, da die terrestrische Strahlung vom Wasser absorbiert wird (siehe Abbildung 7).

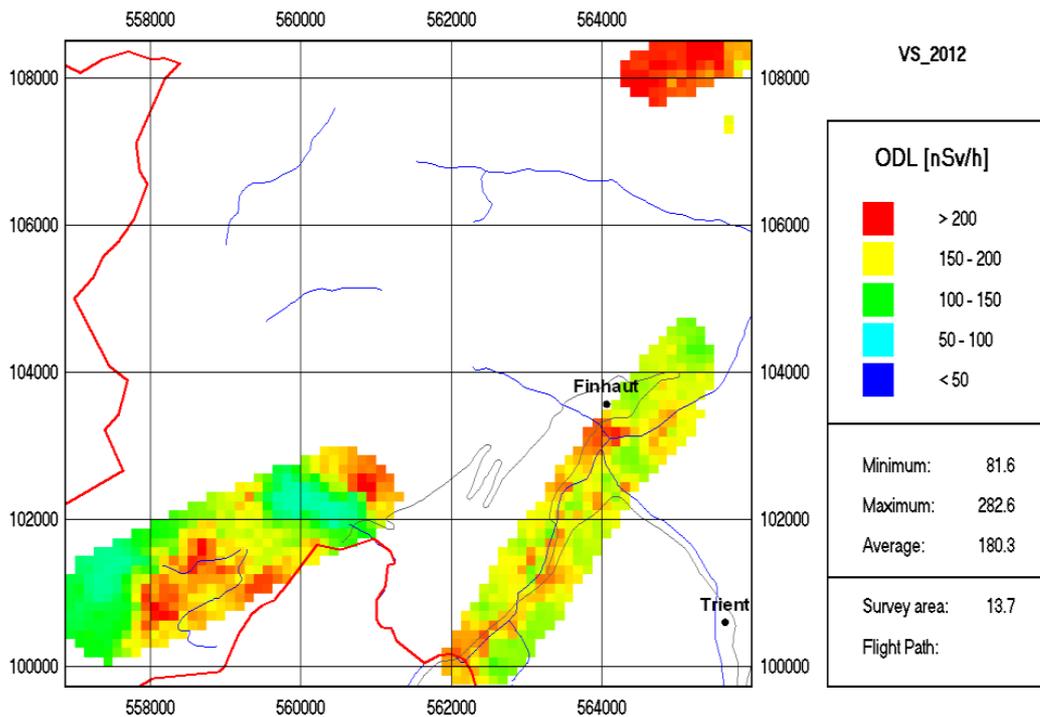


Abb. 6: Karte der Ortsdosisleistung Gebiet Stausee Lac d'Emosson

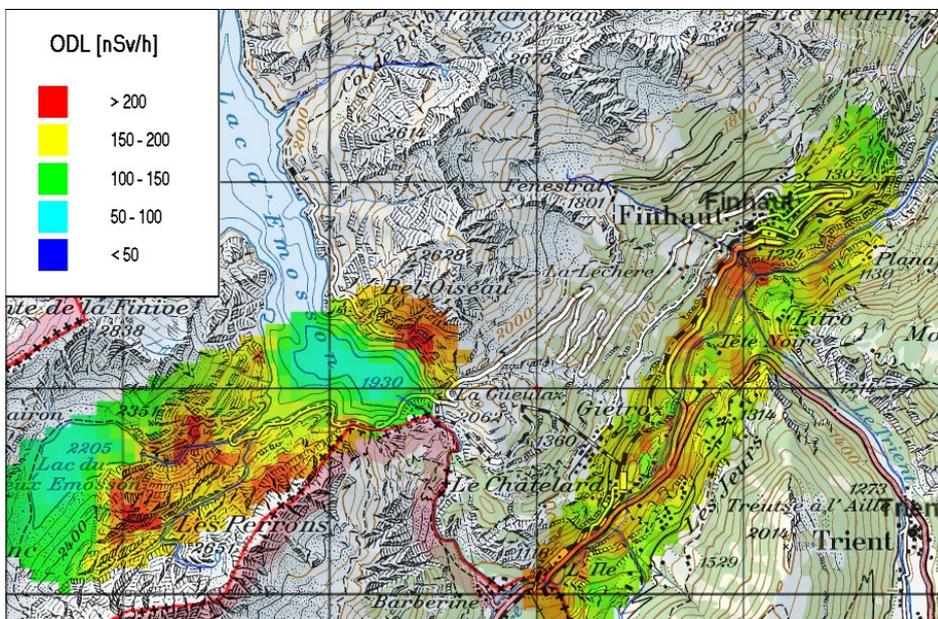


Abb. 7: Karte der Ortsdosisleistung Gebiet Stausee Lac d'Emosson (mit topographischer Karte)

Cäsium-Karte

Die Karte der Cs-137-Aktivität zeigt im Vergleich zur ODL-Karte keine erhöhten Werte, die auf künstliche Radioaktivität hinweisen.

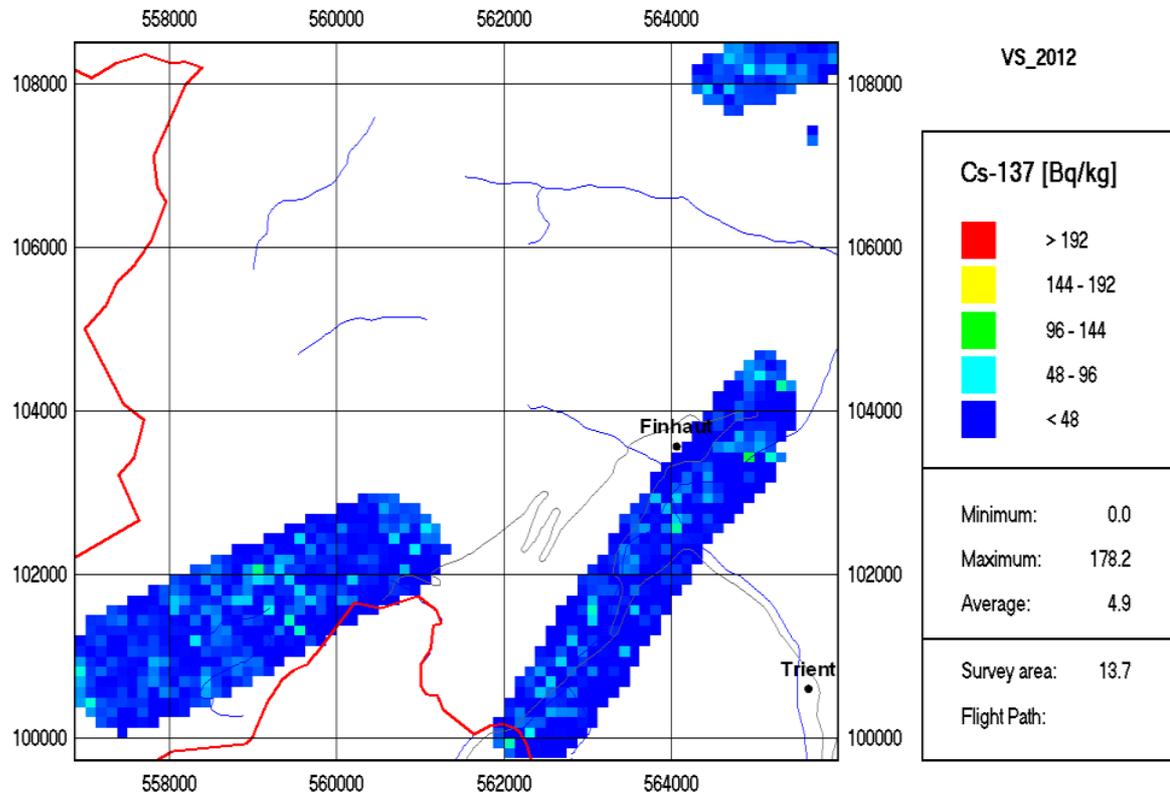


Abb. 8: Cs-137 Karte Gebiet Stausee Lac d'Emosson

Karten von natürlichen Radionukliden

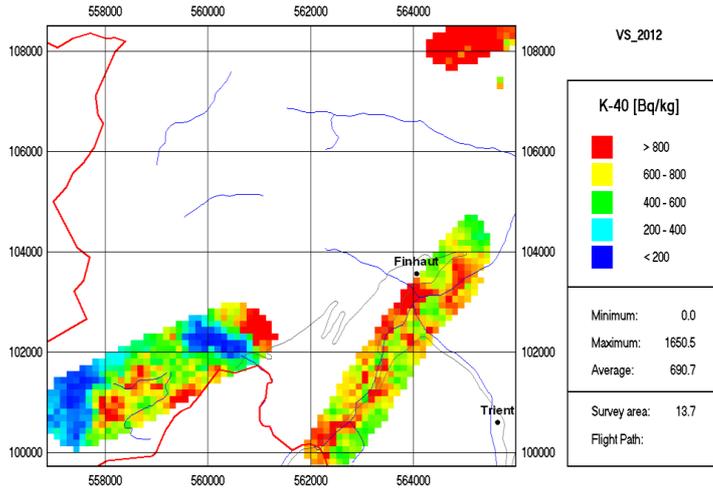


Abb. 9

Die erhöhten K-40 Werte sind auf die Bodenzusammensetzung, Bodenschichtdicke und Vegetation zurückzuführen. Die Gebiete mit den höchsten Messwerten überlappen sich genau mit den Zonen mit höheren ODL-Werten.

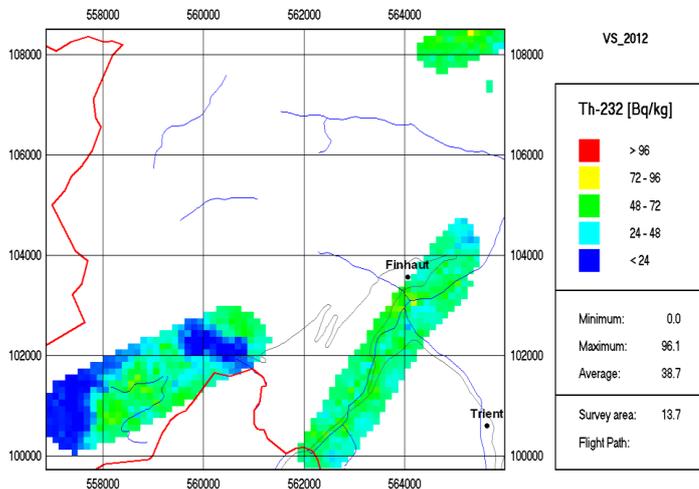


Abb. 10

Die Th-232 Aktivität entspricht den Erfahrungswerten für die Schweiz (15-100 Bq/kg).

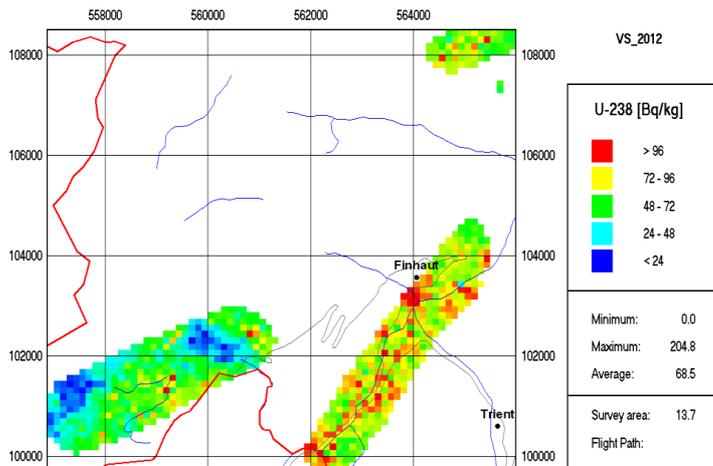


Abb. 11

U-238 ist ein natürlich vorkommendes Nuklid, welches in diesen Höhenlagen zu erwarten ist. Besonders im Gebiet „Le-Châtelard-Frontière“ - „Finhaut“ zeigt die U-238-Karte höhere Werte: dieses Gebiet ist seit den 80er Jahren als uranreiche Zone bekannt. Untersuchungsarbeiten haben gezeigt, dass sich infolge der komplizierten Mineralisierung und der geologischen Verteilung der Uranvorkommen, ein Uranabbau wirtschaftlich nicht lohnt.

3.4. Messresultate der Messlinie (Transversale) Weinfelden TG - Grosser St. Bernhard VS

Um die aeroradiometrische Abdeckung der Schweiz zu verbessern, wurde eine Transversallinie quer durch die Schweiz (Weinfelden TG - Grosser St. Bernhard VS) geflogen.

Angaben zum Transversale von Weinfelden TG nach Grosser St. Bernhard VS:

Datum: 28.06.2012
Fluglinien: 1 Linie
Flugzeit: 2h
Fluggebiet: von Weinfelden TG nach Grosser St. Bernhard VS;
ca. 240 km
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt durchgehend normale Werte. Diese Werte variieren je nach Region. Im Mittelland liegt der Wertebereich zwischen 50 nSv/h und 120 nSv/h respektive im Alpenraum zwischen 120 nSv/h und 250 nSv/h. Die beobachteten Variationen sind im wesentlichen auf die Topographie und Unterschiede in der Geländeart zurückzuführen.

Bemerkung: Da die Topographie entlang dieser Transversallinie anspruchsvoll ist, ist es für die Piloten entsprechend schwierig die Standardflughöhe von 90 m immer einzuhalten. Falls die 90 m-Flughöhe deutlich über- oder unterschritten wird, wird auch die Ortsdosisleistung unter- bzw. überschätzt. Deshalb bedeuten rot eingefärbte Punkte nicht zwangsläufig auch erhöhte Messwerte. Alle Messdaten werden für den Jahresbericht im Detail analysiert und die Darstellungen werden gegebenenfalls angepasst.

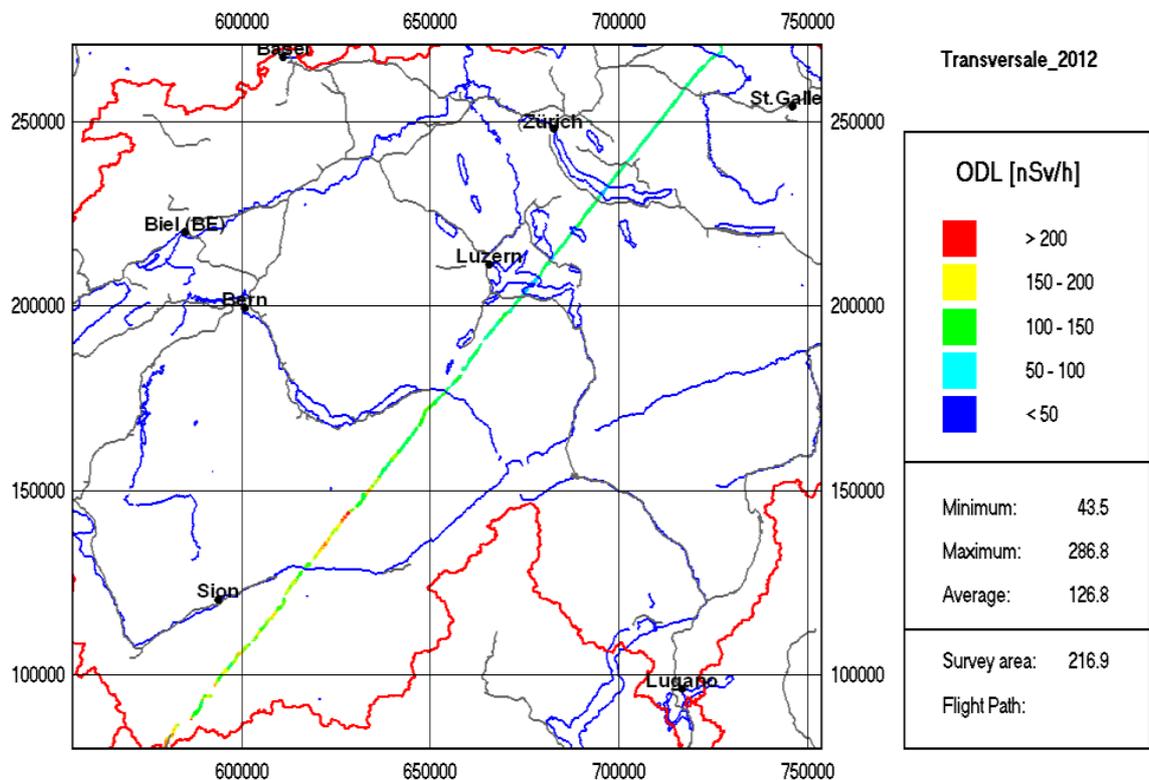


Abb. 12: Karte der Ortsdosisleistung Transversale Weinfelden – Grand St. Bernhard

Cäsium-Karte

Die Karte der Cs-137-Aktivität zeigt im Vergleich zur ODL-Karte keine erhöhten Werte, welche auf ein Vorkommen von radioaktivem Cäsium hinweisen würden.

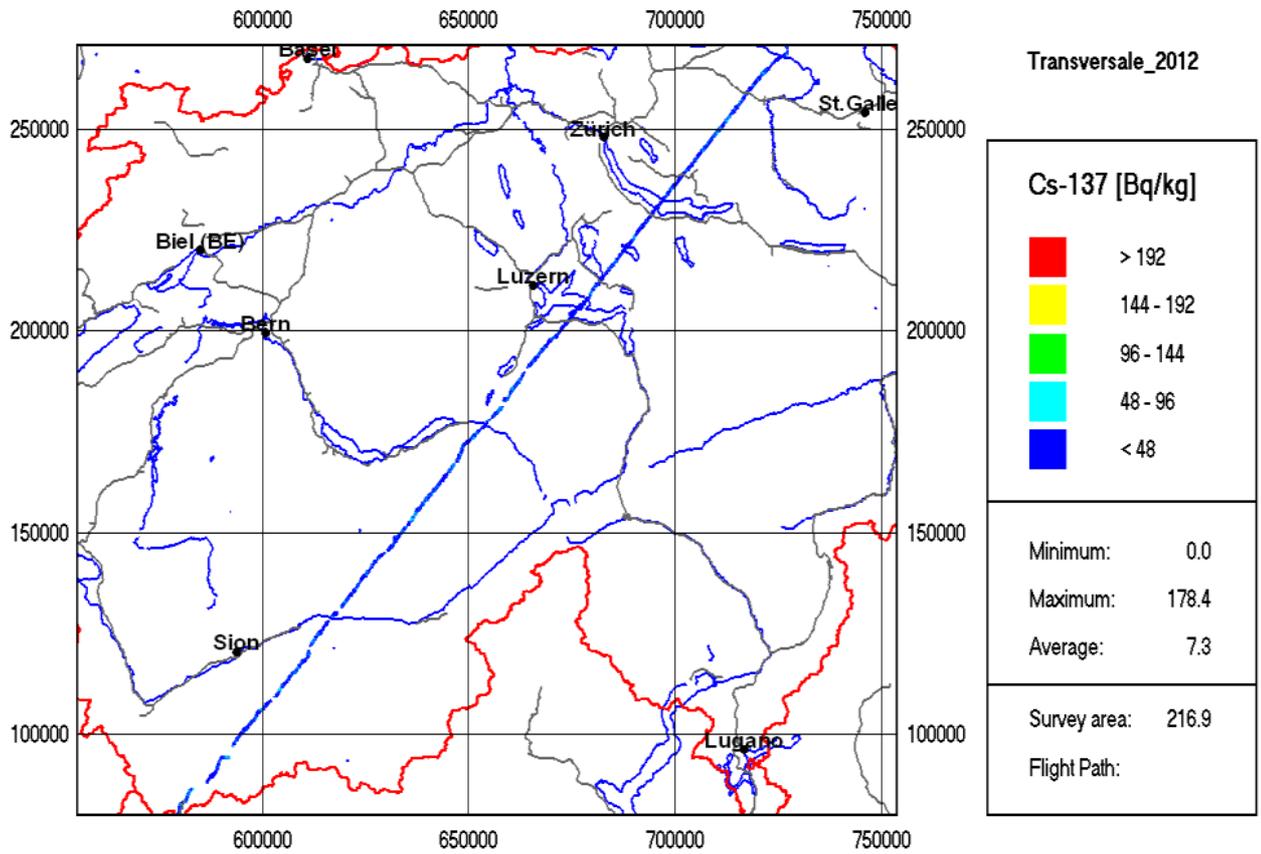


Abb. 13: Cs-137 Karte der Transversale Weinfelden – Grand St. Bernhard

Kalium-Karte

Die Karte der K-40-Aktivität zeigt, analog zur ODL-Karte, Werte im normalen Bereich. Kalium-40 ist ein natürlich vorkommendes Radionuklid, das von der Bodenzusammensetzung und der Vegetation abhängig ist. Auf diesem Grund liegen im Alpenraum die Werte leicht oberhalb der Durchschnittswerte.

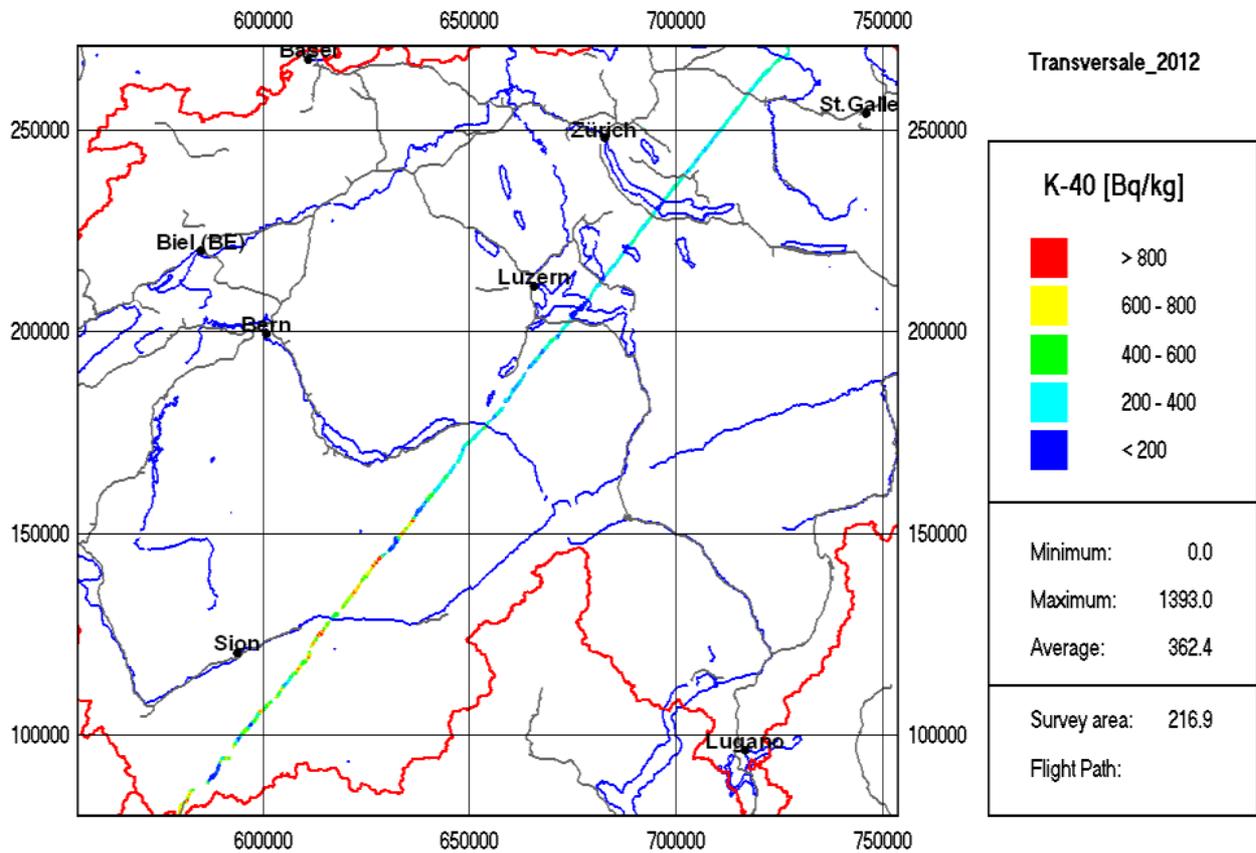


Abb. 14: K-40 Karte der Transversalen Weinfelder – Grand St. Bernhard

3.5. Messresultate des Gebiets Stausee Linth-Limmern

Die Umgebung des Stausees Linth-Limmern ist, wie Lac d'Emosson, ein messtechnisch interessantes Gebiet. Wegen seiner anspruchsvollen Topographie und interessanter Geologie bietet dieses Gebiet eine gute Gelegenheit für die Ausbildung und das Training der Messequipe.

Bei der Auswertung wurde auf Grund der Topographie die Höhenkorrektur angewendet.

Einige Informationen über den Stausee Linth-Limmern

Projekt Linthal 2015 ist ein unterirdisches Pumpspeicherkraftwerk, welches den 600 m höher gelegenen Muttsee als Speicher benutzt. Die Turbinenleistung wird mit den neuen 1000 MW auf 1480 MW angehoben. Damit die dazu benötigte Wassermenge bereitgestellt werden kann, wird mittels Erhöhung der Staumauer des Muttsees die Seehöhe um 28 m angehoben. Das Speichervolumen beträgt neu 25 Mio Kubikmeter (vorher 9 Mio). Die neue Kraftwerkzentrale wird rund 600 m im Berginnern auf ca. 1700 müM erstellt. Zusätzlich werden zwei rund 500 m lange unterirdische Druckstollen gebaut. Die erste der 4 Maschinengruppen sollte planmässig im 2015 den Betrieb aufnehmen. Durch die Erhöhung der Stromproduktion muss neu zur bereits bestehenden 220 kV-Leitung eine 380 kV-Leitung erstellt werden (Quelle: www.axpo.ch).

Angaben zum Gebiet Stausee Linth-Limmern

Datum:	28.06.2012
Fluglinien:	Abstand 125 m, 12 Linien
Flugzeit:	35 min
Fluggebiet:	Stausee Linth-Limmern; ca. 3 km ²
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

Insgesamt wurden drei Fluggebiete vorbereitet (Tierfed, Limmernstausee und Muttstausee). Das Gebiet Tierfed konnte aus Flugsicherheitsgründen nicht vollständig vermessen werden.

Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt normale Werte: ein einziger Punkt ist leicht erhöht (315 nSv/h). Anhand der topographischen Karte (Abb. 16) ist ersichtlich, dass sich der Messpunkt mit erhöhtem Wert fern von der Baustelle befindet. Es handelt sich hierbei entweder um ein natürliches Thorium-Vorkommen (siehe Thorium-Karte) oder mit höherer Wahrscheinlichkeit um ein Artefakt, das durch die komplizierte Topographie generiert wurde (Anwendung Höhenkorrektur, Schwierigkeiten mit dem Halten einer konstanten Flughöhe über Grund, Nähe der Wand des Berges).

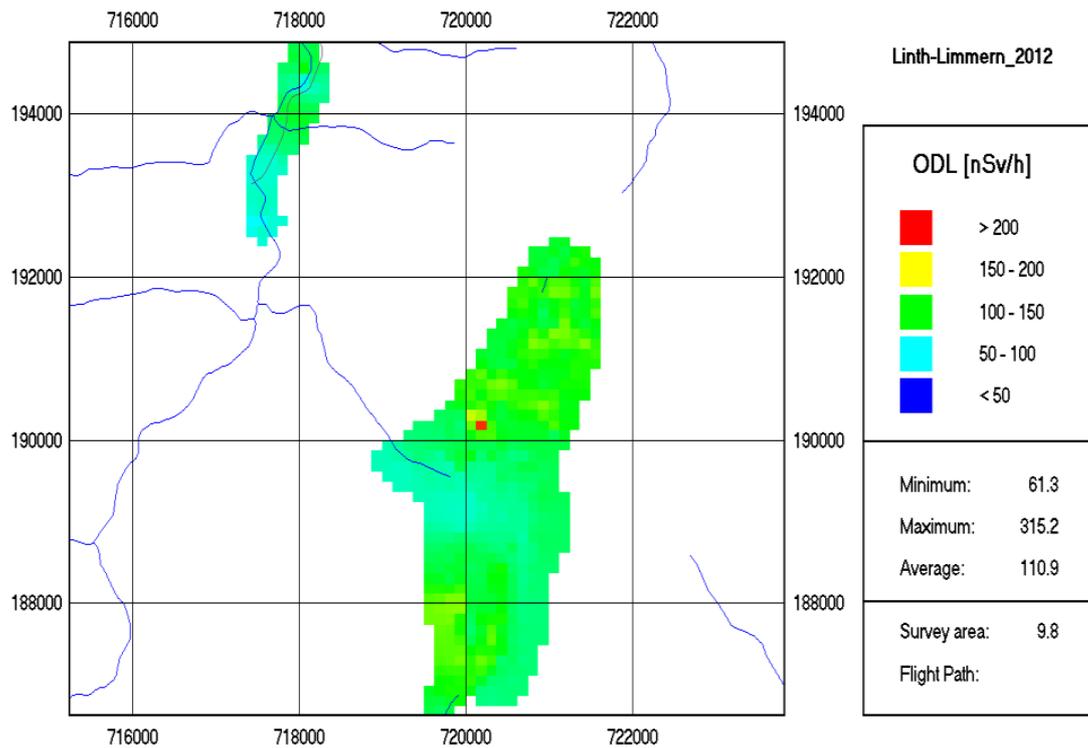


Abb. 15: Ortsdosisleistungskarte des Stausees Linth-Limmern

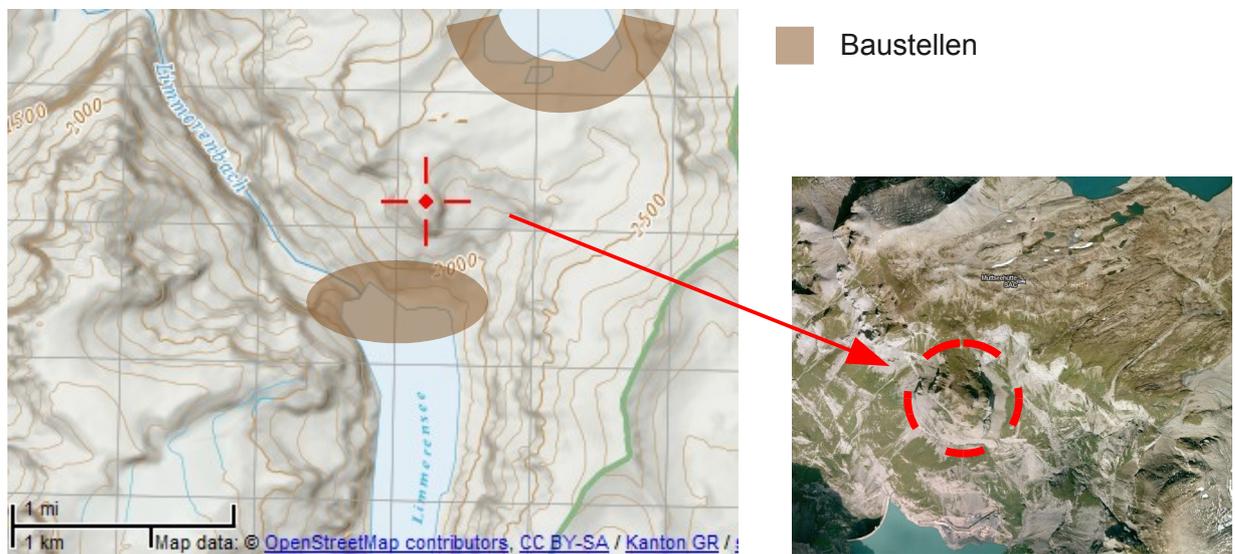


Abb. 16: Topographische Karte (Quellen: map.geo.admin.ch, GoogleMaps, 29.06.2012)

Cäsium-Karte

Die Karte der Cs-137-Aktivität zeigt keine erhöhten Werte, die auf künstliche Radioaktivität hinweisen.

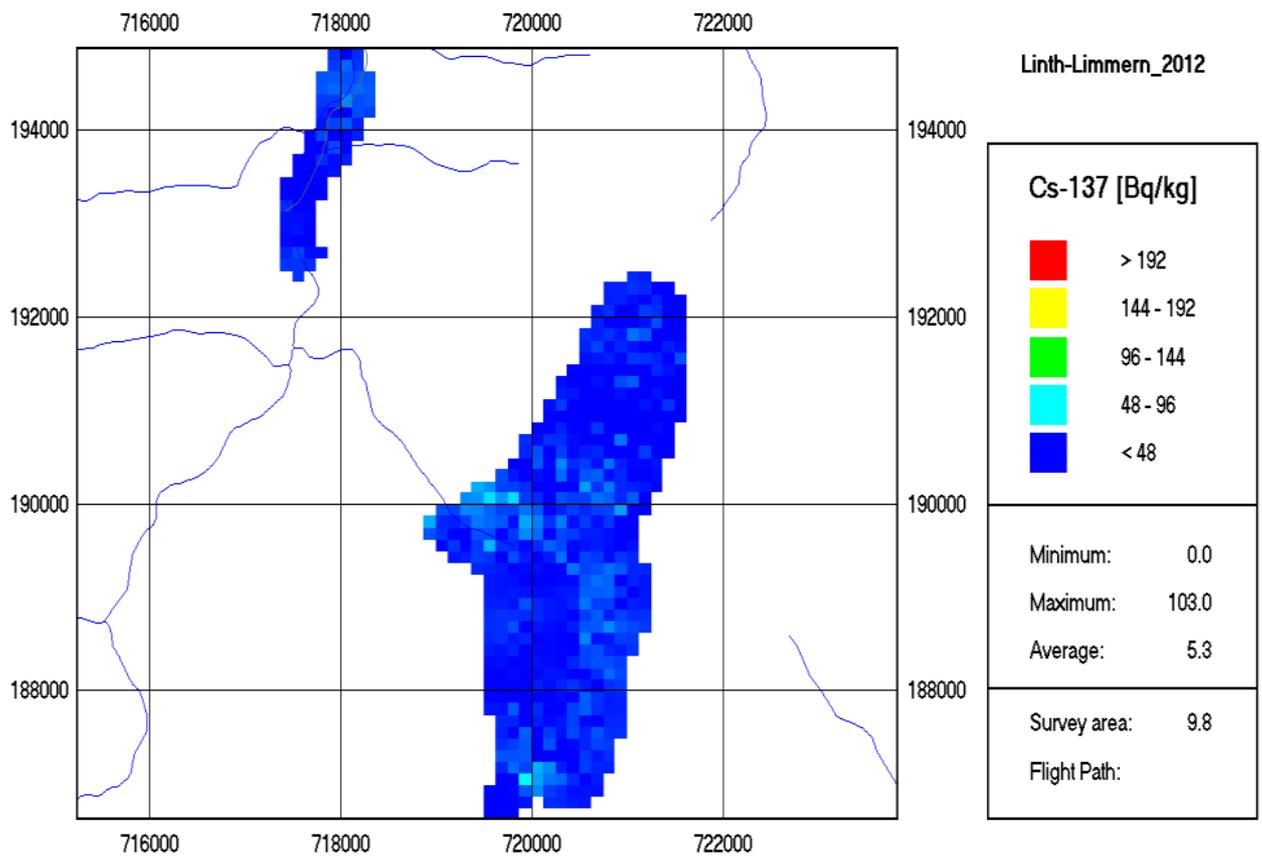


Abb. 17: Cs-137 Karte Stausee Linth-Limmern

Thorium-Karte

Die Aktivitäts-Karte des natürlichen Th-232 zeigt normale Werte: wie in der Ortsdosisleistungskarte ist ein einziger Punkt leicht erhöht (315 nSv/h). Anhand der topographischen Karte (Abb. 16) ist ersichtlich, dass sich der Messpunkt mit erhöhtem Wert fern von der Baustelle befindet. Es handelt sich hierbei entweder um ein natürliches Thorium-Vorkommen (Abb. 18) oder mit höherer Wahrscheinlichkeit um ein Artefakt, das durch die komplizierte Topographie generiert wurde (Anwendung Höhenkorrektur, Schwierigkeiten mit dem Halten einer konstanten Flughöhe über Grund, Nähe der Wand des Berges).

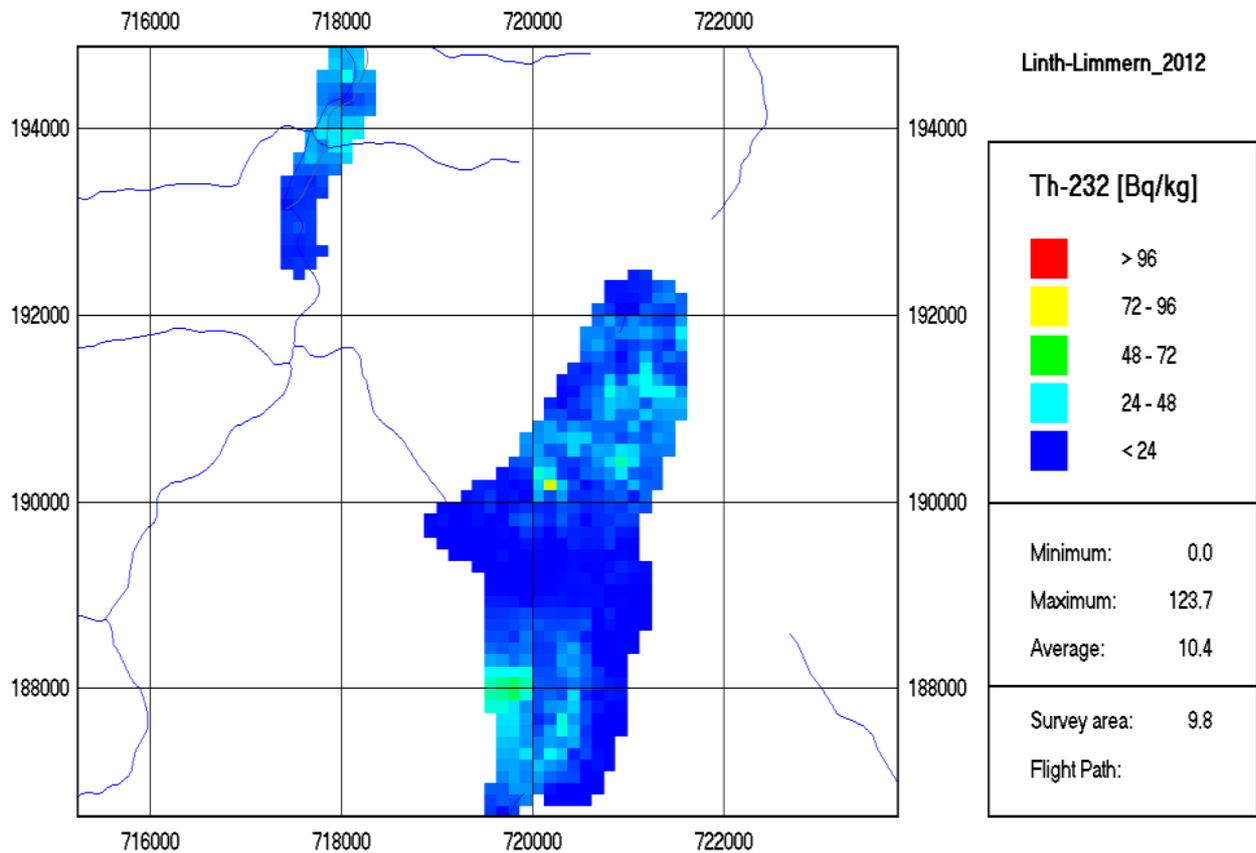


Abb. 18: Th-232 Karte Stausee Linth-Limmern

3.6. Messresultate Rangierbahnhof Limmattal Spreitenbach

Der Rangierbahnhof Limmattal Spreitenbach ist einer der grössten Eisenbahnknotenpunkte für Güter in der Schweiz. Entsprechend wurde eine radiologische Referenzkarte der Anlage erstellt.

Angaben zum Gebiet Rangierbahnhof Limmattal Spreitenbach

Datum: 28.06.2012
Fluglinien: Abstand 125 m, 9 Linien
Flugzeit: 25 min
Fluggebiet: Rangierbahnhof Spreitenbach; ca. 3 km²
Flughöhe über Grund: ca. 90 m

Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt durchgehend normale Werte. Diese stimmen mit dem Mittelwert überein, welcher für das Schweizer Mittelland erwartet wird (Wertebereich zwischen 50 nSv/h und 120 nSv/h). Die beobachteten Variationen sind im Wesentlichen auf die Topographie und Unterschiede in der Geländeart (Vegetation, Gewässer) zurückzuführen.

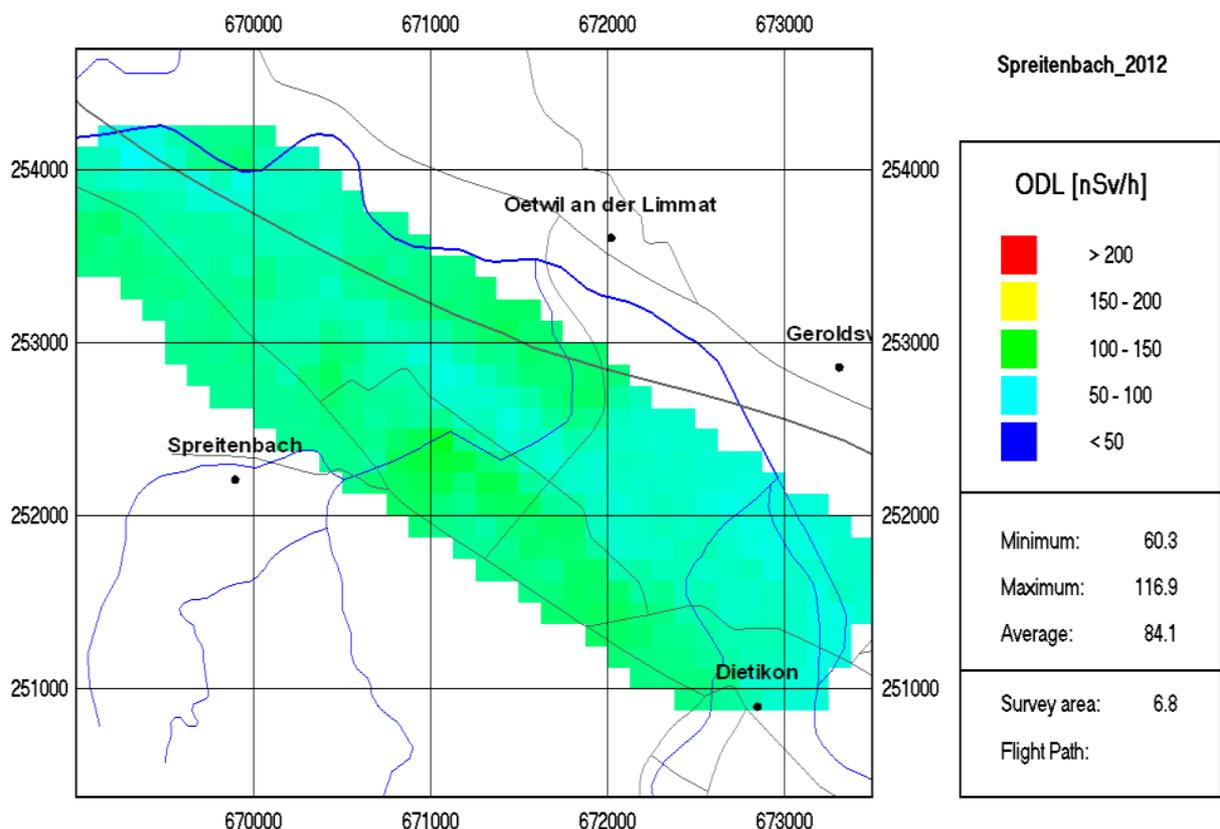


Abb. 19: Ortsdosisleistungskarte Rangierbahnhof Limmattal Spreitenbach

Cäsium-Karte

Die Karte der Cs-137-Aktivität zeigt keine erhöhten Werte, die auf künstliche Radioaktivität hinweisen.

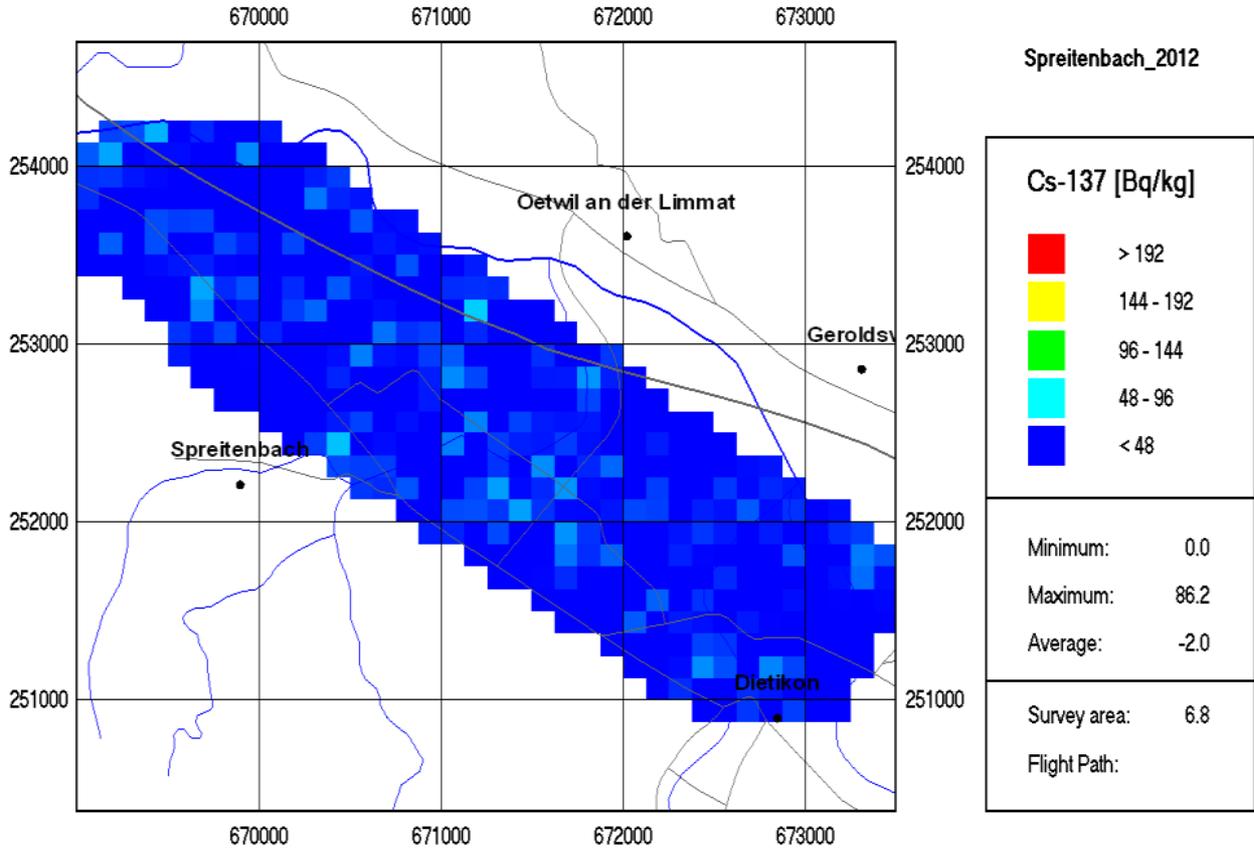


Abb. 20: Cs -137 Karte Rangierbahnhof Limmattal Spreitenbach

3.7. Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 12

Die Ziele der Aeroradiometrie-Messwoche 2012 wurden vollumfänglich erreicht. Mit einer Ausnahme konnten alle Messungen gemäss Plan durchgeführt werden. Beim Stausee Linth-Limmern wurde das Messprogramm im Messgebiet "Tierfed" nur teilweise durchgeführt, da aufgrund von Hochspannungs- und Seilbahnkabel die Flugsicherheit in Teilen des Messgebiets nicht gewährleistet werden konnte.

Folgende weitere Ziele wurden erreicht:

- Das Messgerät wurde zeitgerecht eingebaut und die Einsatzbereitschaft innerhalb der vorgegebenen Zeit hergestellt.
- Die Briefings vor und nach dem Messflug haben sich bewährt, um den Wissensgleichstand des Teams sicherzustellen und die Arbeiten und Koordination während und nach den Messflügen zu optimieren.
- Ein neues Verfahren für Messflüge bei schwierigen topographischen Verhältnissen, bei denen das Standardverfahren nicht angewendet werden kann, wurde dieses Jahr in zwei Gebieten (Linth-Limmern und Lac d'Emosson) erfolgreich angewendet. Dabei wird der Flug durch den Operator geführt. Das Verfahren war erstmals 2011 am Piz Giuv getestet worden.
- Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch. Die Milizangehörigen der Messcrew sind routiniert und erfahren.
- Die Auswertung und Erstinterpretation vor Ort haben dank der Einsatzunterlagen und der guten Zusammenarbeit des Aeroradiometrieteams gut funktioniert.
- Die Darstellung der Resultate konnte immer innert 2 Stunden nach dem Ende der Messflüge fertig gestellt werden.
- Die Einsatzdokumentation wurde vollständig überarbeitet und liegt in einer neuen Version vor.
- Ein Einsatzkonzept mit verschiedenen Messstrategien für die Quellensuche wurde erfolgreich erarbeitet.
- Der Aeroradiometrie-Einsatz (durch japanische und amerikanische Behörden) nach dem Unglück im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi wurde analysiert. Es wurden mehrere Erkenntnisse für die Weiterentwicklung des Konzepts für den Fall Kernkraftwerk-Unfall identifiziert. Diese werden im kommenden Jahr noch vertieft bearbeitet.

4. Aeroradiometrie allgemein

Helikoptermessungen erlauben eine schnelle und flächendeckende Erfassung der künstlichen und natürlichen Radioaktivität des Bodens und das auch in unwegsame Gelände. Die Messungen erfolgen mit einem hochempfindlichen Detektor für γ -Strahlen.

In der Zeit von 1989 bis 1993 wurde die Umgebung der schweizerischen Kernanlagen jährlich aeroradiometrisch vermessen. Dazu wurde eine spezielle Methodik (Datenaquisition, Datenverarbeitung, Kartierung) entwickelt und angewandt.

Seit 1994 wurde die Aeroradiometrie in die Einsatzorganisation Radioaktivität des Bundes integriert. Als mögliche Einsatzfälle stehen Transport- und Industrieunfälle mit radioaktivem Material, KKW-Störfälle und Satellitenabstürze im Vordergrund. Der Einsatz erfolgt unter der Regie der Nationalen Alarmzentrale (NAZ). Unterhalt und Bereitstellung des Mess-Systems erfolgen durch das Paul Scherrer Institut.

4.1. Wie funktioniert die Aeroradiometrie?

Für die Messflüge wird ein Super Puma Helikopter der Armee eingesetzt. Dieser Helikoptertyp bietet sehr gute Navigationsmöglichkeiten und erlaubt durch seine Blindflugtauglichkeit auch Notfalleinsätze bei schlechtem Wetter.

Das Mess-System besteht aus einem NaI-Detektor mit einem Volumen von 16 Litern. Als Spektrometer wird ein für Luftaufnahmen ausgelegtes 256-Kanal-Spektrometer verwendet. Die Steuerung des Systems erfolgt mit einem Industrie-PC. Die Daten werden auf PCMCIA-Memorykarten gespeichert.

Die Positionsbestimmung des Helikopters erfolgt mit dem satellitengestützten Positionierungssystem GPS. Zusätzlich zu den Radioaktivitätsdaten werden laufend Radarhöhe, Luftdruck und Aussentemperatur aufgezeichnet.

Um die Einsatzbereitschaft der Aeroradiometrie zu erhöhen, steht ein redundantes, gleichwertiges System zur Verfügung.

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

4.2. 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.

Neben der Bestimmung der Strahlungsstärke können anhand der Energie auch künstliche und natürliche Strahlenquellen unterscheiden werden (dank Spektren-Darstellungen).

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 darstellen. Zum Vergleich: Bodenmessungen decken nur eine Fläche von rund 100 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.

Beim Paul Scherrer Institut kann die durch die Beschleunigeranlage induzierte Streustrahlung (PSI-West) resp. die Strahlung von radioaktiven Abfällen (Bundeszwischenlager (BZL), PSI-Ost) erfasst werden.

Siedewasserreaktoren, wie Leibstadt und Mühleberg, basieren auf dem Konzept, dass mit der Frischdampfleitung auch Radioaktivität im Maschinenhaus auftritt. Die Gammastrahlung des Stickstoffisotops N-16 kann somit unmittelbar über dem Maschinenhaus aus der Luft gut detektiert werden. Aus dem Reaktor selber ist aufgrund der dicken Schutzhülle keine Gammastrahlung messbar. KKW mit Druckwasserreaktoren (KKG und KKB) weisen eine sehr geringe Gesamtstrahlung auf und sind in der Regel nicht erkennbar.

Der Aktivitätspegel in der Umgebung der schweizerischen Kernanlagen ist über die letzten 20 Jahre etwa konstant geblieben (keine erhöhte künstliche Radioaktivität, die nicht durch Tschernobyl oder die Kernwaffenversuche der sechziger Jahre erklärt werden kann).