



19.06.2015

---

## Übung Aeroradiometrie 2015 vom 11. - 19.06.2015

### Übungsbericht und Messresultate



---

Dieser Bericht ist unter [www.naz.ch](http://www.naz.ch) erhältlich.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Zusammenfassung.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Übung Aeroradiometrie 2015.....</b>	<b>4</b>
2.1. Messflüge im Auftrag des ENSI.....	4
2.2. Wissenschaftlich interessante Gebiete im Urserental (UR) und Pioratal (TI).....	4
2.3. Internationale Übung AGC 15 in Chemnitz (D): Internationale Zusammenarbeit, gemeinsame Kartierung, Auffinden radioaktiver Quellen.....	4
2.5. Weitere Ziele des Aeroradiometrieteams.....	5
2.6. Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden.....	5
2.7. Beteiligte Partnerorganisationen.....	6
<b>3. Resultate der Übung ARM 15.....</b>	<b>6</b>
3.1. Messresultate Region Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen.....	6
3.2. Messresultate der wissenschaftlich interessanten Gebiete im Urserental (UR), Umgebung Ritomsee und Pioratal (TI).....	9
3.3. Messresultate der internationalen Übung in Deutschland.....	16
3.5. Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 15.....	30
<b>4. Aeroradiometrie allgemein.....</b>	<b>31</b>
4.1. Wie funktioniert die Aeroradiometrie?.....	31
4.2. Auswertung aeroradiometrischer Daten.....	31
4.3. Messergebnisse in der Umgebung der Kernanlagen.....	31

## 1. Zusammenfassung

Die Messkampagne 2015 stand ganz im Zeichen einer internationalen Übung, welche vom deutschen Bundesamt für Strahlenschutz und der deutschen Bundespolizei organisiert wurde in und um Chemnitz (D) stattfand. Neben dem Messteam der NAZ nahmen Equipen aus Deutschland, Frankreich und der tschechischen Republik an der Übung teil. Solche internationalen Übungen bieten nicht nur einen sehr wertvollen Erfahrungsaustausch, sondern sie bilden auch die Grundlage für den gemeinsamen Einsatz von Messhelikoptern verschiedener Länder in einem Ereignisfall. Dadurch könnten bei Bedarf die verfügbaren Kapazitäten entscheidend vergrössert werden.

Da die Übung eine ganze Woche in Anspruch nahm, wurde an zwei zusätzlichen Tagen zuvor die Standardmessungen um die Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg durchgeführt. Auf Ersuchen eines Forschungsprojekts der Universität Basel wurden zudem Gebiete um den Ritomsee und das Pioratal im Tessin und im Urserental im Kanton Uri ausgemessen.

### Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2015:

1. Der neue Detektor ist einsatzbereit.
2. In der Umgebung der Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen konnte ausserhalb der Betriebsareale keine Ablagerung von künstlicher Radioaktivität festgestellt werden.
3. In den Alpengebieten im Urserental, Ritomsee und Pioratal wurden Messwerte im erwarteten Bereich gemessen. Die Cäsium-Aktivitäten in den beiden Gebieten des Tessins liegen in dem für die Südalpen erwarteten Bereich.  
Im Urserental sind die Variationen auf natürliche Radionuklide zurückzuführen.
4. Bei der internationalen Übung wurden in vier verschiedenen Messübungen insgesamt sieben Gebiete gemessen. Dabei konnten neue Erfahrungen gemacht werden, insbesondere in Bezug auf die Auswertung aus Gebieten mit höherer Konzentration von natürlichen Radionukliden und bezüglich Austausch der Messwerte. Die Zusammenarbeit funktioniert sehr gut und der regelmässige Erfahrungsaustausch und gemeinsame Übungen haben sich bewährt.
5. Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

Aufgrund der meteorologischen Prognosen für das Alpengebiet mussten zwei Messflüge in der Schweiz kurzfristig umdisponiert werden. Medien, Partner und Öffentlichkeit wurden vorab informiert.

## 2. Übung Aeroradiometrie 2015

Die diesjährige Messflüge fanden vom 11. bis 19. Juni 2015 vor allem in Deutschland (Basis Chemnitz) statt. Start- und Landebasis für die Flüge in der Schweiz war der Flugplatz Dübendorf.

### 2.1. Messflüge im Auftrag des ENSI

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

### 2.2. Wissenschaftlich interessante Gebiete im Urserental (UR) und Pioratal (TI)

Nach Möglichkeit führt die NAZ auch Messflüge von wissenschaftlichem Interesse durch. Die Vorbereitung der Messstrategie dient dabei auch der Ausbildung der Messequipe. Auf Ersuchen der Universität Basel wurden dieses Jahr Messflüge im Urserental (UR), in der Umgebung des Ritomsees (TI) und Pioratal (TI) im Kanton Tessin durchgeführt. Die Messresultate unterstützen ein Forschungsprojekt, das darauf abzielt, die Bodenerosion in den Alpen mit künstlichen Radionukliden besser abzuschätzen. Dazu sollen Spuren der radioaktiven Stoffe, welche durch Tschernobyl und die Atomtests der 1950er und 60er Jahre abgelagert wurden, gemessen werden. Die Messungen dienen dazu, ideale und repräsentative Standorte für die Probenahme zu definieren.

Die Messungen im Piora- und Urserental waren auch topographisch anspruchsvoll, da der Helikopter auch in gebirgischem Gelände eine konstante Distanz über Boden von rund 90 m einhalten muss.

### 2.3. Internationale Übung AGC 15 in Chemnitz (D): Internationale Zusammenarbeit, gemeinsame Kartierung, Auffinden radioaktiver Quellen

Die NAZ nimmt regelmässig an internationalen Aeroradiometrie-Übungen teil. Die diesjährige Übung International Aero-Gammaspectrometry Campaign 2015 (AGC 15) wurde vom deutschen Bundesamt für Strahlenschutz BfS und der deutschen Bundespolizei organisiert. Als Basis diente der Standort Bereitschaftspolizei Chemnitz. Geflogen wurde vom 15. bis 18. Juni in Teilen Sachsens, Thüringens und der tschechischen Republik. Fünf Messteams aus vier Nationen nahmen teil:

- Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – SÚRO (Tschechische Republik)
- Institut der radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN (Frankreich)
- Nationale Alarmzentrale – NAZ (Schweiz)
- Bundesamt für Strahlenschutz – BfS, Bundespolizei-Flugdienst – BPOLFLD (Deutschland)

Im Zentrum der Übung stand die länderübergreifende Kooperation und Koordination. Damit sich Nachbarstaaten bei Unfällen gegenseitig unterstützen und besonders in Grenzgebieten effizient zusammenarbeiten können, tauschen sich die Teilnehmer während solcher Übungen über ihre nationalen Besonderheiten aus und trainieren an konkreten Aufgaben die Koordination und die Durchführung gemeinsamer Messungen. Dazu gehörten in Chemnitz:

- Vermessen von einem Gebiet und anschliessender Vergleich der Daten,
- die gemeinsame radiologische Kartierung von Gebieten,
- das Auffinden ausgelegter radioaktiver Stoffe (sogenannte Quellensuche),
- die gemeinsame Messung eines Messgebietes.

Viele Messgebiete waren für die Messteams besonders interessant, da sich darin Hinterlassenschaften und Altlasten der Urangewinnung befinden. In der DDR wurde in Sachsen und Thüringen uranhaltiges Gestein abgebaut. Über noch nicht sanierten Flächen (in erster Linie Halden und Absetzbecken) lässt sich im Vergleich zur Umgebung eine erhöhte Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) nachweisen.

#### **2.4 Erstmaliger Einsatz des neuen Detektors in einer Messwoche**

Seit 2014 wird ein neuer Detektor eingesetzt, dessen Kalibrierung sich vom bisher verwendeten Detektor unterscheidet. Dieser Unterschied wird durch Vergleichen der Karten der Cäsium-Aktivitätskonzentration zwischen altem und neuem Detektor besonders deutlich. Die Werte liegen jedoch innerhalb die Mess- und Auswertungsunsicherheit.

#### **2.5. 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.
- Training bezüglich Operationen im Ausland.

#### **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 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 09.06.2015 wurden die Messflüge angekündigt. Lokalmedien, insbesondere Lokalradios in den betroffenen Gebieten, wurden zusätzlich auf die entsprechenden Daten aufmerksam gemacht. Eine Umstellung des Flugplans wegen der Witterungsverhältnisse wurde auf der Website der NAZ angekündigt. Partner und Behörden wurden aktiv informiert.

Die Information über die Übung AGC 15 in Deutschland wurde vom deutschen Bundesamt für Strahlenschutz organisiert.

## 2.7. Beteiligte Partnerorganisationen

Folgende Organisationen waren in der Vorbereitung und Durchführung der Übung Aeroradiometrie 2015 involviert:

- NAZ und Stab BR NAZ
- Schweizer Luftwaffe
- ENSI
- Paul Scherrer Institut
- Deutsches Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und deutsche Bundespolizei als Organisatoren der Übung AGC 15 (sowie internationale Messteams, vgl. 2.3).

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

## 3. Resultate der Übung ARM 15

### 3.1. Messresultate Region Kernkraftwerke Mühleberg und Gösgen

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

#### Angaben zum Messflug Kernkraftwerk Mühleberg

Datum:	11.06.2015
Fluglinien:	Abstand 250 m, 29 Linien
Flugzeit:	3.5 h
Fluggebiet:	Umgebung Kernkraftwerk Mühleberg, ca. 70 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

Bemerkung: Das Kernkraftwerk Mühleberg war im Betrieb.

#### Karte der Ortsdosisleistung

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.

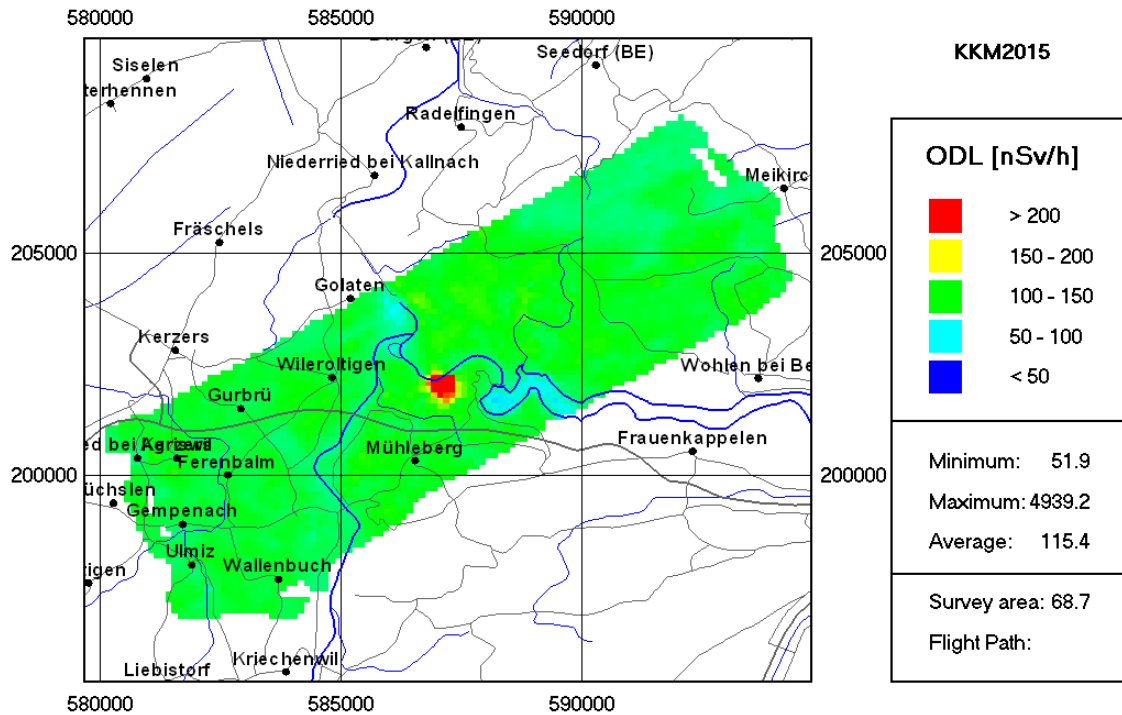


Abbildung 1: Karte der Ortsdosisleistung in der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg.

### Cäsium-Karte (Cs-137)

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

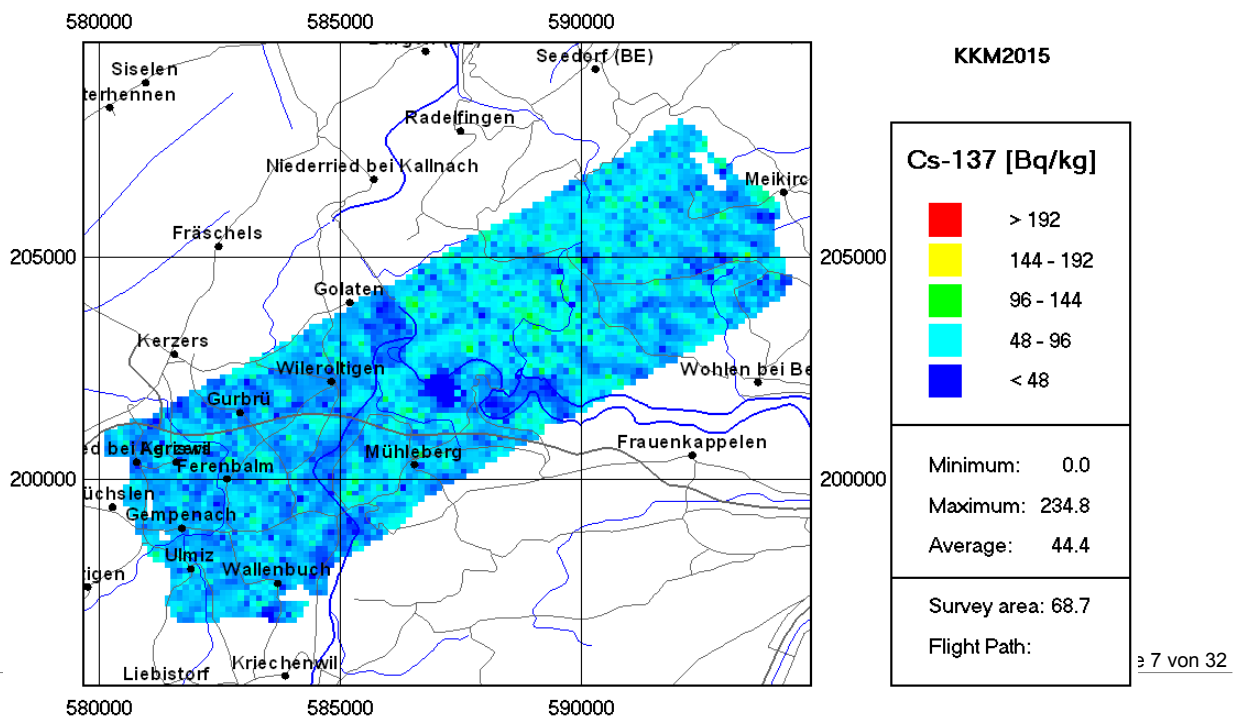


Abbildung 2: Cäsium-Karte in der Umgebung des Kernkraftwerkes Mühleberg.

**Angaben zum Messflug Kernkraftwerk Gösgen**

Datum: 12.06.2015  
 Fluglinien: Abstand 250 m, 29 Linien  
 Flugzeit: 3.5 h  
 Fluggebiet: Umgebung Kernkraftwerke Gösgen, ca. 90 km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

Bemerkung: Das Kernkraftwerk Gösgen ist in Revision.

**Karte der Ortsdosisleistung**

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt ausserhalb des Betriebsareals des Kernkraftwerkes 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 Kernkraftwerkes konnte keine Veränderung festgestellt werden.

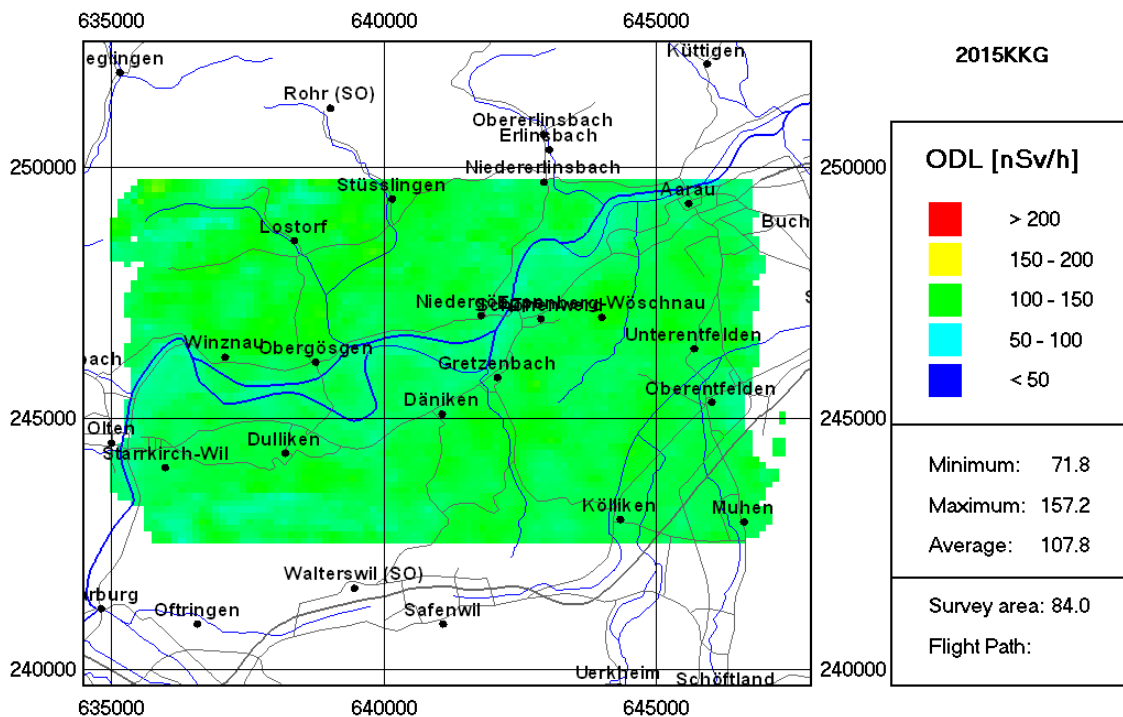


Abbildung 3: Karte der Ortsdosisleistung in der Umgebung des Kernkraftwerkes Gösgen.



**Cäsium-Karte (Cs-137)**

Auf der Cs-Karte wurden keine Auffälligkeiten festgestellt, die auf eine künstliche Ablagerung von Cäsium hinweisen würden.

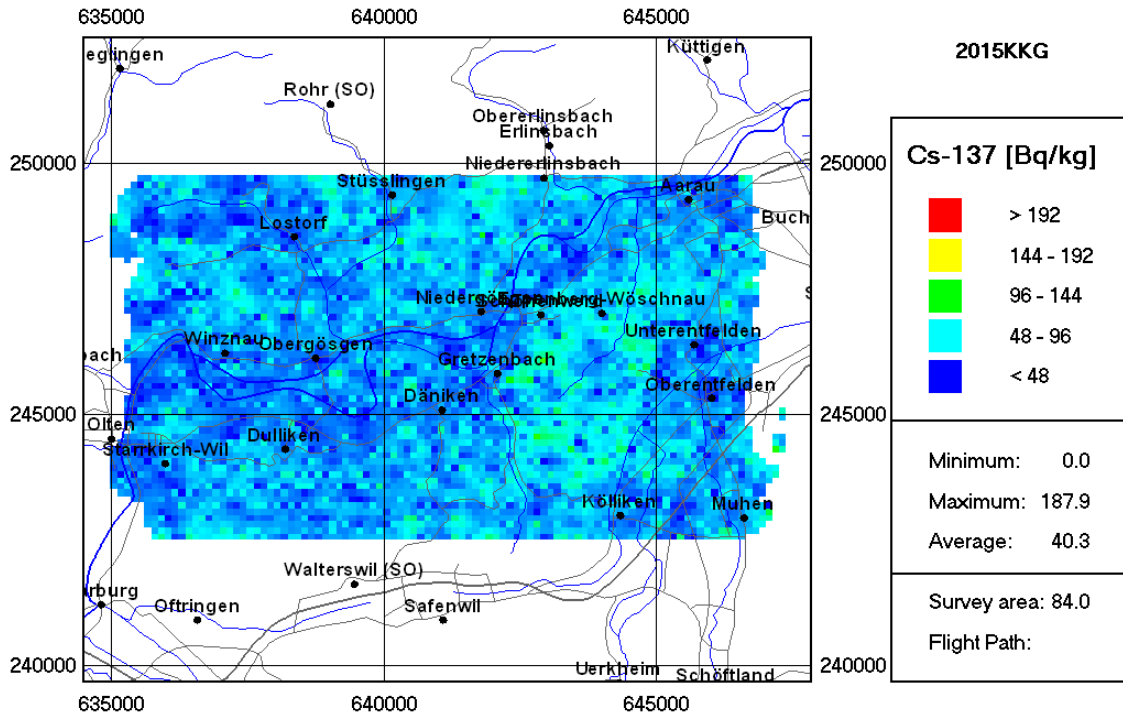


Abbildung 4: Cäsium-Karte in der Umgebung des Kernkraftwerkes Gösigen.

**3.2. Messresultate der wissenschaftlich interessanten Gebiete im Urserental (UR), Umgebung Ritomsee und Pioratal (TI)**

Nach Möglichkeit führt die NAZ auch Messflüge von wissenschaftlichem Interesse durch. Die Vorbereitung der Messstrategie dient dabei auch der Ausbildung der Messequipe. Auf Ersuchen der Universität Basel wurden dieses Jahr Messflüge im Urserental (UR), in der Umgebung des Ritomsees (TI) und im Pioratal (TI) durchgeführt. Die Messresultate unterstützen ein Forschungsprojekt, das darauf abzielt, die Bodenerosion in den Alpen mit künstlichen Radionukliden besser abzuschätzen. Dazu sollen Spuren der radioaktiven Stoffe gemessen werden, welche durch Tschernobyl und die Atomtests der 1950er- und 1960er-Jahren abgelagert wurden. Dank den aufgezeichneten Messresultaten ist nun eine detailliertere und grossflächige Auswertung bezüglich der Cäsium-Verteilung vorhanden. Dies ermöglicht die Auswahl von repräsentativen Standorten für die Probenahme.

**Angaben zum Messflug Urserental (UR)**

Datum: 11.06.2015  
 Fluglinien: Abstand 250 m, 5 Linien  
 Flugzeit: 1 h  
 Fluggebiet: Urserental, 13 km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

**Karte der Ortsdosisleistung**

Die gemessene Ortsdosisleistung liegt im erwarteten Bereich. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind vor allem auf Einflüsse der Geologie, der alpinen Topographie, Wasserläufe sowie der Vegetation zurückzuführen.

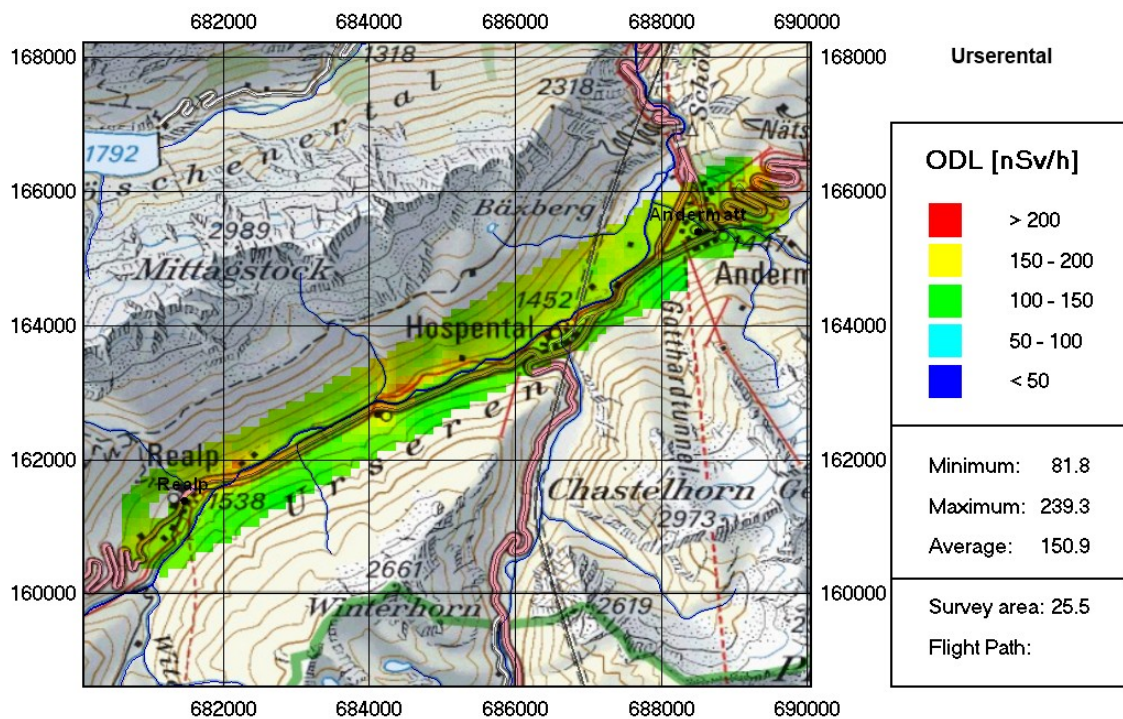


Abbildung 5: Karte der Ortsdosisleistung im Urserental.

Durch die hohe Lage des Gebiets ist die Ortsdosisleistung aufgrund der kosmischen Strahlung leicht erhöht. Die terrestrische Komponente der Ortsdosisleistung zeigt ähnliche Werte wie im Flachland.

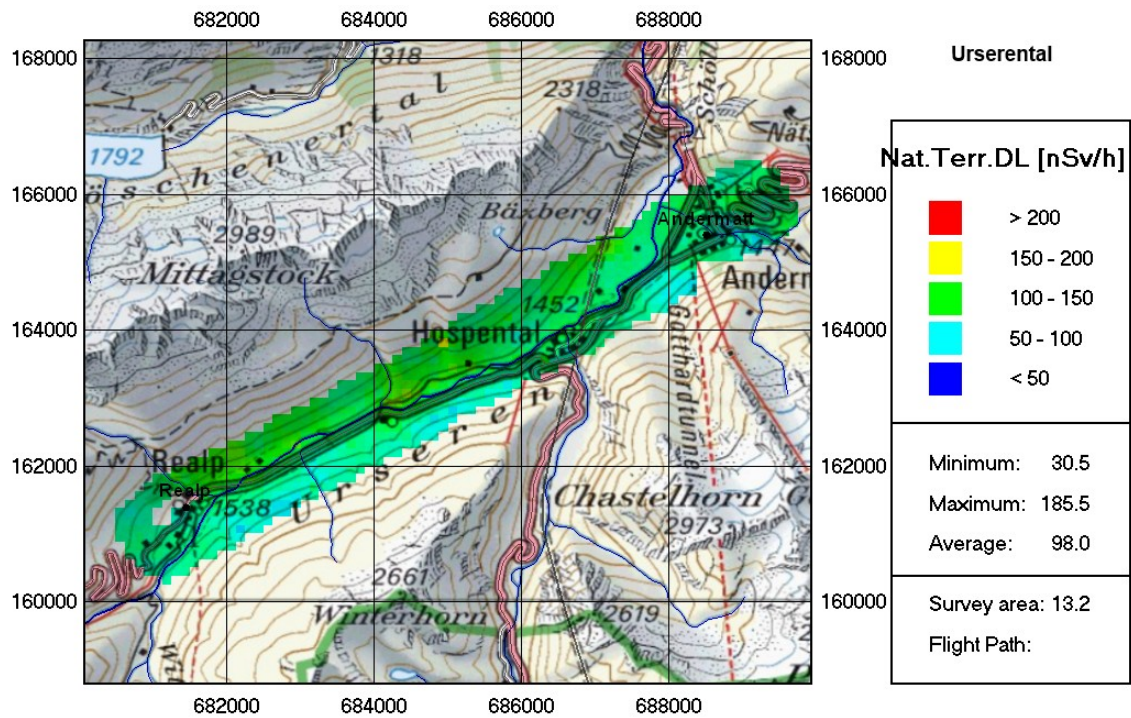


Abbildung 6: Karte der terrestrische Strahlung im Urserental.

**Cäsium-Karte (Cs-137)**

Die Karte der Cs-137-Aktivität zeigt keine Auffälligkeiten, welche auf ein Vorkommen von radioaktiven Cäsium hinweisen würden.

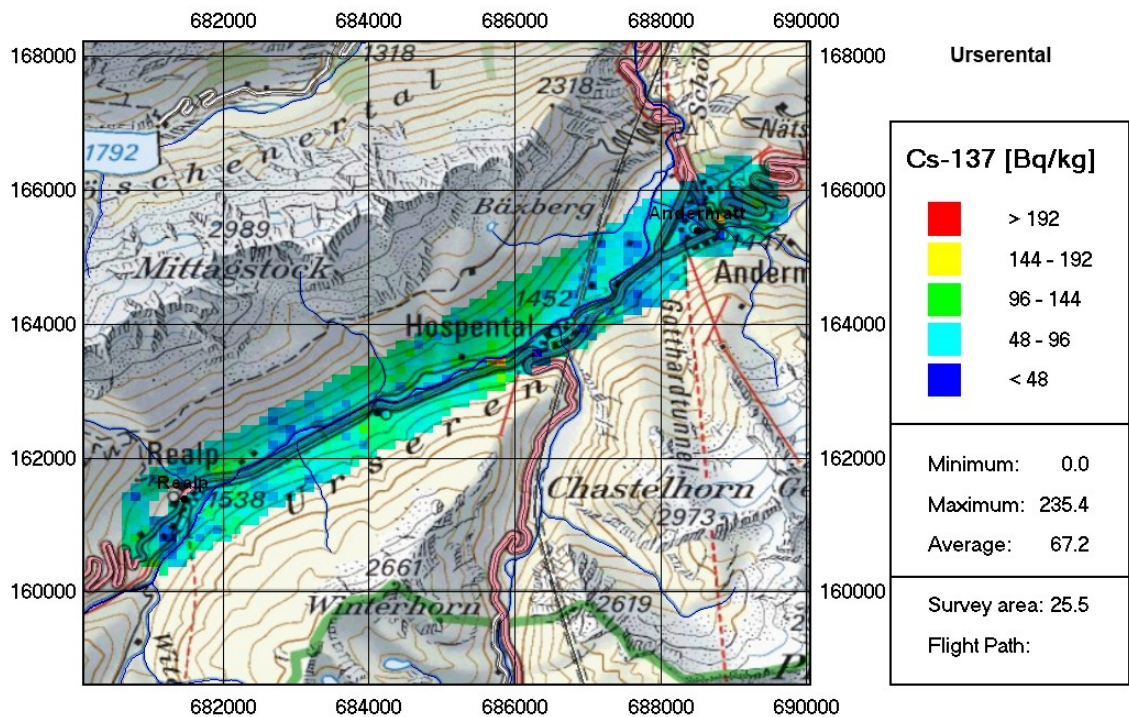


Abbildung 7: Cäsium-Karte im Urserental.



**Natürliche Radionuklide**

Die Variationen in den Dosisleistungskarten korrelieren sehr gut mit den Karten der natürlichen Radionukliden, insbesondere mit K-40.

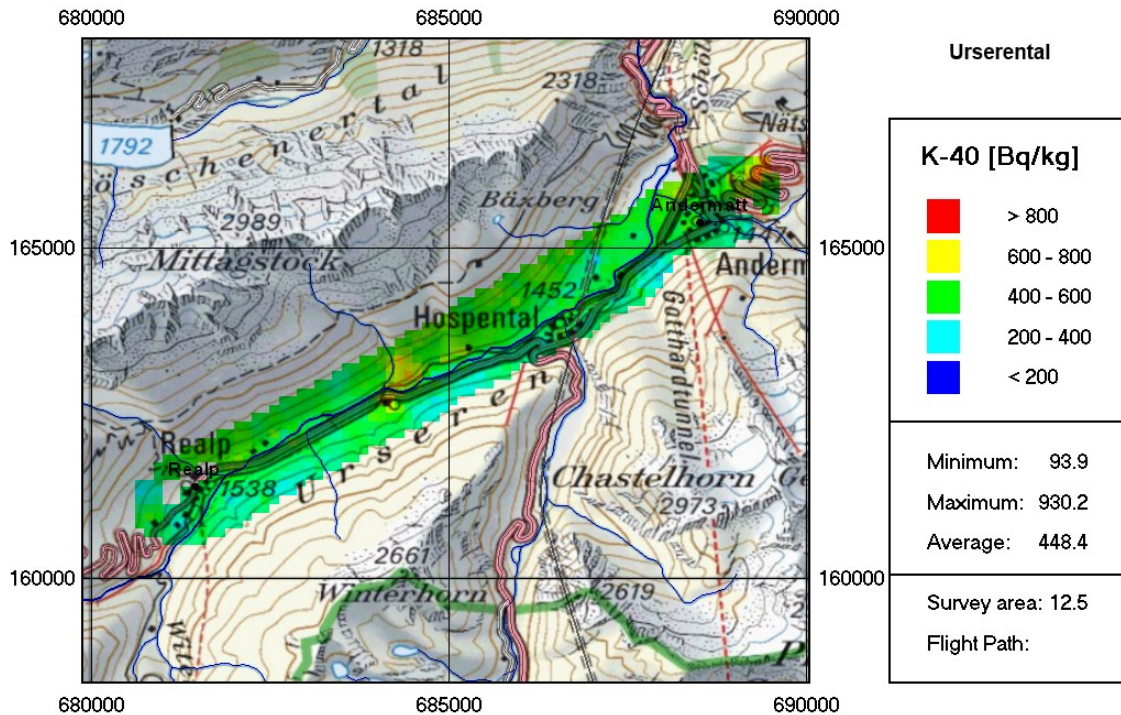
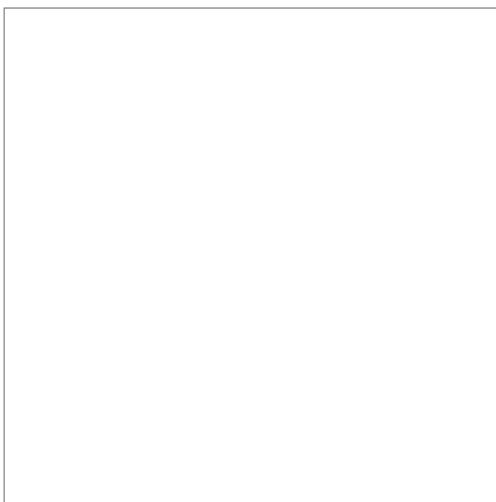


Abbildung 8: Kalium-Karte im Urserental.

**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.

Abbildung 9: Topographieeffekt

**Angaben zum Messflug um den Ritomsee und im Pioratal (TI)**

Datum: 11.06.2015  
 Fluglinien: Abstand 250 m, 11 Linien  
 Flugzeit: 1 h  
 Fluggebiet: Umgebung Ritomsee und Pioratal, 12.3 km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

**Karte der Ortsdosisleistung**

Die gemessene Ortsdosisleistung liegt in den erwarteten Bereich. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind vor allem auf Einflüsse der Geologie, der alpinen Topographie, Wasserläufe sowie der Vegetation zurückzuführen.

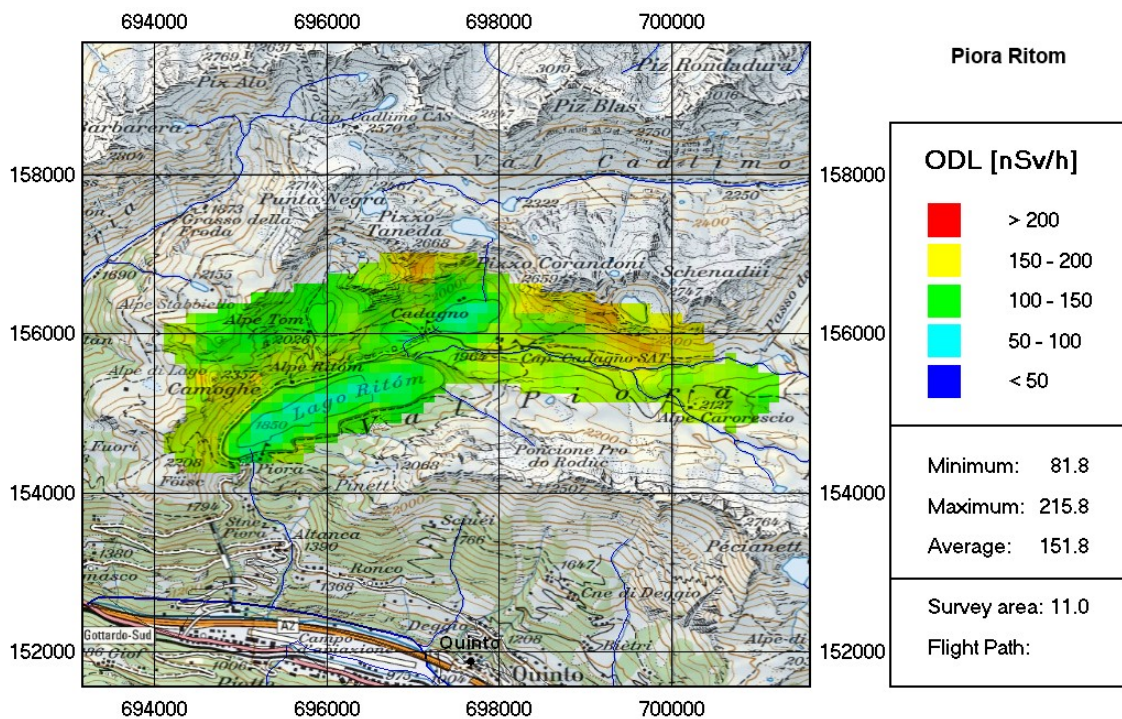


Abbildung 10: Karte der Ortsdosisleistung in der Umgebung des Ritomsees und Pioratal.

Durch die hohe Lage des Gebiets ist die Ortsdosisleistung aufgrund der kosmischen Strahlung leicht erhöht. Die terrestrische Komponente der Ortsdosisleistung zeigt ähnliche Werte wie im Flachland.



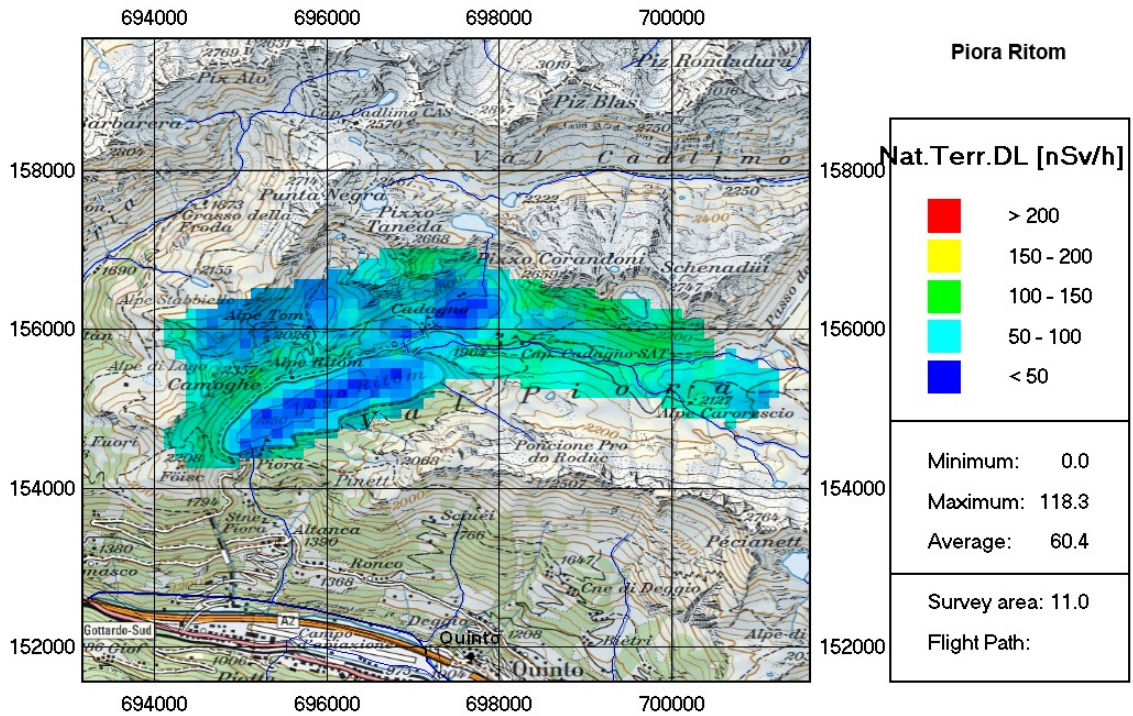


Abbildung 11: Karte der terrestrische Strahlung in der Umgebung des Ritomsees und Pioratal.

### Cäsium-Karte (Cs-137)

Die Karte der Cs-137-Aktivität zeigt keine Auffälligkeiten. Leichte Variationen der Cs-137-Aktivitätskonzentration sind auf Tschernobyl-Depositionen zurückzuführen. Die Messwerte liegen in dem für die Südalpen erwarteten Bereich.

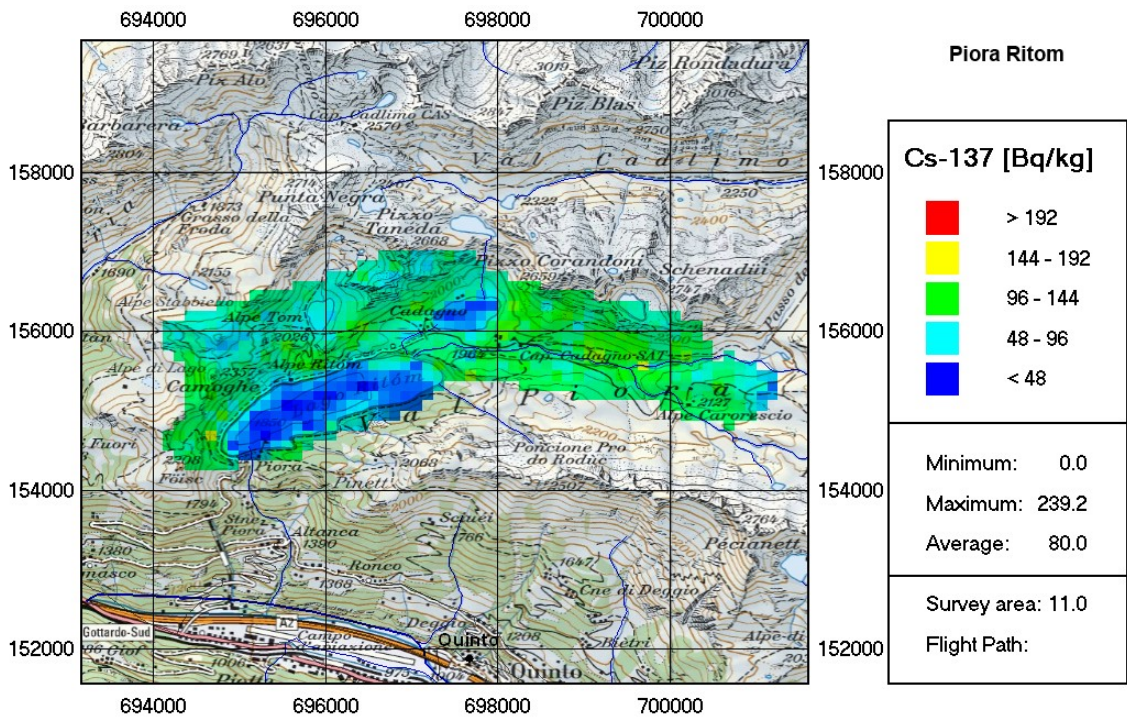


Abbildung 12: Cäsium-Karte in der Umgebung des Ritomsees und Pioratal.

**Natürliche Radionuklide**

Die Variationen in die Dosisleistungskarten korrelieren sehr gut mit den Karten der natürlichen Radionuklide, insbesondere mit K-40.

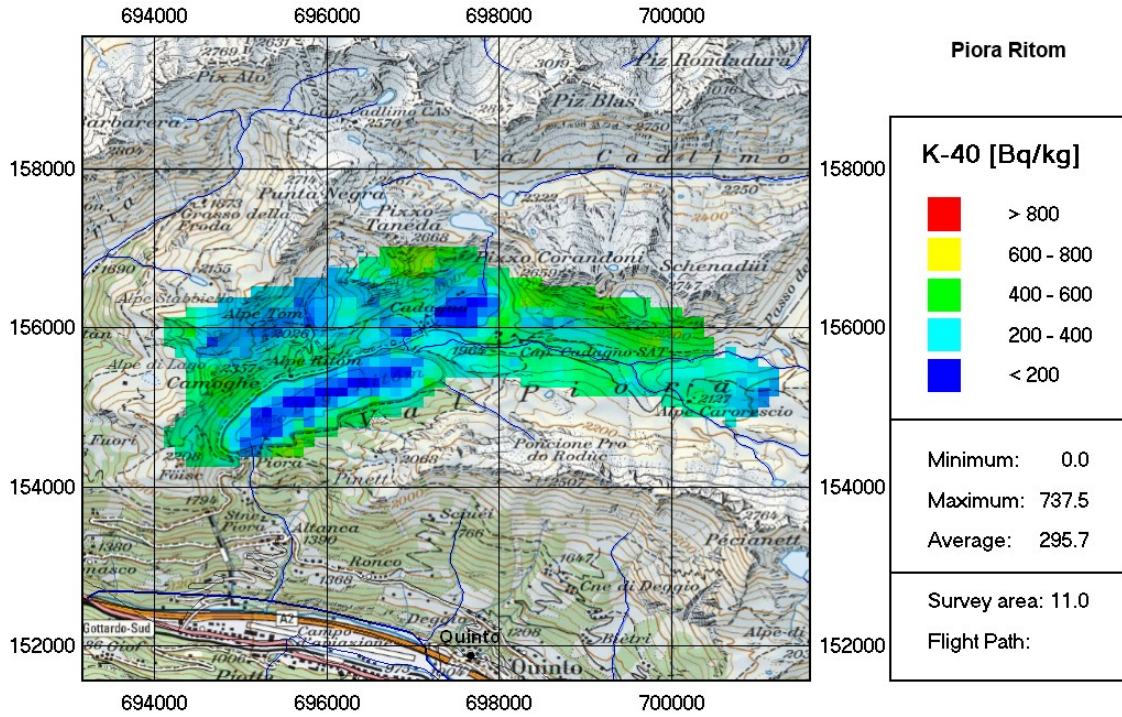


Abbildung 13: Kalium-Karte in der Umgebung des Ritomsees und Pioratal.

### 3.3. Messresultate der internationalen Übung in Deutschland

Im Zentrum der Übung stand die länderübergreifende Kooperation und Koordination. Damit sich Nachbarstaaten bei Unfällen gegenseitig unterstützen und besonders in Grenzgebieten effizient zusammenarbeiten können, tauschen sich die Teilnehmer während solcher Übungen über ihre nationalen Besonderheiten aus und trainieren an konkreten Aufgaben die Koordination und die Durchführung gemeinsamer Messungen. Fünf Messteams aus vier Nationen nahmen teil und folgende Messaufträge wurden erteilt:

- Auftrag 1: Vermessen von einem Gebiet und anschließender Vergleich der Daten
- Auftrag 2: Gemeinsame radiologische Kartierung von Gebieten (composite mapping) mit allen Teilnehmern
- Auftrag 3: Quellensuche
- Auftrag 4: Gemeinsame Messung eines Messgebietes mit dem französischen Team
- Auftrag 5: Gemeinsame Messung eines Messgebietes mit einem deutschen Team
- Auftrag 6: Gemeinsame Messung eines Messgebietes mit dem tschechischen Team

Viele Messgebiete waren für die Messteams besonders interessant, da sich darin Hinterlassenschaften und Altlasten der Urangewinnung befinden. In der ehemaligen DDR wurde in Sachsen und Thüringen uranhaltiges Gestein abgebaut. Über noch nicht sanierten Flächen (in erster Linie Halden und Absetzbecken) liess sich im Vergleich zur Umgebung eine erhöhte Gamma-Ortsdosisleistung (ODL) nachweisen.

Bemerkung: die Farbskala wurde für die Übung harmonisiert, so dass die Messwerte der verschiedenen Messequipen einfacher verglichen werden konnten. Diese entspricht den Vorgaben der Übungsleitung und unterscheidet sich von den oben benützten Farbskalen.

#### Angaben zum Messauftrag 1: Reference Area A - Seelingstädt

<b>Ziel:</b>	<b>Vergleichsmessungen über demselben Gebiet</b>
Datum:	15.06.2015
Fluglinien:	Abstand 300 m, 13 Linien
Flugzeit:	45 min
Fluggebiet:	Umgebung Seelingstädt, 38 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

Bemerkung: Das Gebiet wurde während DDR-Zeiten (Anfang 1960er Jahre) für den Uranabbau genutzt. Im Messgebiet sind abgedeckte eingetrocknete Seen zu sehen, die als Absetzbecken bei der Uranaufbereitung verwendet wurden.





Abbildung 14: Absetzanlagen bei Seelingstädt (Quelle: Univesität Weimar)



Abbildung 15: Wismut-Schlammteiche bei Seelingstädt (Quelle: GoogleMaps)

Die gemessenen Ortsdosisleistungen zeigen erwartungsgemäss aufgrund der Geschichte des Messgebietes erhöhte Werte. Diese Werte sind durch die Uran- und Kalium-Aktivitätskarten erklärbar.

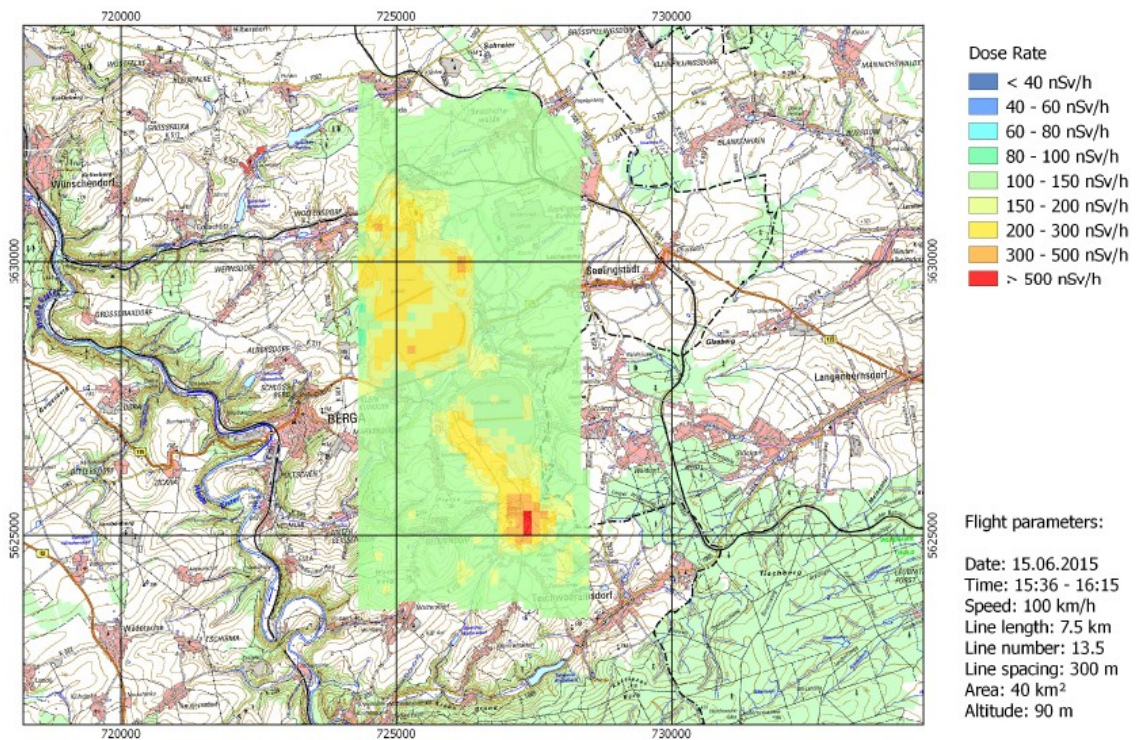


Abbildung 16: Karte der Ortsdosisleistung der Reference Area A, Umgebung Seelingstädt.



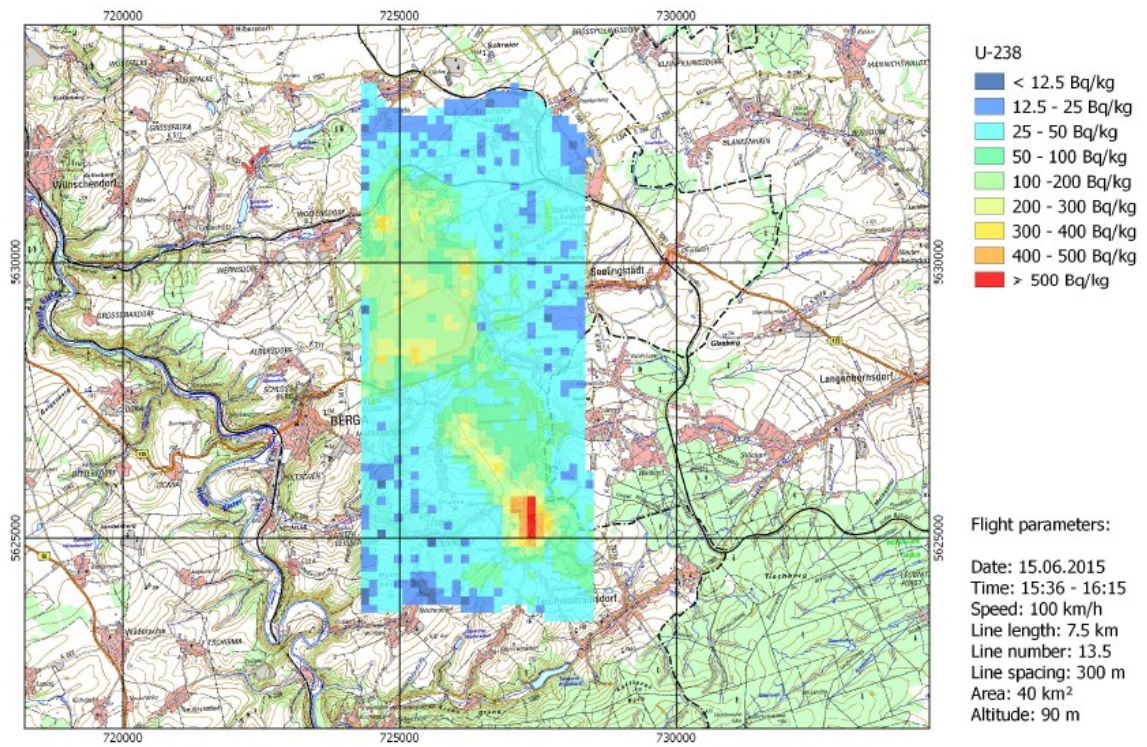


Abbildung 17: Uran-Karte der Reference Area A, Umgebung Seelingstädt.

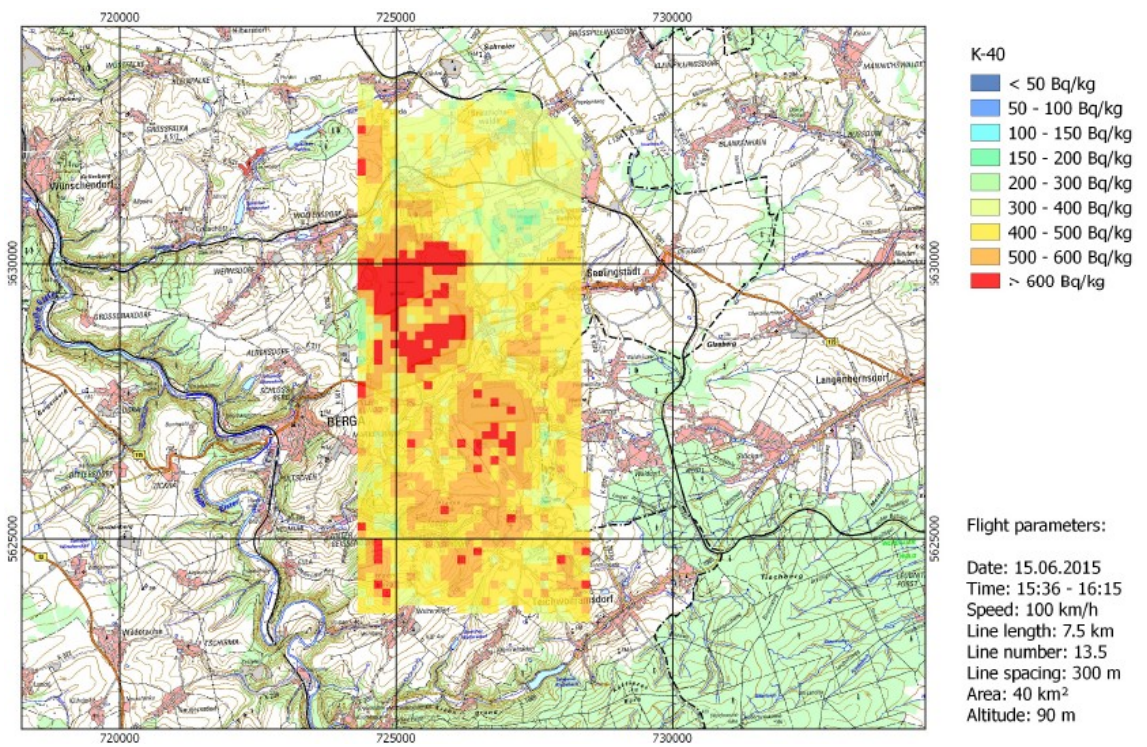


Abbildung 18: Kalium-Karte der Reference Area A, Umgebung Seelingstädt.



**Angaben zum Messauftrag 2: Composite Mapping Area B1 - Reichenbach**

**Ziel:** Gemeinsame radiologische Kartierung von Gebieten  
**Datum:** 16.06.2015  
**Fluglinien:** Abstand 1 km, 21 Linien  
**Flugzeit:** 2 h 30 min  
**Fluggebiet:** Area B1 Umgebung Reichenbach, 400 km<sup>2</sup>  
**Flughöhe über Grund:** ca. 90 m

Bemerkung: Composite Mapping bezeichnet das Zusammenführen der Messergebnisse von mehreren Aeroradiometrie-Equipen zu einer gemeinsamen Karte.

Die Schweizer Equipe hat beim Composite Mapping das Messgebiet B1 im Bereich Reichenbach ausgemessen. Der Super Puma Helikopter konnte die 21 Linien à 20 km Länge ohne Zwischenlandung zum Betanken abfliegen.

Die gemessenen Ortsdosisleistungen zeigen erhöhte Werte im östlichen und im äussersten südwestlichen Teil des zugewiesenen Messgebietes.

Die Werte der Ortsdosisleistung korrelieren mit den Aktivitätskarten der beiden natürlichen Radionuklide K-40 und U-238.

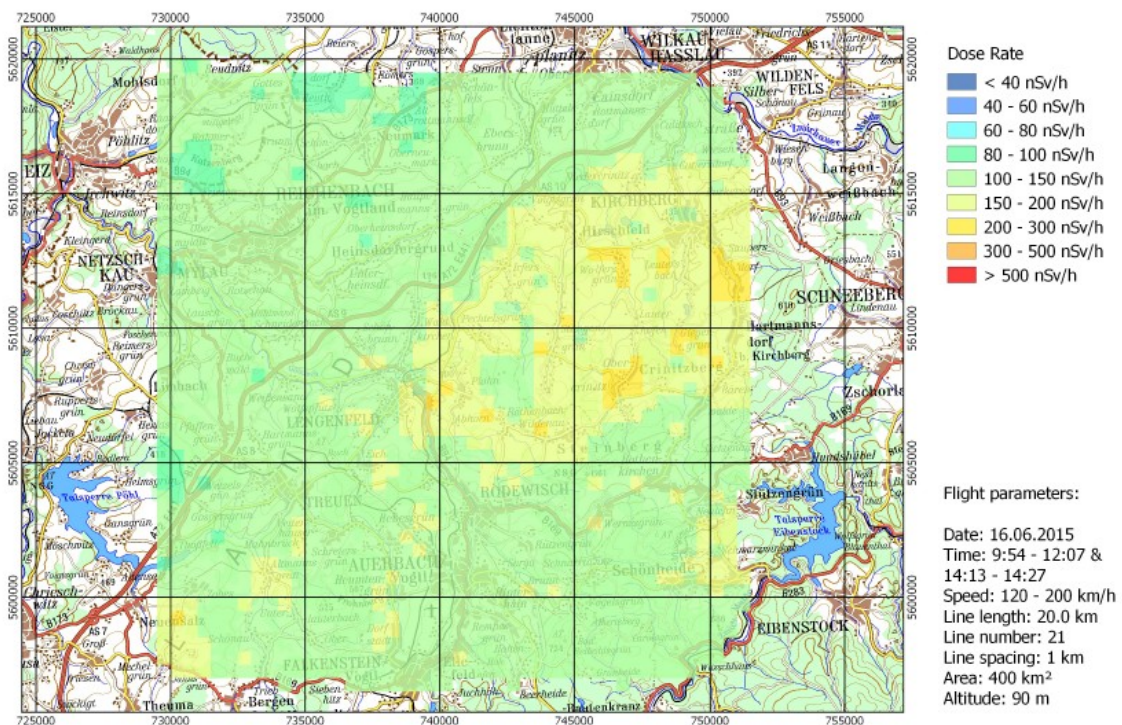


Abbildung 19: Karte der Ortsdosisleistung der Area B1, Umgebung Reichenbach.



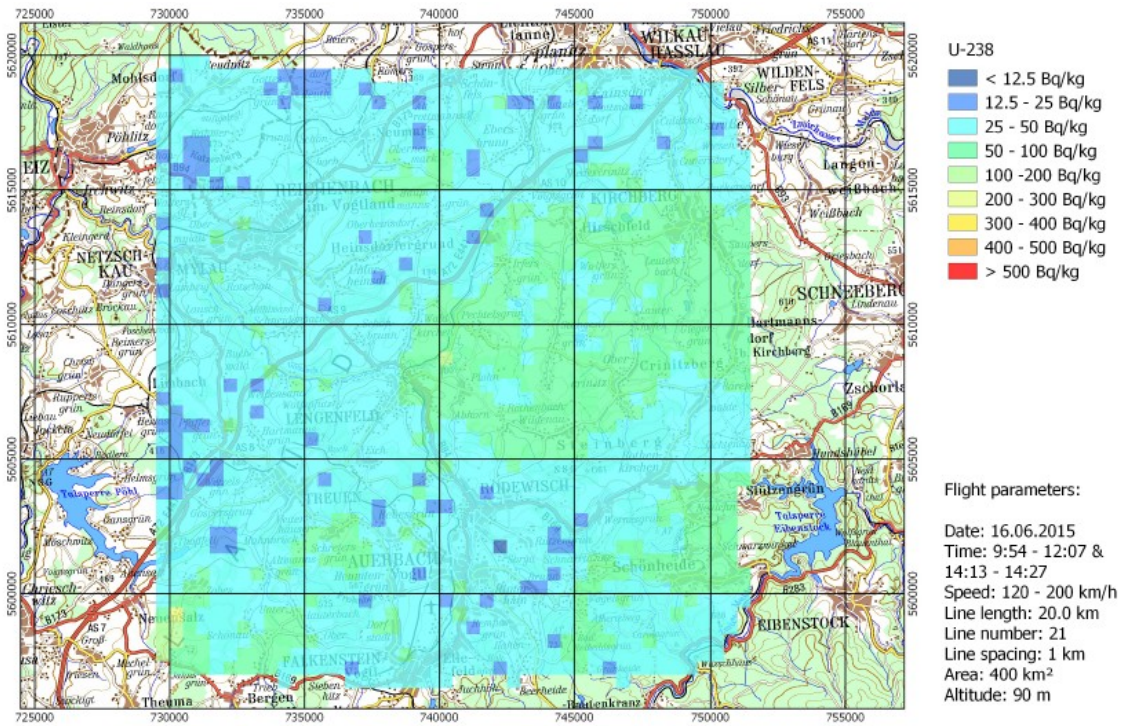


Abbildung 20: Uran-Karte der Area B1, Umgebung Reichenbach.

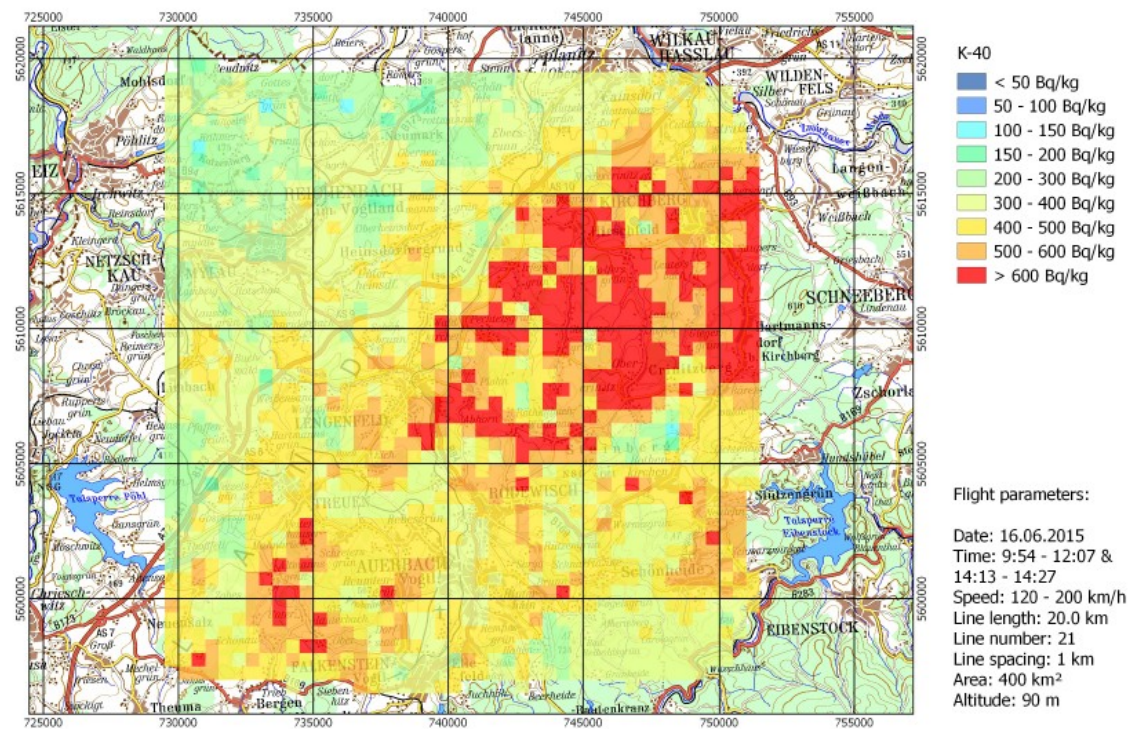


Abbildung 21: Kalium-Karte der Area B1, Umgebung Reichenbach.



Zusammengelegte Karten (Composite Mapping)

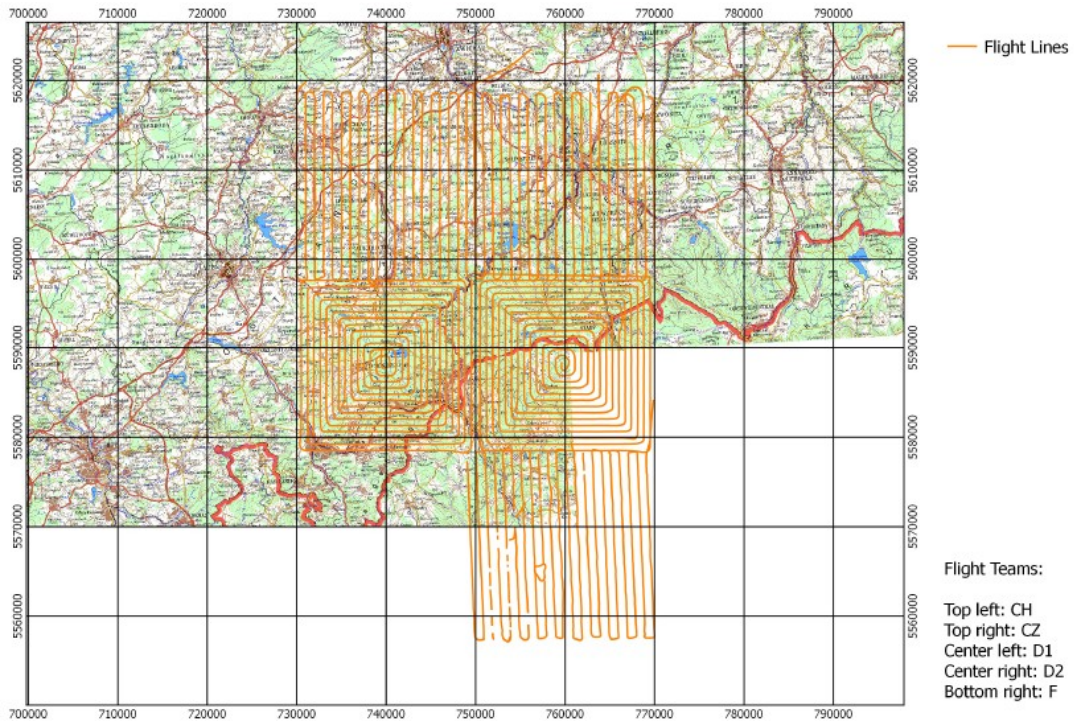


Abbildung 22: Fluglinien der fünf Messteams.

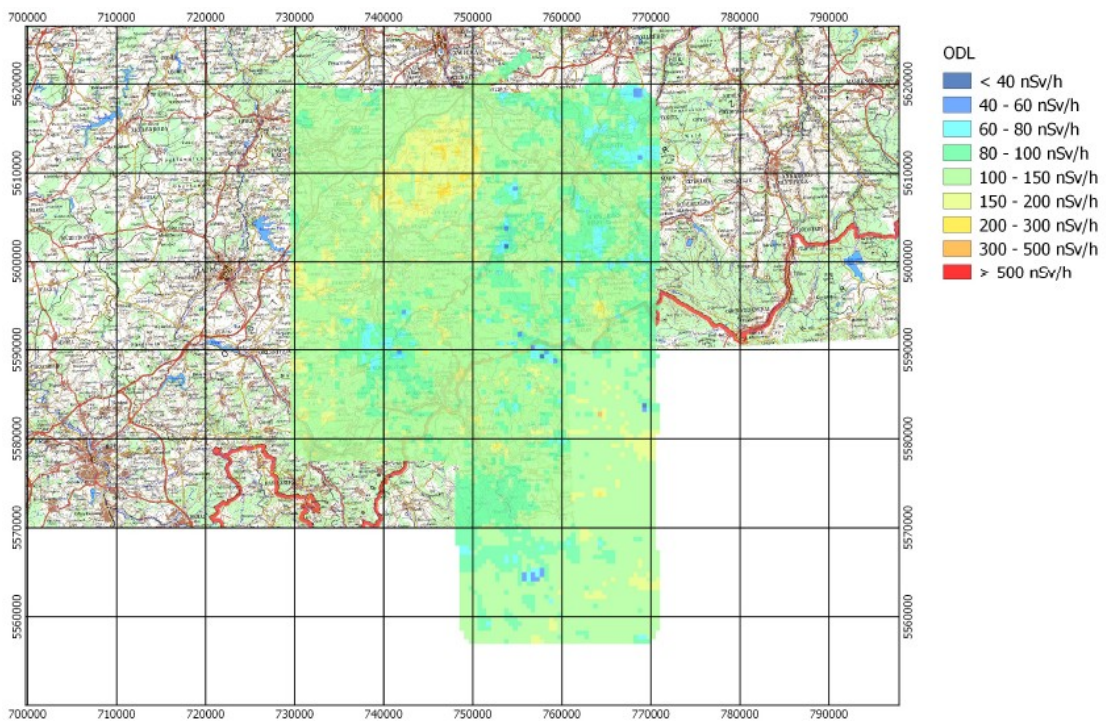


Abbildung 23: Zusammengesetzte Karte der Ortsdosisleistung der Area B.



### Angaben zum Messauftrag 3: Hidden Sources Area C - Rossendorf

<b>Ziel:</b>	<b>Quellensuche</b>
Datum:	17.06.2015
Fluglinien:	Abstand 50 m, 21 Linien
Flugzeit:	20 min
Fluggebiet:	Area C Umgebung Rossendorf, 1.3 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

**Bemerkung:** Für die Quellensuche wird ein möglichst dichtes Raster von Fluglinien geflogen. Es wird eine möglichst niedrige Flughöhe gewählt, welche noch sicher geflogen werden kann. Da für Quellensuchübungen meist ein limitiertes Zeitfenster gesetzt ist, darf die Fluggeschwindigkeit erhöht werden, wenn weiterhin ein sicherer Flug und eine gute Konstanz der Höhe über Grund gewährleistet ist. Steht nach Abschluss dieses Programms noch Zeit zur Verfügung, kann das Messteam versuchen, mögliche Quellenpositionen durch zusätzliche Fluglinien weiter einzugrenzen.

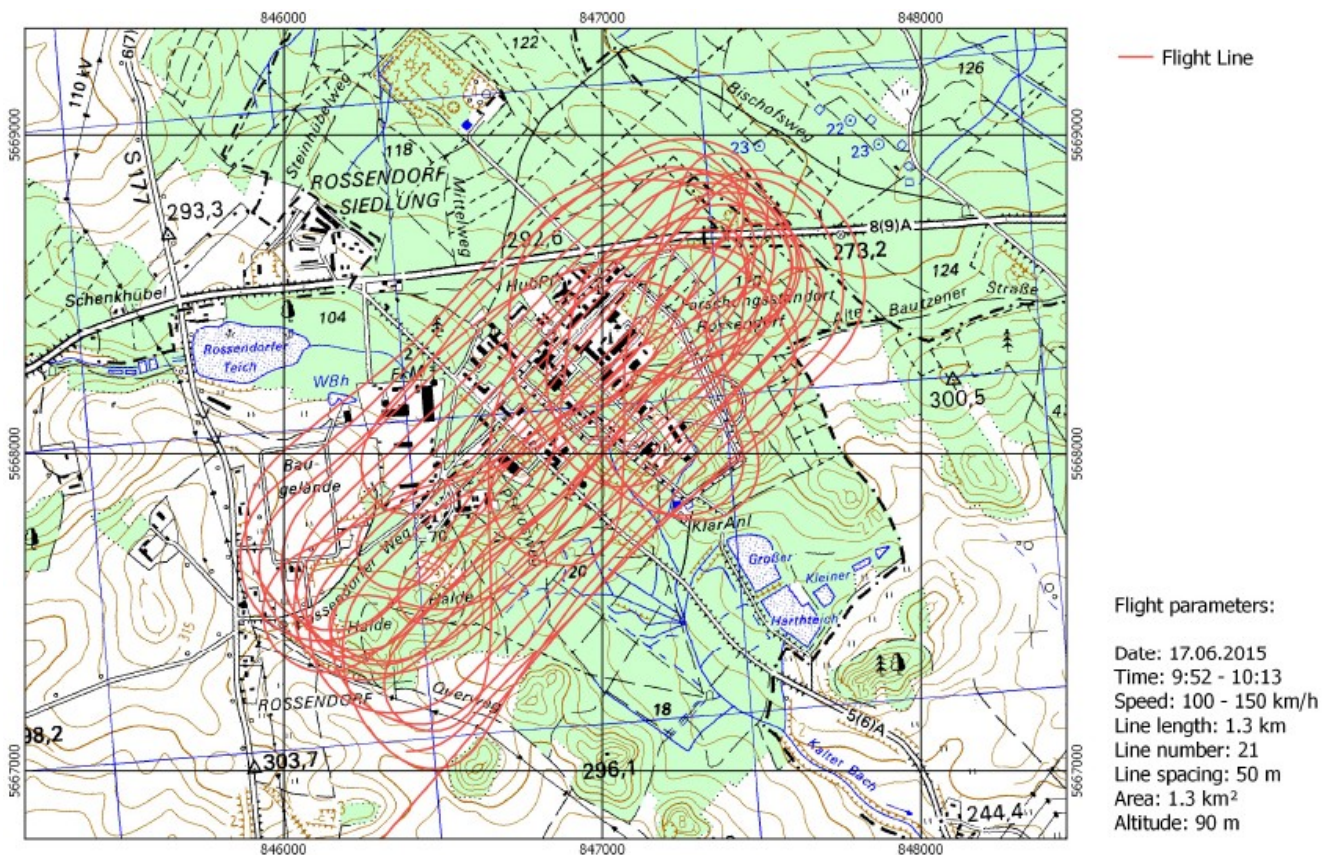


Abbildung 24: Fluglinien der Area C Quellensuche in Rossendorf.

Eine detaillierte Analyse der verschiedenen Karten (MMGC, Co-60, Cs-137, usw.) und der gemessenen Photonspektren deutet klar auf zwei Co-60-Quellen hin und lässt eine Cs-137-Quelle vermuten. Zusätzlich konnte in zwei Gebieten (Süd-West und nördlich der Mitte) leicht erhöhte natürliche Radioaktivität (Uran und Kalium) festgestellt werden.



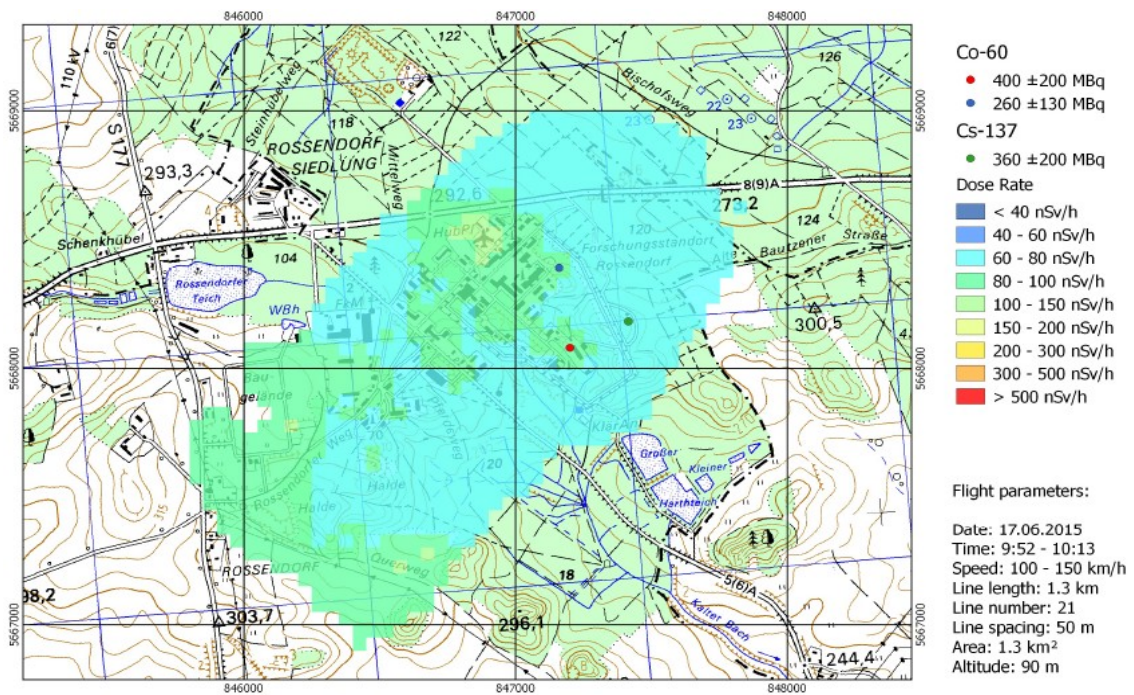


Abbildung 25: Karte der Ortsdosisleistung und vermutete Quellenstandorte in der Area C, Umgebung Rossendorf.

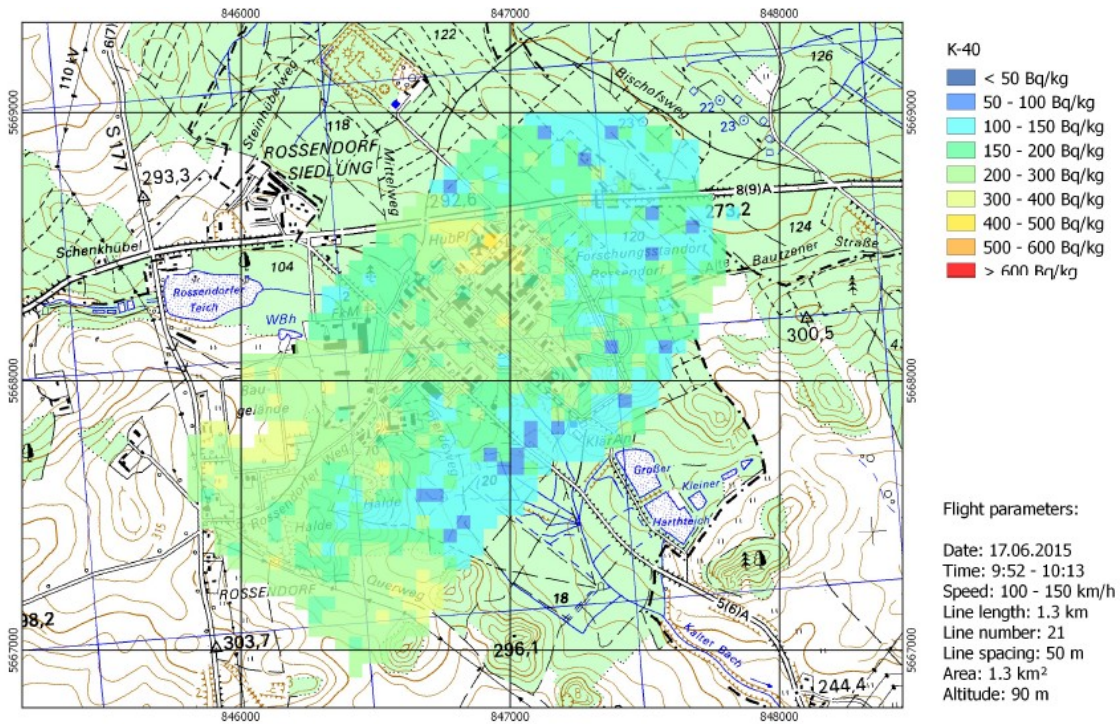


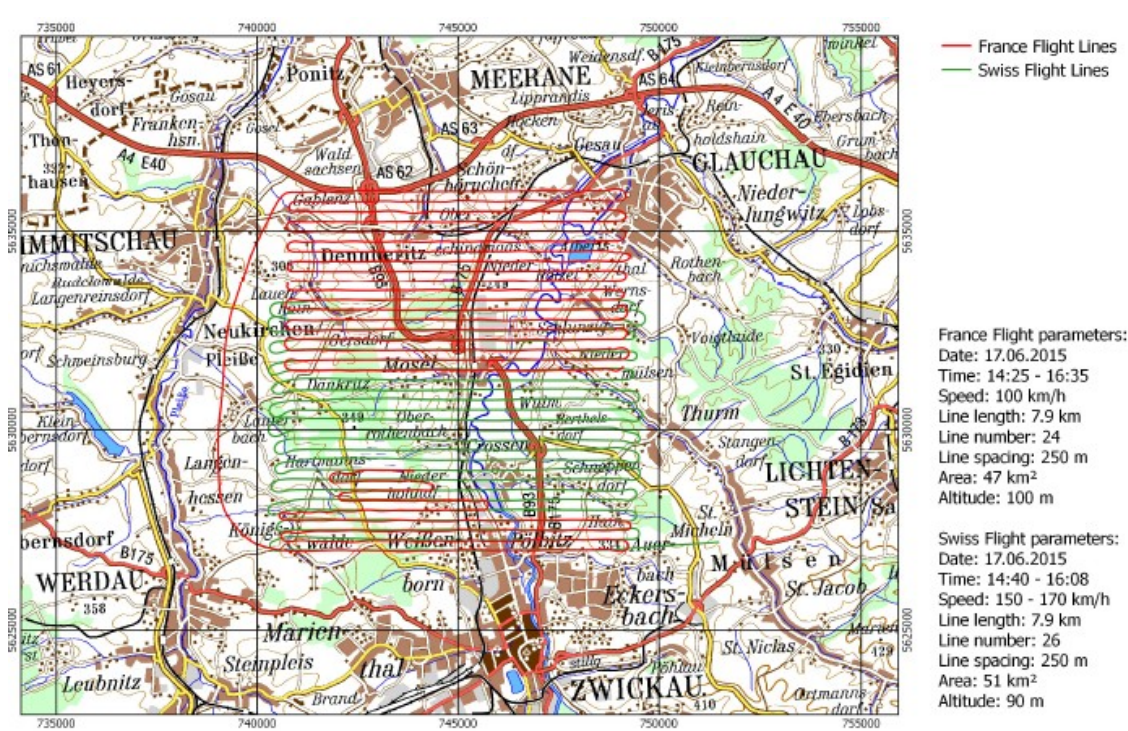
Abbildung 26: Kalium-Karte der Area C, Umgebung Rossendorf.



**Angaben zum Messauftrag 4: Joint Mapping Area E - Zwickau**

<b>Ziel:</b>	<b>Gemeinsame Messung eines Messgebietes mit dem französischen Team</b>
Datum:	17.06.2015
Fluglinien:	CH: Abstand 250 m, 26 Linien / F: Abstand 250 m, 24 Linien
Flugzeit:	CH: 1 h 30 min / F: 1 h 50 min
Fluggebiet:	Area E Umgebung Zwickau, CH: 51 km <sup>2</sup> / F: 47 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

Bemerkung: Ziel dieses Übungsteils war die selbstständige Planung und Durchführung von Messungen in einem Gebiet mit zwei Messteams. Für Areal E wurde zwischen dem schweizerischen und dem französischen Team vereinbart, teilweise überlappende Teilgebiete auszumessen. Die Reihenfolge der Fluglinien wurde so gewählt, dass beide Messteams gleichzeitig operieren konnten, ohne sich gegenseitig zu behindern.



*Abbildung 27: Fluglinien der Area E, gemeinsame Messung der Equipen CH und F, Umgebung Zwickau.*

Die Messwerte der schweizerischen und deutschen Messteams stimmen gut überein. Die einzige erkennbare Erhöhung der Ortsdosisleistung korreliert mit einer Erhöhung der Uran-Konzentration. Auf diesem Punkt lag die Industrieabsetzanlage Helmsdorf, wo Erzlaugungsrückstände gelagert wurden.



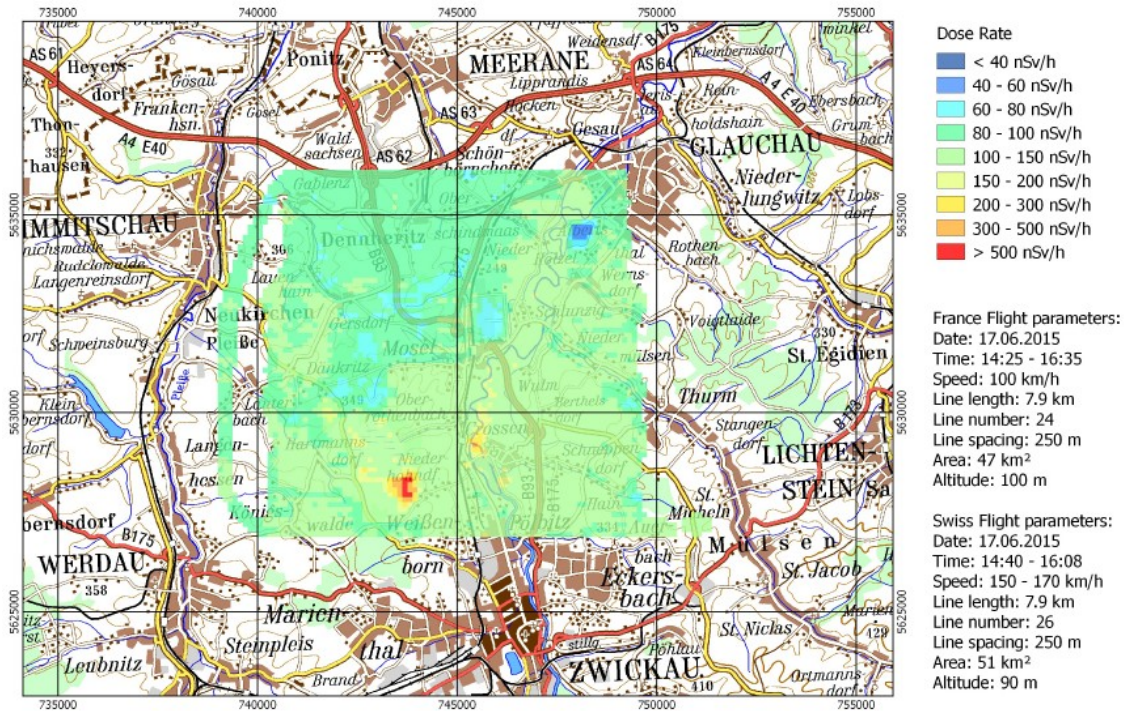


Abbildung 28: Karte der Ortsdosisleistung der Area E, Umgebung Zwickau.

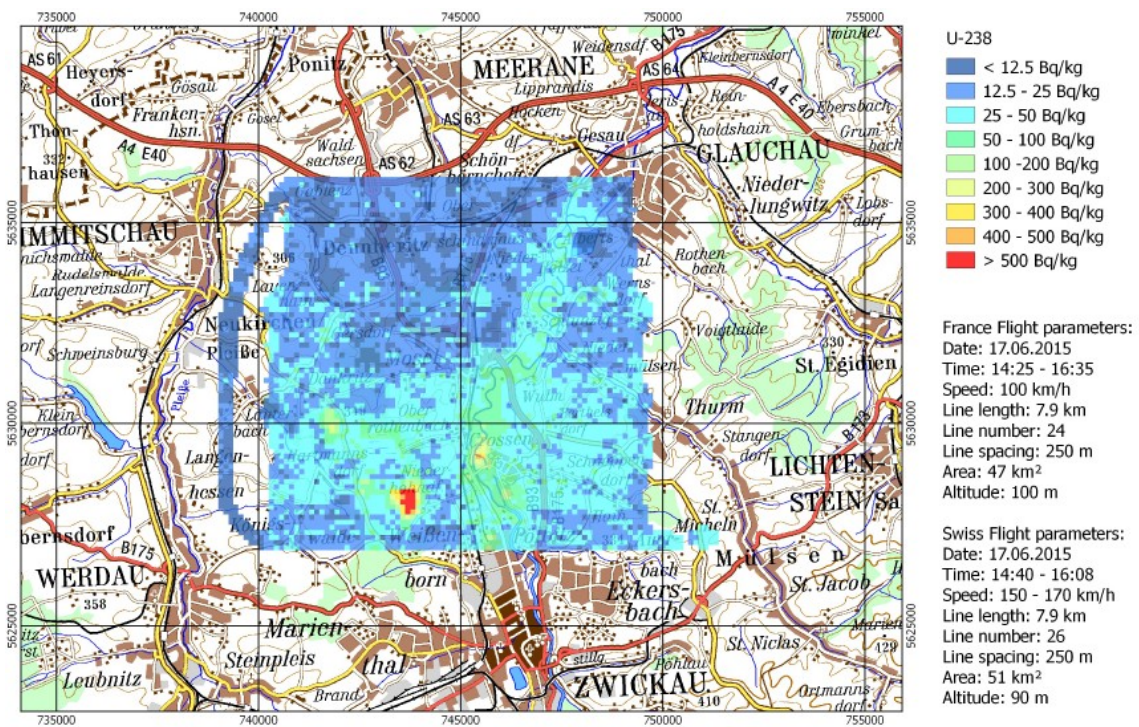


Abbildung 29: Uran-Karte der Area E, Umgebung Zwickau.



### Angaben zum Messauftrag 5: Joint Mapping Area F - Ronneburg

**Ziel:** Gemeinsame Messung eines Messgebietes mit dem deutschen Team

**Datum:** 18.06.2015

**Fluglinien:** CH: Abstand 250 m, 19 Linien / D: Abstand 300 m, 16 Linien

**Flugzeit:** CH: 1 h 20 min / D: 2 h

**Fluggebiet:** Area E Umgebung Zwickau, CH: 45 km<sup>2</sup> / D: 45 km<sup>2</sup>

**Flughöhe über Grund:** ca. 90 m

**Bemerkung:** Ziel dieses Übungsteils war die selbstständige Planung und Durchführung von Messungen in einem Gebiet mit zwei Messteams. Für Areal F wurde zwischen dem schweizerischen und einem deutschen Team vereinbart, teilweise überlappende Teilgebiete auszumessen. Die Reihenfolge der Fluglinien wurde so gewählt, dass beide Messteams gleichzeitig operieren konnten, ohne sich gegenseitig zu behindern.

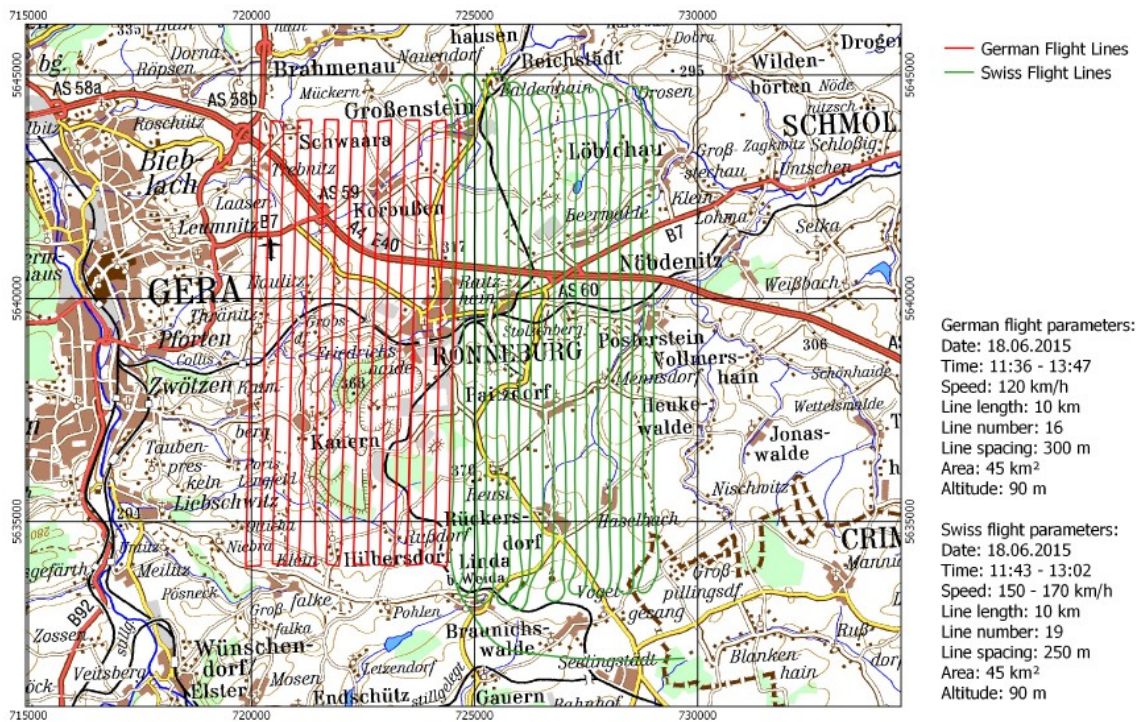


Abbildung 30: Fluglinien der Area F, gemeinsame Messung der Equipen CH und D, Umgebung Ronneburg.

Die Messwerte der schweizerischen und deutschen Messteams stimmen gut überein. Auf den K-40- und U-238-Aktivitätskarten sind leichte Unterschiede zwischen den Resultaten der beiden Teams zu erkennen. Diese Abweichungen werden im Nachgang der Übung noch im Detail analysiert.



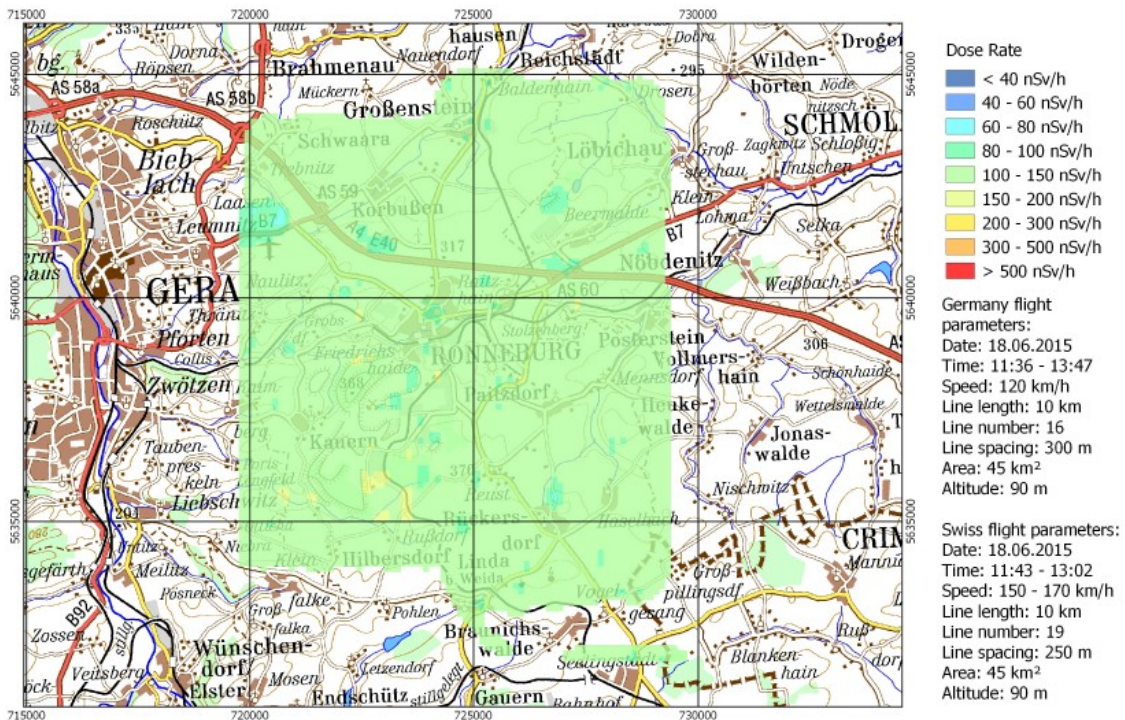


Abbildung 31: Karte der Ortsdosisleistung der Area F, Umgebung Ronneburg.

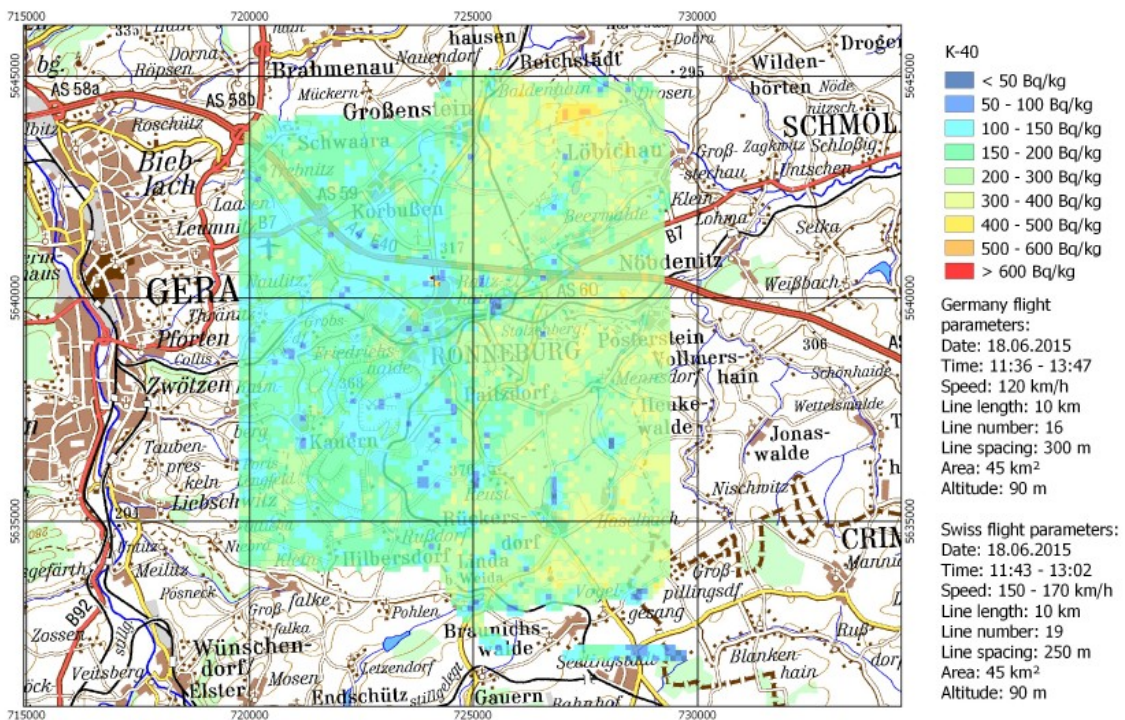


Abbildung 32: Kalium-Karte der Area F, Umgebung Ronneburg.



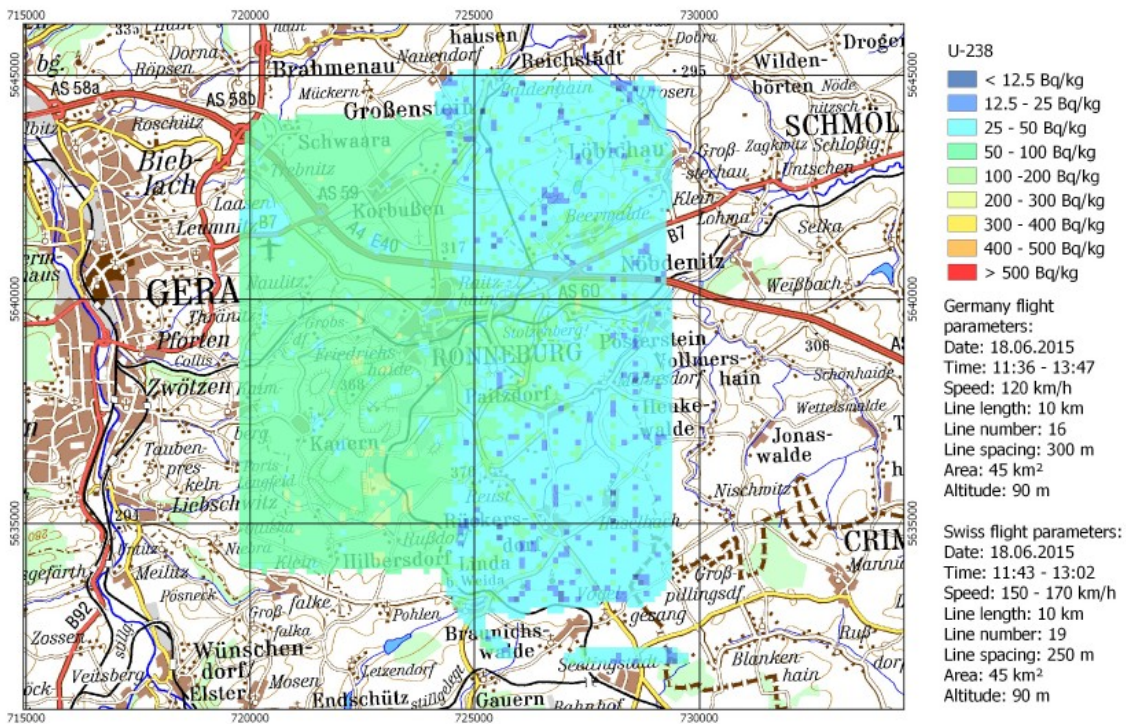


Abbildung 33: Uranium-Karte der Area F, Umgebung Ronneburg.

**Angaben zum Messauftrag 6: Joint Mapping Area D - Freital**

Datum: 18.06.2015  
 Fluglinien: Abstand 250 m, 20 Linien  
 Flugzeit: 1 h 20 min  
 Fluggebiet: Area D Umgebung Freital, 45 km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

Bemerkung: Es war vorgesehen, die Area D mit dem tschechischen Messteam zusammen zu messen, aufgrund der ungünstigen Wetterlage hat dieses jedoch darauf verzichtet.



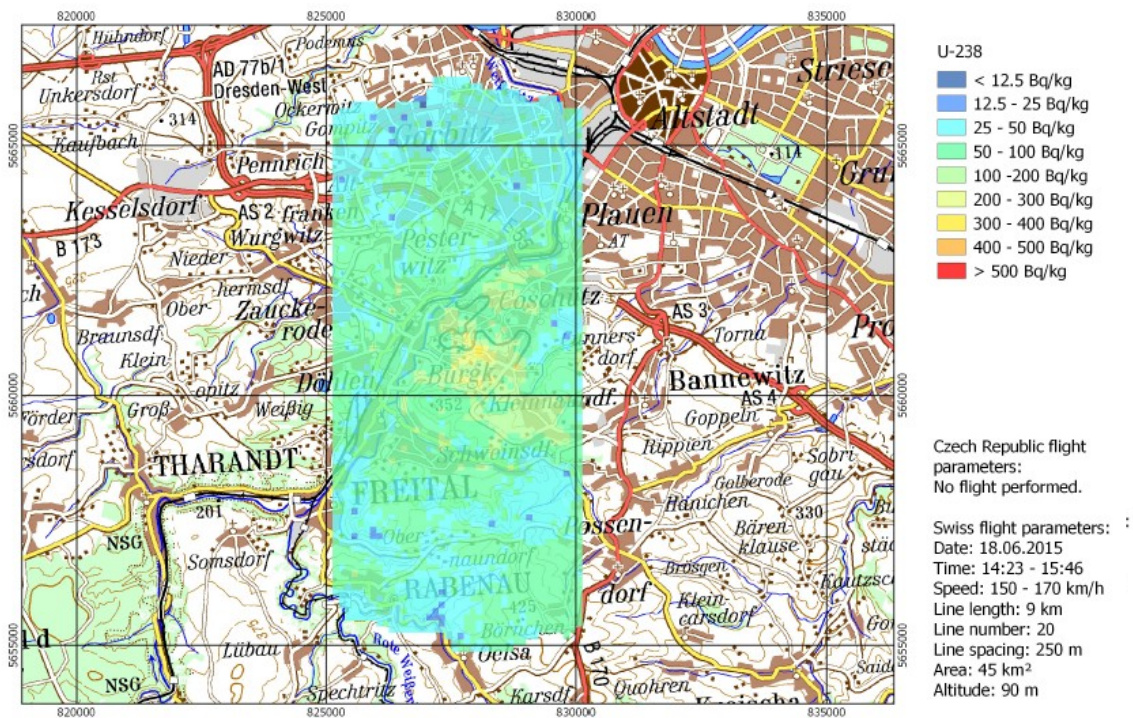


Abbildung 35: Uranium-Karte der Area D, Umgebung Freital.

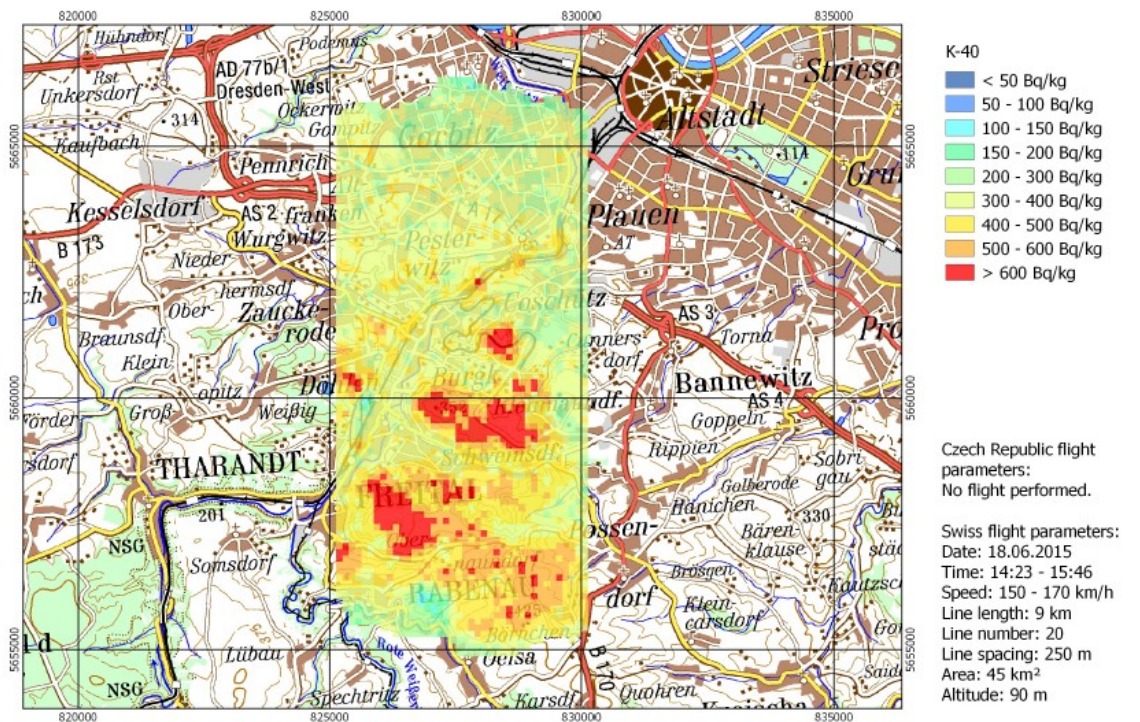


Abbildung 36: Kalium-Karte der Area D, Umgebung Freital.

### 3.5. Erkenntnisse Messübung Aeroradiometrie 15

Die Ziele der Aeroradiometrie-Messwoche 2015 wurden vollumfänglich erreicht. Aus meteorologischen Gründen musste das Flugprogramm umgestellt werden. Trotzdem konnten alle vorgesehenen Messungen durchgeführt werden.

Das Messprogramm in der Schweiz setzte sich aus Routineflügen über den Kernkraftwerken Gösgen und Mühleberg sowie Messungen im Urseren- und Pioratal auf Wunsch der Universität Basel zusammen.

Bei den Routineflügen wurden die Standardmessgebiete aufgrund der Topographie und der Lage von Stromleitungen leicht angepasst. Die Messflüge im anspruchsvollen Gelände der Alpen konnten das fliegerische Können der Piloten erneut belegen.

Die internationale Vergleichsübung bei Chemnitz in Deutschland bot die Gelegenheit, die Zusammenarbeit mit ausländischen Messteams zu üben und Erfahrungen mit den Kollegen und Kolleginnen aus Deutschland, Frankreich und der tschechischen Republik auszutauschen.

Die Ergebnisse der verschiedenen Messaufgaben zeigten eine gut funktionierende Zusammenarbeit der fünf Messteams. Die Messwerte stimmen in der Regel gut überein. Kleinere Abweichungen unter den Teams werden im Nachgang noch im Detail analysiert.

Die grenzübergreifende Zusammenarbeit ist von grosser Bedeutung für einen Ereignisfall. Durch die Messaufgabe Composite Mapping konnte gezeigt werden, dass innerhalb kurzer Zeit aus den Messdaten von Messteams aus vier Nationen schnell kohärente Karten der radiologischen Lage erstellt werden können.

Die Wahl des Übungsgebiets in einer Region mit natürlich vorkommenden Uran und einer damit verbundenen erhöhten Radonkonzentration stellte die verschiedenen Auswertemethoden vor eine interessante Herausforderung.

Die in früheren Jahren gewonnenen Erkenntnisse bezüglich Quellensuche wurden erfolgreich umgesetzt und haben sich bewährt.

Durch eine Untergrundsüberprüfung vor Beginn der Übung mit Hilfe eines Steigflugs über einem nahegelegenen See wurde eine Erhöhung des intrinsischen Untergrunds des Messsystems rechtzeitig bemerkt. Ursache war eine speziell für den Auslandseinsatz mitgeführte Ni-Cd-Ersatzbatterie, deren Elektrolyt eine deutlich messbare Menge an natürlichen Radionukliden K-40 sowie Kalium enthält und unmittelbar über dem Detektor positioniert wurde.

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

## 4. Aeroradiometrie allgemein

### 4.1. Wie funktioniert die Aeroradiometrie?

Eine ausführliche Beschreibung des Messverfahrens 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 tieferenergetischen zum hochenergetischen Anteil des Spektrums gebildet. Weil die künstlich erzeugten Radioisotope meist nur  $\gamma$ -Strahlung niedriger Energie aussenden, entspricht dieses Verhältnis ungefähr dem Verhältnis von künstlicher zu natürlicher Strahlung.
- 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 m<sup>2</sup>) darstellen. Zum Vergleich: Bodenmessungen decken nur eine Fläche von rund 80 m<sup>2</sup> ab.

### 4.3. Messergebnisse in der Umgebung der Kernanlagen

Mit Ausnahme der KKW Beznau und Gösgen (Druckwasserreaktoren) können sämtliche schweizerischen Kernanlagen mit aeroradiometrischen Messungen anhand ihrer Direktstrahlung ausgemessen 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 über die letzten 15 Jahre konstant geblieben.