



06.06.2014

## Übung Aeroradiometrie 2014 vom 02. - 06.06.2014

### 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 2014</b> .....	<b>4</b>
2.1. Städtemessungen Winterthur, Schaffhausen, Baden und Brugg.....	4
2.2. Messflüge im Auftrag des ENSI.....	4
2.3. Spezielle Messverfahren: Messflug St. Gallen – Herisau – Rapperswil – Glarus – Chur – Vicosoprano, Vicosoprano.....	4
2.4. Einsatzübung RadEx14 mit Schutz und Rettung Zürich und Kanton Thurgau.....	5
2.5. Vergleichsflüge in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee.....	5
2.6. Weitere Ziele des Aeroradiometrie-Teams.....	5
2.7. Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden.....	6
2.8. Beteiligte Partnerorganisationen.....	6
<b>3. Resultate der Übung ARM 14</b> .....	<b>7</b>
3.1. Messresultate Region Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI.....	7
3.2. Messresultate der Städtemessungen.....	12
3.3. Messresultate der Transversale St. Gallen – Herisau – Rapperswil – Glarus – Chur – Vicosoprano .....	18
3.4. Messresultate der Einsatzübung RadEx14 mit Schutz und Rettung Zürich und Kanton Thurgau .	25
3.5. Erkenntnisse Übung Aeroradiometrie 14.....	33
<b>4. Aeroradiometrie allgemein</b> .....	<b>34</b>
4.1. Wie funktioniert die Aeroradiometrie?.....	34
4.2. Auswertung aeroradiometrischer Daten.....	34
4.3. Messergebnisse in der Umgebung der Kernanlagen.....	34

## 1. Zusammenfassung

2014 fand zum 20. Mal eine Übung Aeroradiometrie der NAZ statt. Im Jubiläumsjahr wurde eine Übung mit Einsatzkräften der Kantone Zürich und Thurgau in Frauenfeld durchgeführt. Im Rahmen des Messprogramms Städte und wichtige Infrastrukturen wurden Baden, Brugg, Winterthur und Schaffhausen ausgemessen. Weiter wurde turnusgemäss die Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt, des Paul Scherrer Institutes PSI und des Zwischenlagers ZWILAG in Würenlingen überflogen. Beim PSI fand zudem ein Vergleichsflug mit einer neuen Generation von Messsystemen statt. Zusätzlich wurde ein Transversalflug vom Kanton St. Gallen in den Kanton Graubünden geflogen und dort Messungen im geologisch interessanten Bergell unternommen.

Während der diesjährigen Übung kam ein neues, verbessertes Spektrometer mit zugehörigem Detektor zum Einsatz.

Die abschliessende Kalibrierung dieses Systems konnte vor der Übung nicht mehr durchgeführt werden. Daher müssen die in diesem Bericht angegebenen Werte nach Abschluss der Kalibrierung noch überprüft und eventuell korrigiert werden. Relative Erhöhungen der radiologischen Messwerte können dagegen bereits mit einer vorläufigen Kalibrierung detektiert werden.

### Die wichtigsten Ergebnisse der Übung Aeroradiometrie 2014

1. Für das Gebiet der Städte Baden (und Umgebung), Brugg (und Umgebung), Winterthur und Schaffhausen konnten Messkarten erstellt werden, welche die normale Radioaktivität abbilden. Es wurden keine ungewöhnlichen Werte festgestellt.
2. In der Umgebung der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt inklusive einen Sektor der Notfallschutzzonen, des Paul Scherrer Instituts und des Zwischenlagers ZWILAG konnte ausserhalb der Betriebsareale keine Ablagerung von künstlicher Radioaktivität festgestellt werden.
3. Der Messflug (Transversale) von St.-Gallen bis zu Malojapass wurde entlang von Hauptverkehrsachsen durchgeführt. Dieses neue Verfahren hat sich sowohl aus messtechnischen wie auch aus flugtechnischen Aspekten bewährt.
4. Die Zusammenarbeit mit Einsatzkräften von Schutz und Rettung Zürich und dem Kanton Thurgau anlässlich der Übung "RadEx14" funktionierte sehr gut. Die für Quellensuch-Einsätze neu vorgesehene Einsatzdoktrin der ARM-Equipe, die zuerst eine Landung beim Schadensplatz und ein Briefing mit dem Einsatzleiter vor Ort vorsieht, bevor der Messflug durchgeführt wird, hat sich bewährt.
5. Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch.

Aufgrund der meteorologischen Lage musste ein geplanter Messflug im Vicosoprano abgesagt werden. Zusätzlich wurde der Transversalflug nur bis zum Malojapass durchgeführt.

## 2. Übung Aeroradiometrie 2014

Die diesjährige Messflüge fanden vom 02. bis 06. Juni 2014 vor allem in den Kantonen Aargau, Zürich, Schaffhausen und Thurgau statt. Start- und Landebasis für die Flüge waren der Flugplatz Dübendorf und die Kaserne Auenfeld in Frauenfeld.

### 2.1. Städtmessungen Winterthur, Schaffhausen, Baden und Brugg

Seit mehreren Jahren verfolgt die NAZ ein Städtmessprogramm mit dem Ziel, Nullmessungen von 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 Winterthur, Schaffhausen, Baden und Brugg vermessen. Die NAZ verfügt inzwischen über Messkarten zahlreicher Schweizer Städte und Verkehrsinfrastrukturen (Bellinzona, Chiasso, Neuchâtel, La Chaux-de-fonds, Davos, SBB Gotthard, SBB Bern-Zürich, Rangierbahnhof Basel Muttentz, u.a.). Unter den 20 grössten Schweizer Städten fehlen im Messprogramm noch Luzern, St. Gallen, Lugano, Freiburg, Chur, Uster und Sitten.

### 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 (KKB) und Leibstadt (KKL) sowie das Paul Scherrer Institut (PSI) und das Zwischenlager Würenlingen (ZWILAG) aeroradiometrisch vermessen. Im Absprache mit der Deutsch-Schweizerischen Kommission (DSK) wurde dieses Jahr das Standardmessprogramm rund um das KKL um einige Fluglinien auf deutscher Seite erweitert. Dieses zusätzliche Gebiet wurde letztes Mal 2010 kartiert und soll nach Möglichkeit in regelmässigem Rhythmus gemessen werden.

Das Messgebiet rund um die Kernkraftwerke wird jeweils um einen Sektor der Notfallschutzzone 2 erweitert. Dafür wurde in diesem Jahr der Sektor 2 der Notfallschutzzone KKB/KKL ausgewählt. Mit diesen Messungen sollte primär eine Messstrategie beübt werden, mit der in einem Ereignisfall rasch die betroffenen Gebiete grob bestimmt werden könnten. Zudem wurden Referenzwerte der überflogenen Gebiete gewonnen. Als Distanz zwischen den Fluglinien wurde 1km gewählt.

### 2.3. Spezielle Messverfahren: Messflug St. Gallen – Herisau – Rapperswil – Glarus – Chur – Vicosoprano, Vicosoprano

Die Aeroradiometrie-Equipe erhielt den Auftrag, auf zwei Flügen spezielle Messverfahren anzuwenden. Bei diesen Verfahren wird auf die Festlegung von vordefinierten Fluglinien verzichtet. Stattdessen überprüft der Operator laufend die Messrouten und gibt dem Piloten die allenfalls nötigen Korrekturen durch, wo noch Messwerte gewonnen werden müssen, um das vordefinierte Gebiet auszumessen.

Der Messflug St. Gallen – Herisau – Rapperswil – Glarus – Chur – Vicosoprano wurde entlang der Hauptstrassen und Autobahnen durch die Piloten selbständig durchgeführt. Aus Sicherheitsgründen wurde leicht versetzt zu den Strassen geflogen, um Automobilisten nicht zu irritieren. Aufgrund der anspruchsvollen Topographie bot der Transversalflug optimale Verhältnisse für die

Ausbildung und das Training der Messequipe und der Piloten. Allerdings musste er aufgrund der meteorologischen Lage beim Malojapass gekürzt werden. Ein weiterer geplanter Messflug in Vicosoprano musste abgesagt werden.

## **2.4. Einsatzübung RadEx 14 mit Schutz und Rettung Zürich und Kanton Thurgau**

Für die NAZ ist die Zusammenarbeit mit den Kantonen und kantonalen Einsatzorganisationen zentral. Aus diesem Grund werden regelmässig Übungen mit kantonalen Einsatzkräften organisiert. Dabei sollen die verschiedenen Partner einander kennenlernen, die Kenntnisse und die Vorbereitungen der verschiedenen Organisationen bei einem Ereignis mit radioaktiven Substanzen überprüft und die gemeinsame Ereignisbewältigung trainiert werden.

In der Übung RadEx 14 wurde die Zusammenarbeit zwischen Einsatzkräften am Boden und der Aeroradiometrie-Equipe geübt. Die beteiligten Einsatzkräfte stammten aus dem Kanton Thurgau (Feuerwehr Frauenfeld, Rettungsdienst Frauenfeld), von Schutz und Rettung Zürich und vom Paul Scherrer Institut (Strahlenschutzpikett des Bundes). Aufgabe war das Orten und Bergen von radioaktiven Quellen nach einem fingierten Flugzeugabsturz.

In der Aeroradiometriemesswoche 2011 waren bei einer Einsatzübung im Kanton Tessin drei wichtige Erkenntnisse gewonnen worden:

1. Ideale Messstrategie: engerer Fluglinienabstand, so schnell wie möglich und so tief wie möglich (unter Berücksichtigung der Sicherheit, Topographie, Ortseigenschaften)
2. Vorbereitung: Ideal ist ein Briefing mit der Einsatzleitung vor Ort, um die Situation zu beurteilen und die Messresultate zu bewerten. Vor und nach dem Flug ist also eine Landung in der Umgebung des Einsatzgebiets vorzusehen.
3. Auswertung: eine online-Auswertung der Daten während des Fluges ist anspruchsvoll (hohe Belastung des Messteams wegen der hohen Geschwindigkeit und der kurzen Messlinien). Die Auswertung sollte am Boden stattfinden, idealerweise in der Nähe des Einsatzgebietes.

Diese drei Erkenntnisse wurden in der Übung RadEx 14 umgesetzt und haben sich bewährt.

## **2.5. Vergleichsflüge in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee**

Am letzten Übungstag wurden in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee und dem Paul Scherrer Institut Vergleichsflüge mit drei verschiedenen Messsystemen in der Umgebung des PSI unternommen. Dabei wurden identische Gebiete mit allen Messsystemen nacheinander ausgemessen. Die Daten werden nun untersucht und verglichen. Die gewonnenen Daten werden auch für die Kalibrierung des neuen Detektors der NAZ verwendet.

## **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 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 von ausserhalb der Heimatbasis Dübendorf.
- Ausbildung von zwei neuen Mitgliedern der Aeroradiometrie-Equipe.

## **2.7. Information der Bevölkerung, der Medien und der Behörden**

Aufgrund der Lärmemissionen des Messhelikopters wurde Wert auf eine umfassende Vorabinformation der Bevölkerung gelegt. Dazu wurden die Behörden aller betroffenen 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 31.05.2014 wurden alle Messflüge angekündigt. Lokalmedien, insbesondere Lokalradios in den betroffenen Gebieten, wurden zusätzlich auf die entsprechenden Daten aufmerksam gemacht. Dank des guten Medienechos konnte die Bevölkerung gut über die Flüge informiert werden.

In Zusammenarbeit mit dem kantonalen Führungsstab des Kantons Thurgau und mit Schutz und Rettung Zürich wurde ein Point de Presse zur Übung RadEx 14 in Frauenfeld veranstaltet. Dabei fand eine Übungsbegehung mit dem Einsatzleiter statt; Medienvertreter konnten an einem Kurzmessflug über dem Übungsgelände teilnehmen.

## **2.8. Beteiligte Partnerorganisationen**

Folgende Organisationen waren in die Vorbereitung und Durchführung der Übung Aeroradiometrie 2014 involviert:

- NAZ und Stab BR NAZ
- Schweizer Luftwaffe
- Fachgruppe Aeroradiometrie
- ENSI
- Schutz und Rettung Zürich
- Paul Scherrer Institut
- Gebäudeversicherung Zürich
- Kantonaler Führungsstab Kanton Thurgau
- armasuisse

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

### 3. Resultate der Übung ARM 14

#### 3.1. Messresultate Region Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI

Turnusgemäss wurden dieses Jahr die Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI aeroradiometrisch gemessen. In diesem Jahr wurden rund um die Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt erweiterte Gebiete ausgemessen, darunter auch einen Sektor der Notfallschutzzone 2, die Städte Baden und Brugg und das grenznahe deutsche Gebiet (im Auftrag der Deutsch-Schweizerischen Kommission).

#### Angaben zum Messflug Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, ZWILAG und PSI:

Datum:	02.06.2014 und 03.06.2014
Fluglinien:	Abstand 250m, 55 Linien
Flugzeit:	3h
Fluggebiet:	Umgebung Kernkraftwerke Leibstadt und Benznaue, ZWILAG und PSI; ca. 136 km <sup>2</sup>
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

Bemerkung: Die Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau waren im Betrieb.  
Die Beschleunigeranlage beim PSI war in einem Wartungsstillstand.

#### Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt keine Auffälligkeiten ausserhalb der Betriebsareale der Kernkraftwerke Beznau und Leibstadt. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen. Zum Beispiel ist in der Umgebung von Mandach eine leichte Erhöhung infolge einer natürlichen Thorium-Anomalie im Boden zu erkennen. Diese wurde schon in den vorherigen Jahren gemessen (normale Thoriumkonzentration in der Schweiz 20-30 Bq/kg, Umgebung Mandach bis ca. 75 Bq/kg: vgl. Wissenschaftlicher Bericht, PSI Bericht Nr. 13-01, ISSN 1019-0643, Seiten 8-10).

Das Kernkraftwerk Leibstadt ist auf der Karte klar zu erkennen. Bei Siedewasserreaktoren wie Leibstadt wird radioaktiver Dampf aus dem Reaktor in das Maschinenhaus geleitet. 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.

Gegenüber früheren Jahren konnte keine Veränderung festgestellt werden.

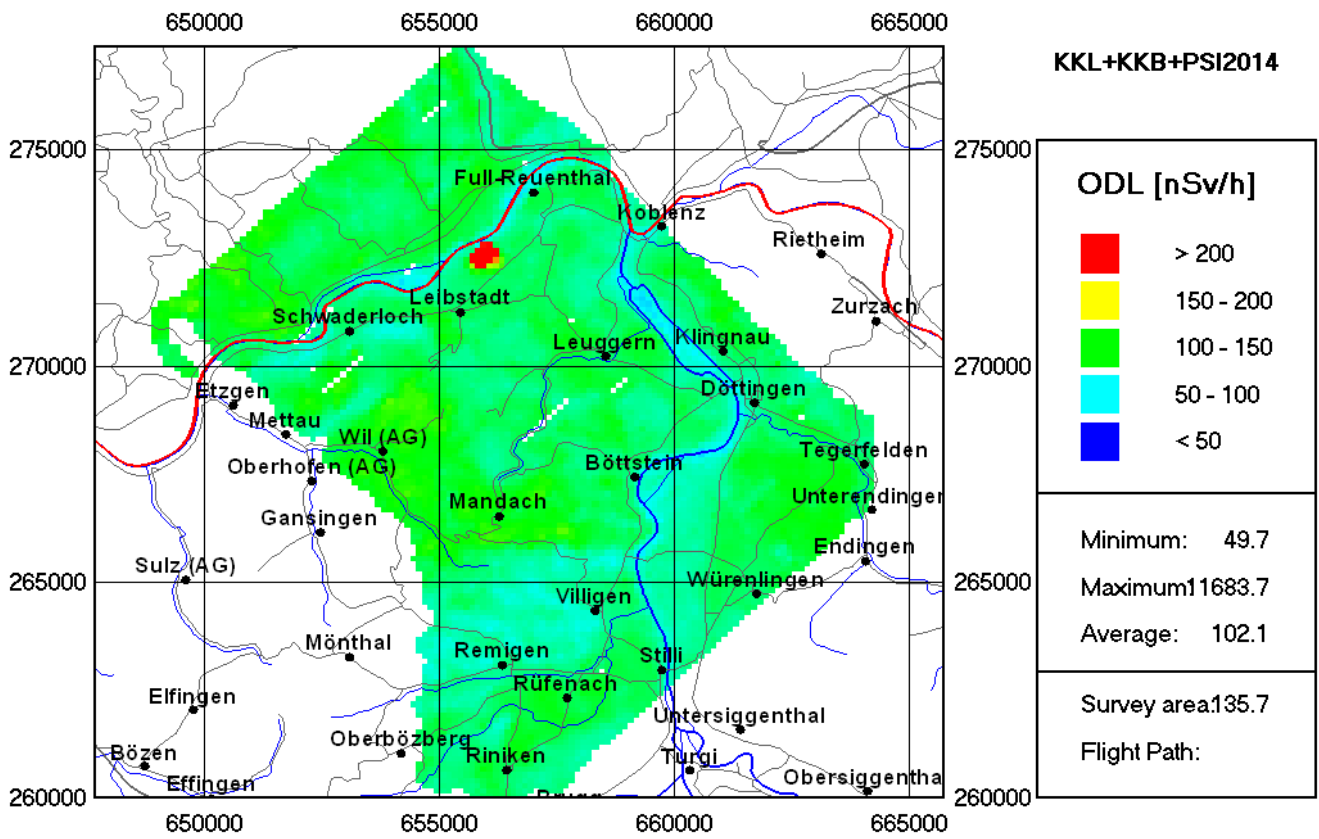


Abbildung 1: Karte der Ortsdosisleistung in der Umgebung der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, des PSI und des ZWILAG.



**Cäsium-Karte (Cs-137)**

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

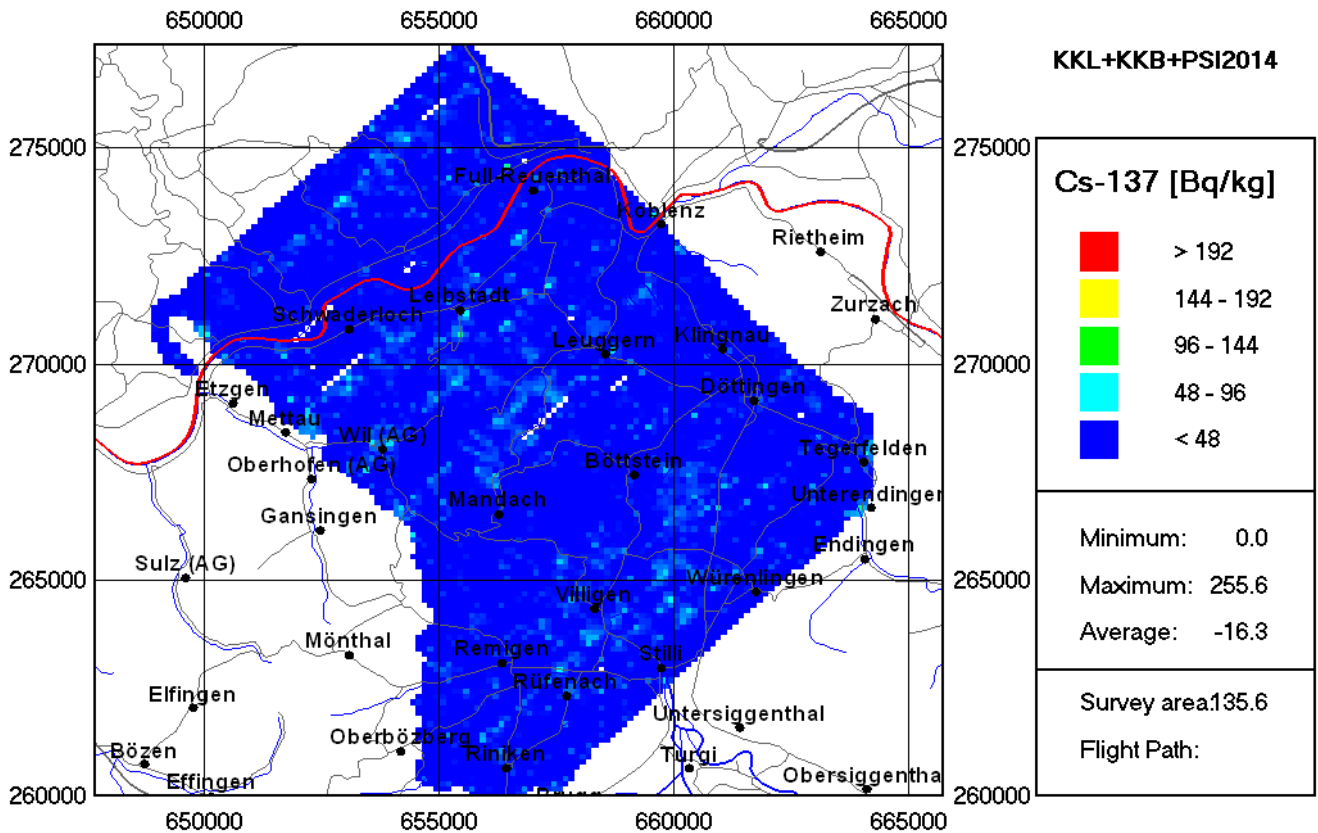


Abbildung 2: Cs-Karte in der Umgebung der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau, des PSI und des ZWILAG.

**Angaben zum Messflug Sektor 2 der Notfallschutzzone 2 der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau**

Datum: 04.06.2014  
 Fluglinien: Abstand 1000 m, 12 Linien  
 Flugzeit: 1.0 h  
 Fluggebiet: Kernkraftwerk Leibstadt+Beznau, Sektor 2; ca. 173 km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

Bemerkung: Während der Messung herrschte im ganzen Fluggebiet Niederschlag.

**Karte der Ortsdosisleistung**

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt keine auffälligen Werte. Gut sichtbar ist der Fluss Aare. Andere beobachtete Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

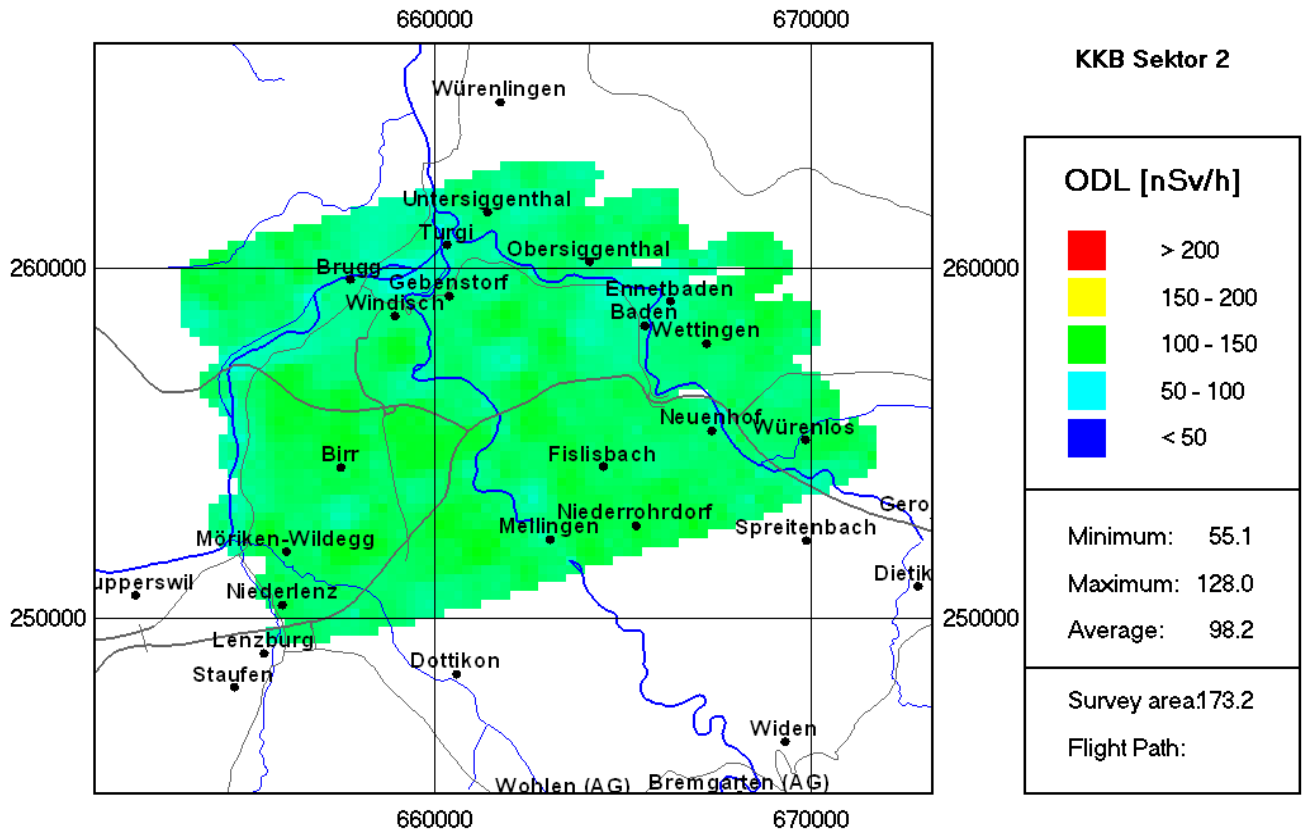


Abbildung 3: Karte der Ortsdosisleistung des Sektors 2 der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau.

**Cäsium-Karte (Cs-137)**

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

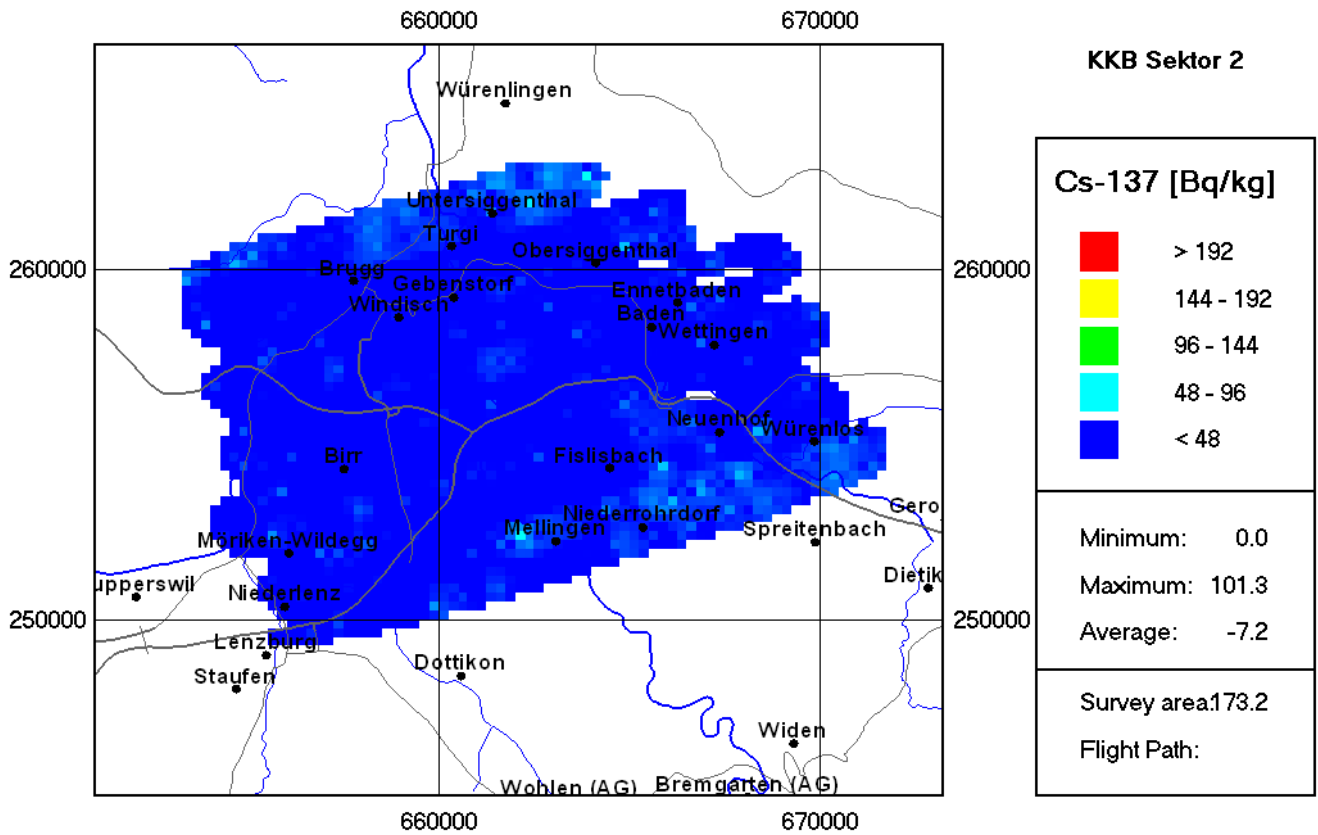


Abbildung 4: Cs-Karte des Sektors 2 der Kernkraftwerke Leibstadt und Beznau.

### 3.2. Messresultate der Städtmessungen

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. Dieses Jahr wurden mit Winterthur und Schaffausen die sechst- und 14. grösste Schweizer Stadt auszumessen.

#### Angaben zum Messflug Städte Baden und Brugg

Datum: 03.06.2014  
 Fluglinien: Brugg: Abstand 250 m, 11 Linien / Baden: Abstand 250m, 12 Linien  
 Zusätzliche 3 Linien mit Abstand 1 km  
 Flugzeit: 2.5h  
 Fluggebiet: Kernkraftwerk Leibstadt+Beznau, Baden+Brugg; ca. 54 km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

#### Karte der Ortsdosisleistung

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt keine auffälligen Werte. Gut sichtbar ist der Fluss Aare. Andere beobachtete Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie, der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

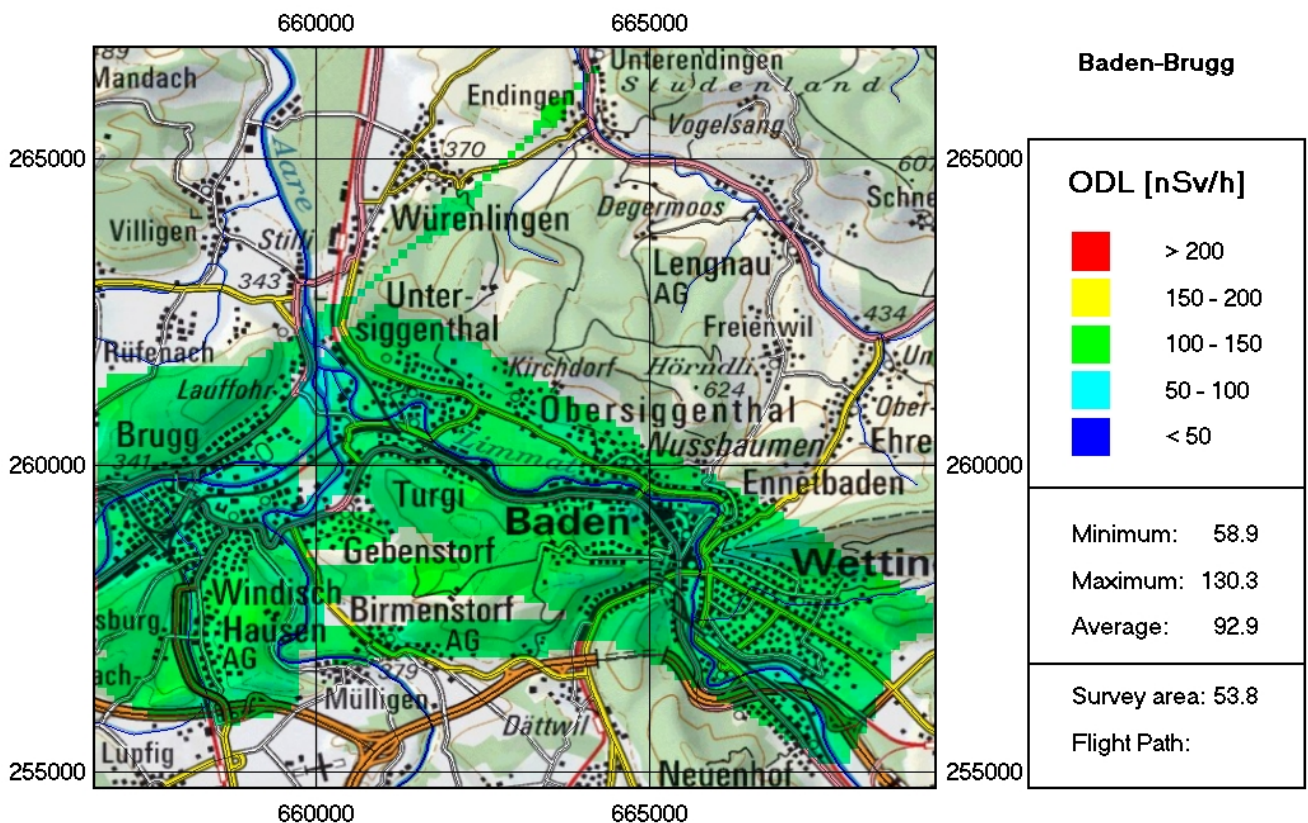


Abbildung 5: Karte der Ortsdosisleistung der Städte Brugg und Baden.

**Cäsium-Karte (Cs-137)**

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

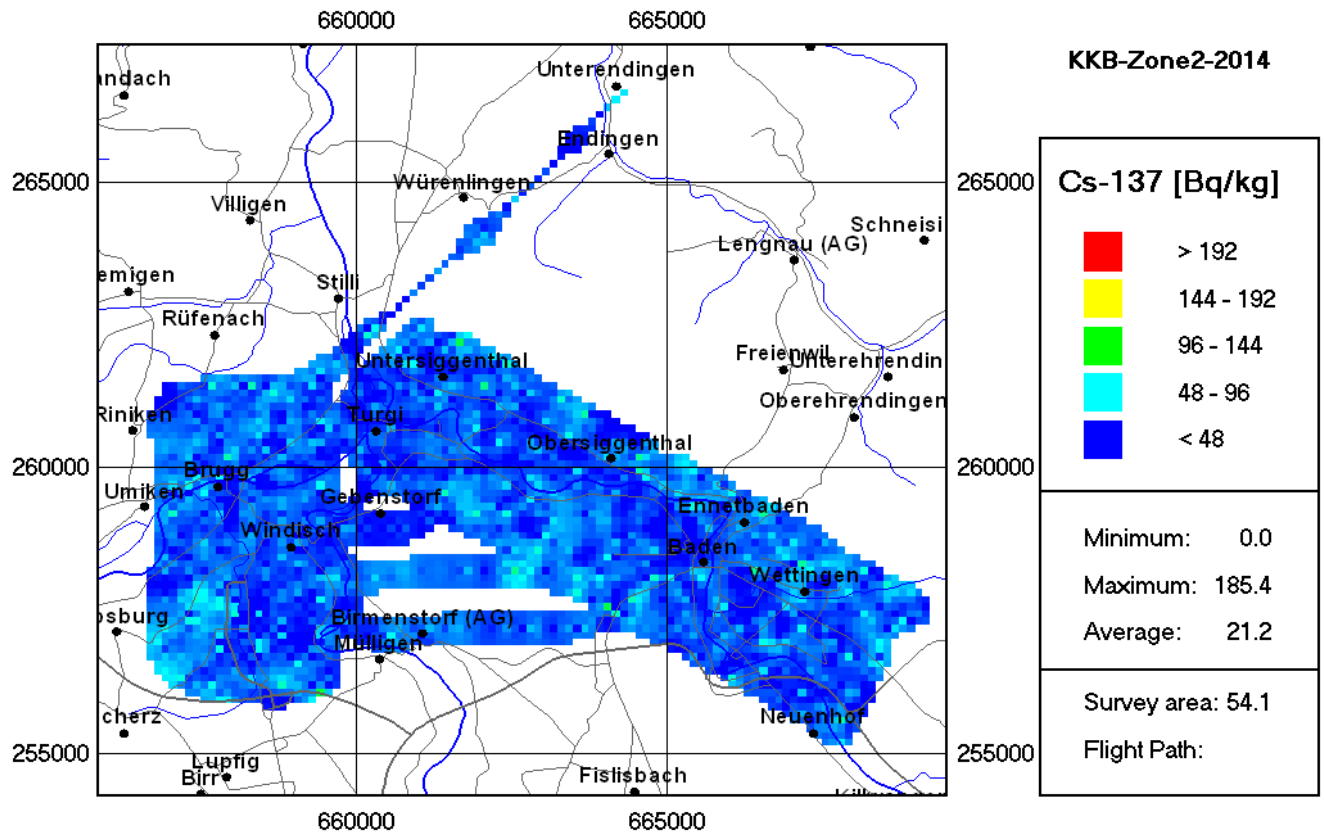


Abbildung 6: Cs-Karte der Städte Brugg und Baden.



**Angaben zum Messflug Stadt Winterthur**

Datum: 03.06.2014  
 Fluglinien: Abstand 250 m, 22 Linien  
 Flugzeit: 1h  
 Fluggebiet: Stadt Winterthur; ca. 41 km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

**Karte der Ortsdosisleistung**

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt keine Auffälligkeiten. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

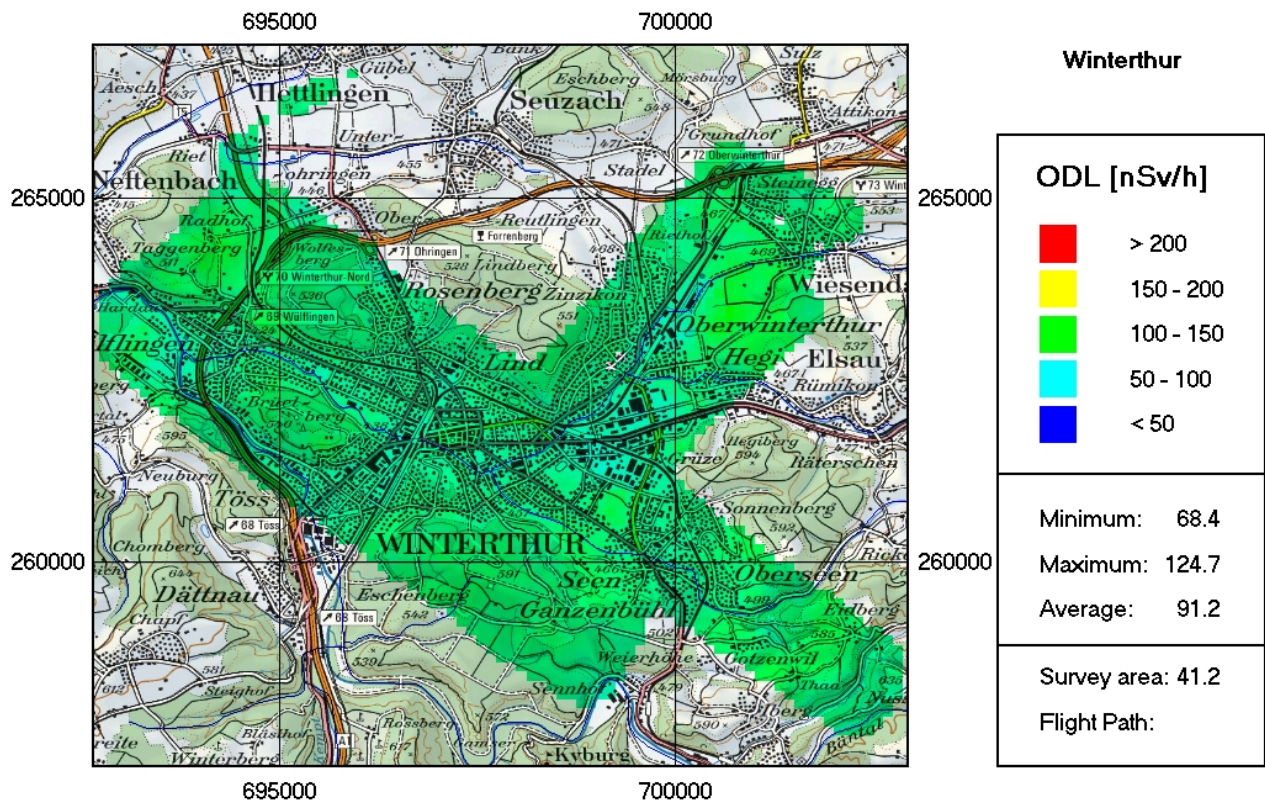


Abbildung 7: Karte der Ortsdosisleistung bei der Stadt Winterthur.

**Cäsium-Karte**

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

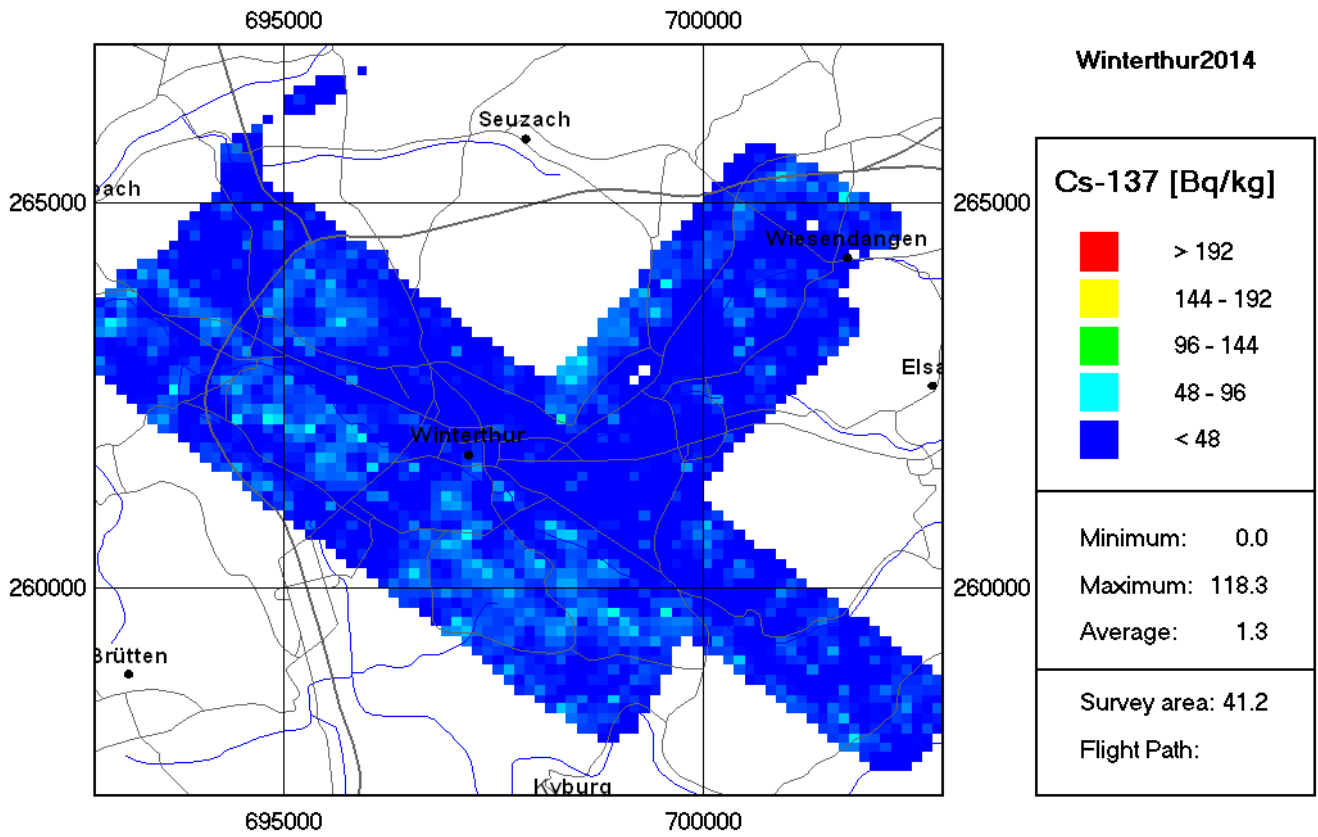


Abbildung 8: Cs-Karte bei der Stadt Winterthur.

**Angaben zum Messflug Stadt Schaffhausen**

Datum: 03.06.2014  
 Fluglinien: Abstand 250 m, 14 Linien  
 Flugzeit: 0.5h  
 Fluggebiet: Stadt Winterthur; 23 km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

**Karte der Ortsdosisleistung**

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt keine Auffälligkeiten. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

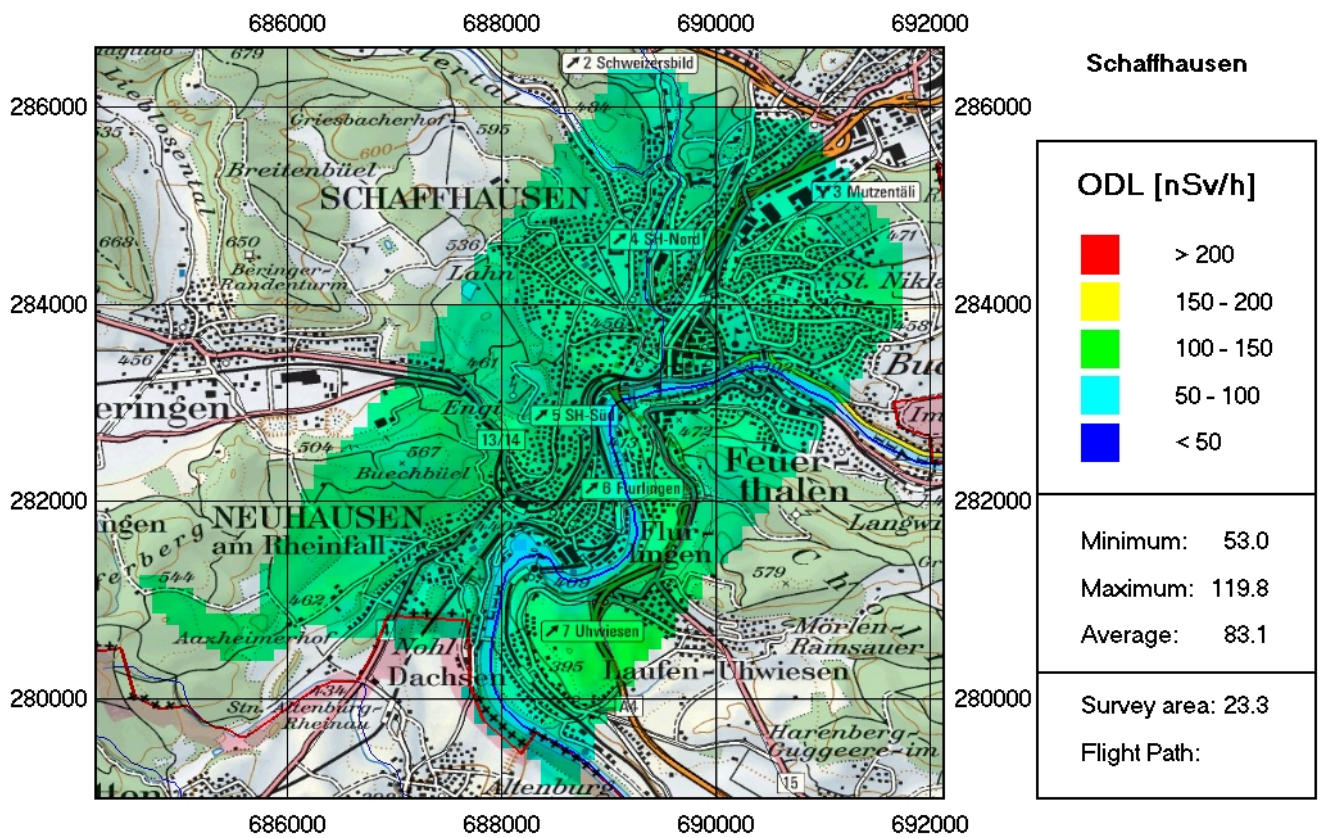


Abbildung 9: Karte der Ortsdosisleistung der Stadt Schaffhausen.



**Cäsium-Karte**

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

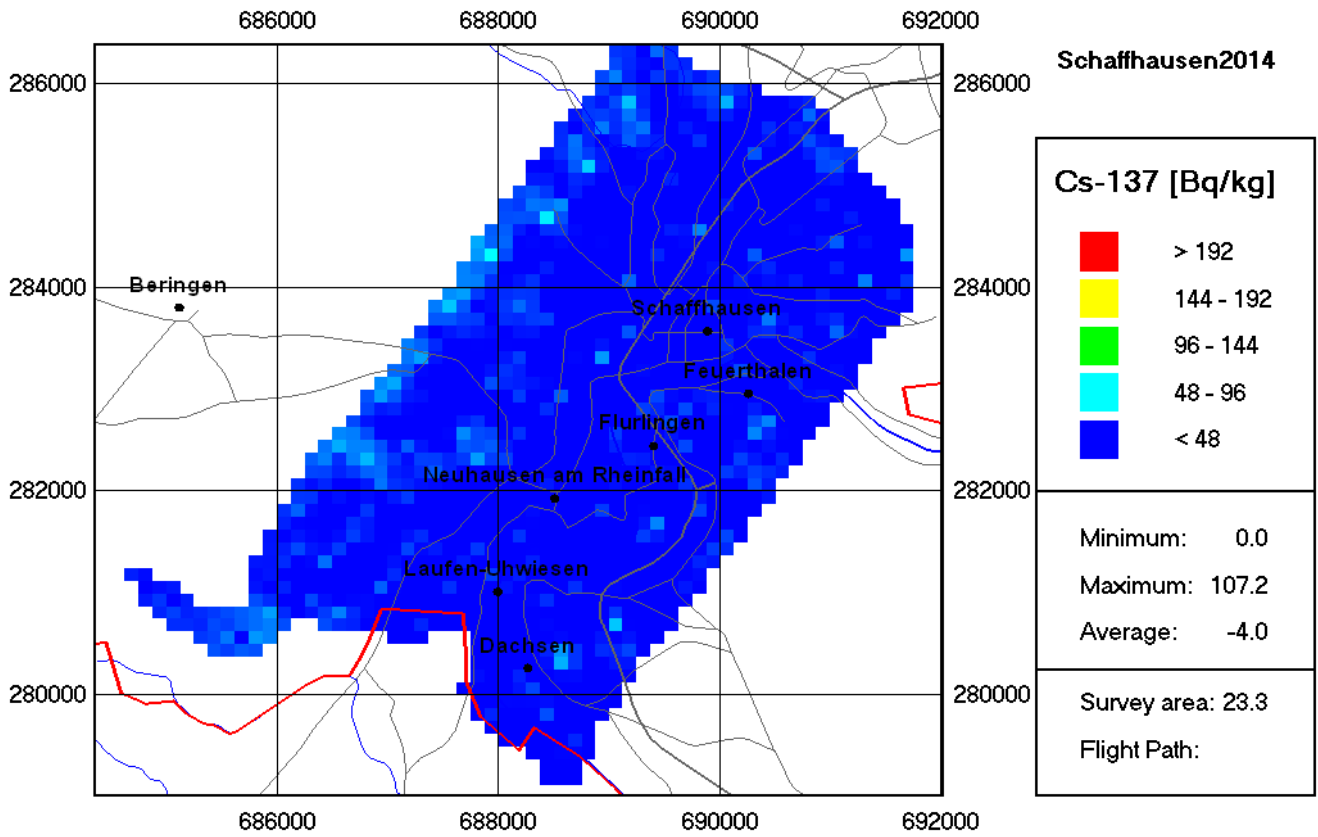


Abbildung 10: Cs-Karte der Stadt Schaffhausen.

### 3.3. Messresultate der Transversale St. Gallen – Herisau – Rapperswil – Glarus – Chur – Vicosoprano

Um die aeroradiometrische Abdeckung der Schweiz zu verbessern, wurde ein Messflug in der Ost-Schweiz durchgeführt. Gemäss Plan war vorgesehen bis Vicosoprano (GR) zu fliegen und dort noch eine Detailmessung zu machen. Aufgrund der meteorologischen Lage musste der erste Transversalflug beim Malojapass gekürzt und der Messflug in Vicosoprano abgesagt werden.



*Abbildung 11: Wegen der niedrigen Wolkendecke wurde der Transversalflug vor dem Malojapass gekürzt. Im Bild der Silsersee.*

#### **Angaben zum Messflug Transversale St. Gallen - Vicosoprano:**

Datum:	04.06.2014
Fluglinien:	1 Linie
Flugzeit:	1h 20 Min
Fluggebiet:	St. Gallen - Malojapass; ca. 200 km
Flughöhe über Grund:	ca. 90 m

**Karte der Ortsdosisleistung**

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt keine Auffälligkeiten. Die beobachteten Variationen im Messgebiet sind auf Einflüsse der Geologie und Topographie der Wasserläufe sowie auf die Vegetation zurückzuführen.

Die Ortsdosisleistung setzt sich aus einer kosmischen und einer terrestrischen Komponente zusammen. Die kosmische Komponente ist für verschiedene Flughöhen unterschiedlich. Das Profil enthält aufgrund der Topografie stark schwankende Flughöhen. Die terrestrische Dosisleistung zeigt nur den durch Radionuklide im Boden verursachten Anteil. Sie wird durch im Boden vorhandenen natürlichen Radionukliden verursacht. Die Nuklidkarten zeigen teilweise die Schwankungen in den Konzentrationen von Kalium (K-40), Uran (U-238) und Thorium (Th-232).

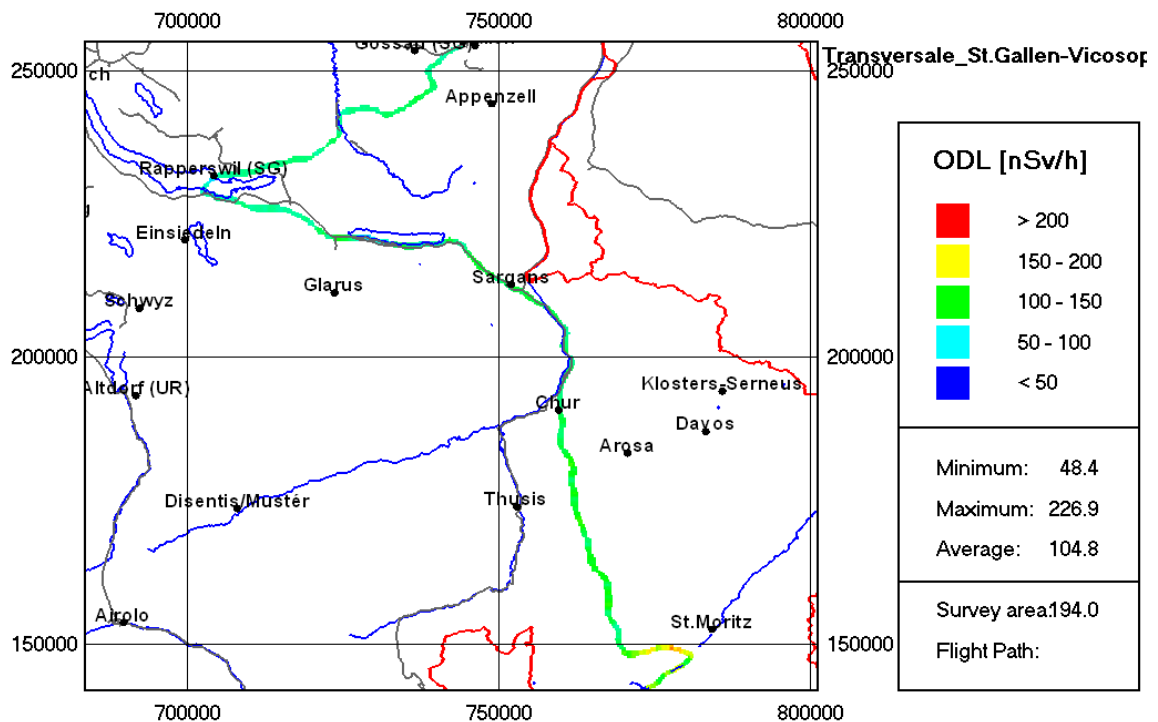


Abbildung 12: Karte der Ortsdosisleistung des Transversalfluges St. Gallen - Malojapass.

**Karte der terrestrischen Dosisleistung**

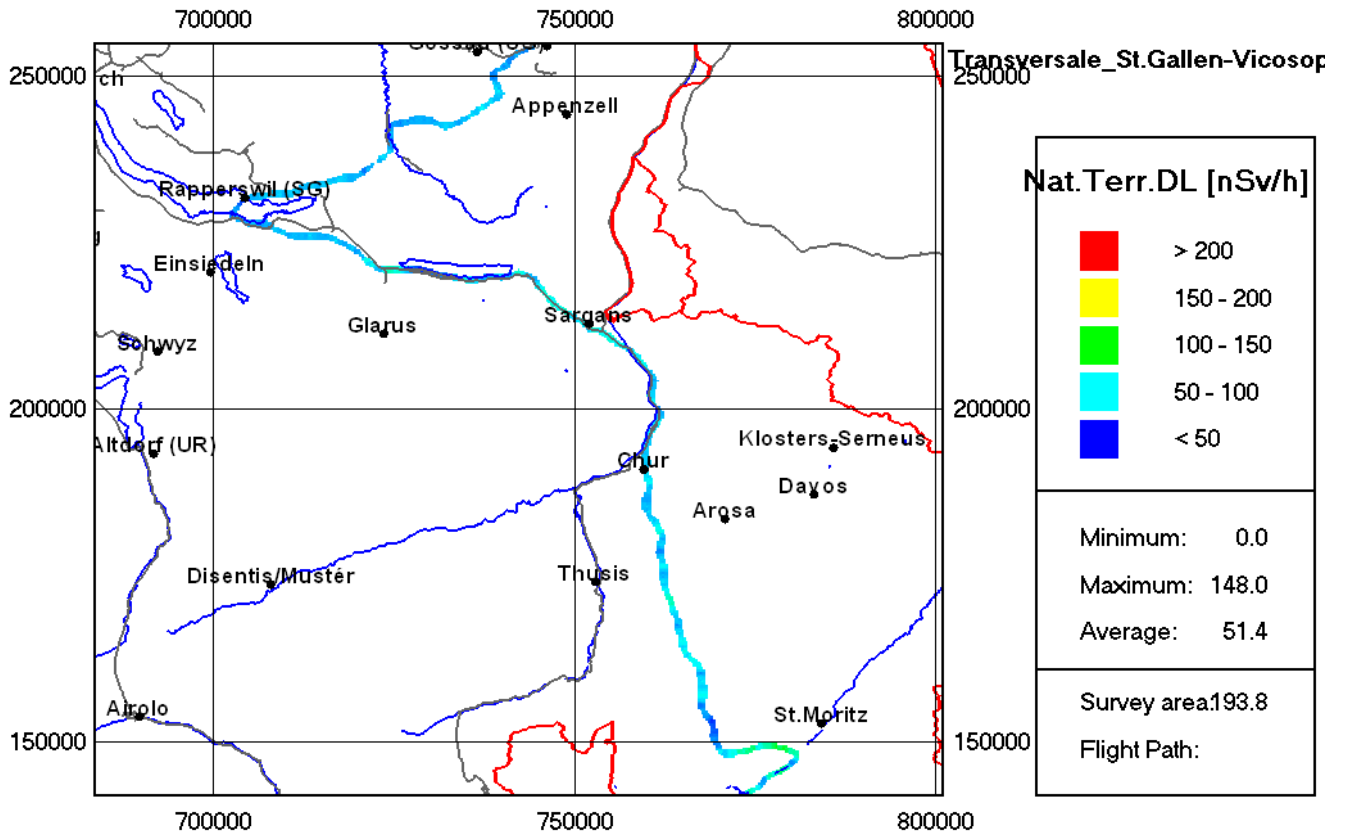


Abbildung 13: Karte der terrestrischen Dosisleistung des Transversalfluges St. Gallen - Malojapass.

**Detailkarten Marmorera - Sils**

**Dosisleistung (Marmorera – Sils)**

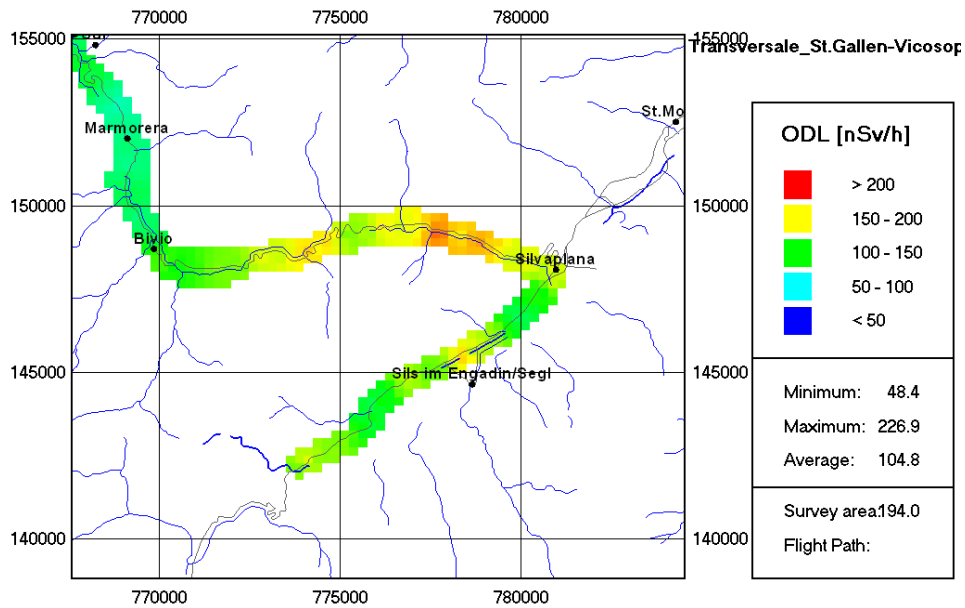


Abbildung 14: Detailkarte der Ortsdosisleistung, Strecke Marmorera - Sils.

**Terrestrische Dosisleistung (Marmorera – Sils)**

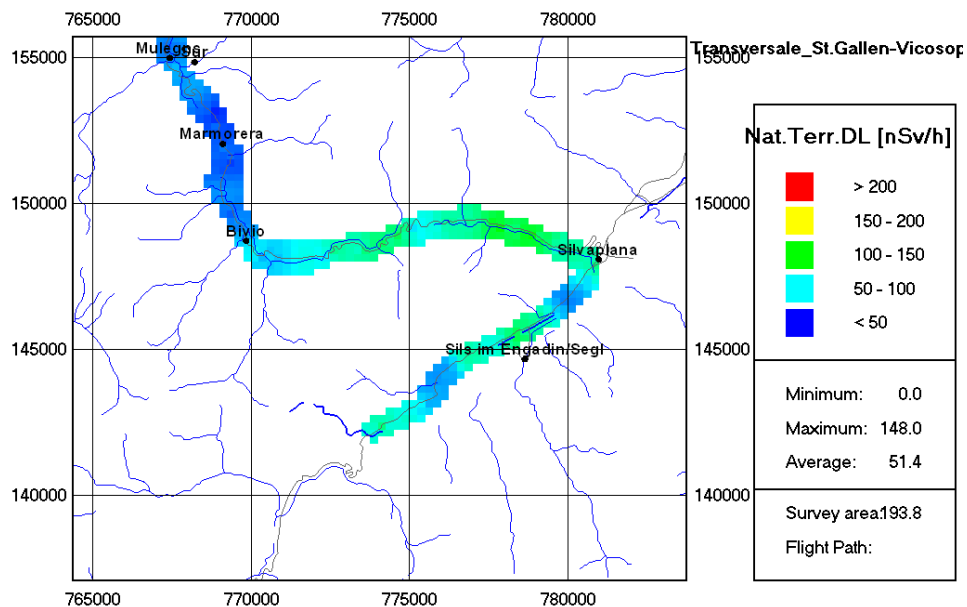


Abbildung 15: Detailkarte der terrestrischen Dosisleistung, Strecke Marmorera - Sils.

**K-40 Karte (Marmorera – Sils)**

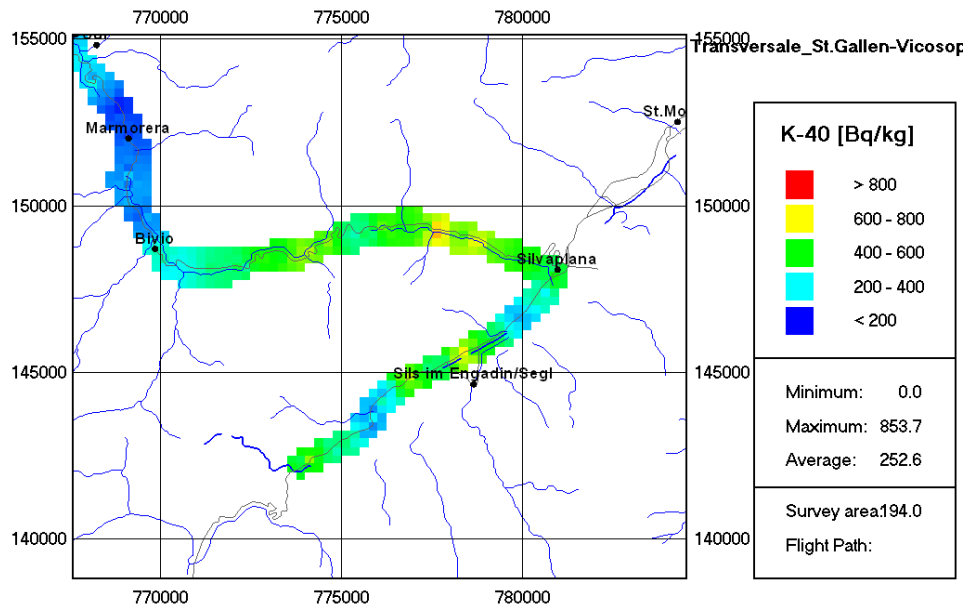


Abbildung 16: Detailkarte der K-40 Aktivitätskonzentration, Strecke Marmorera – Sils.

**U-238 Karte (Marmorera – Sils)**

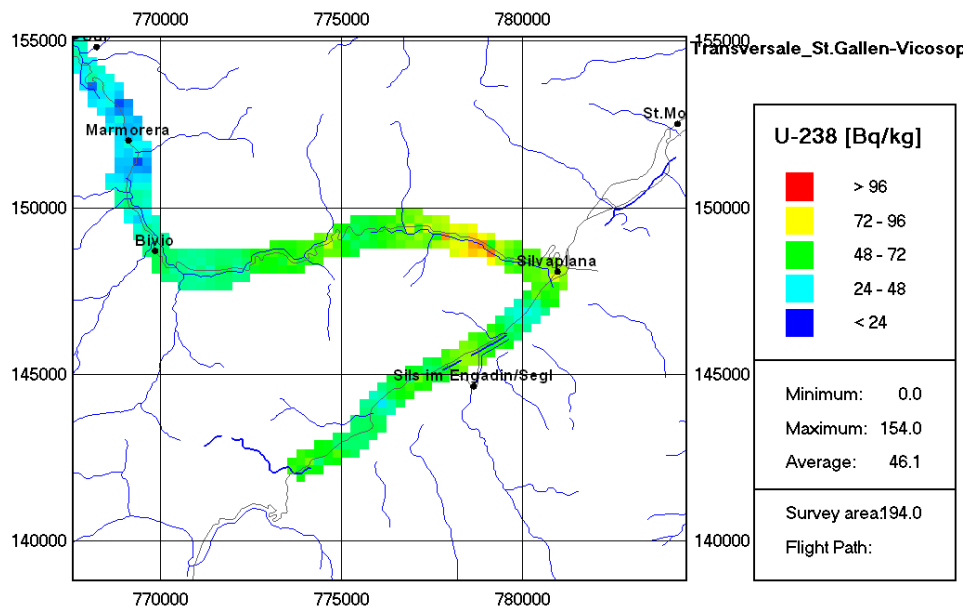


Abbildung 17: Detailkarte der U-238 Aktivitätskonzentration, Strecke Marmorera - Sils.

**Th-232 Karte (Marmorera – Sils)**

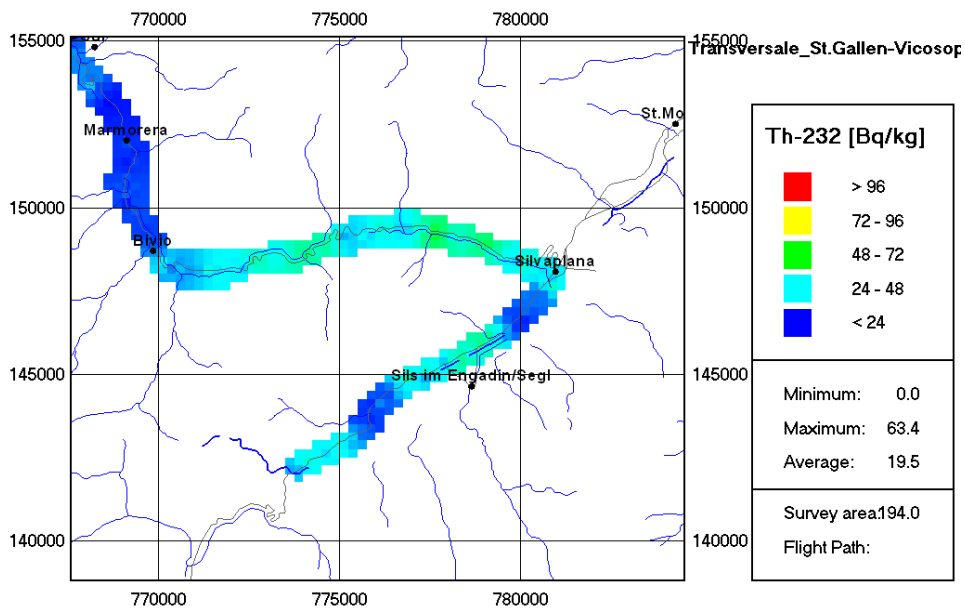


Abbildung 18: Detailkarte der Th-232 Aktivitätskonzentration, Strecke Marmorera - Sils.

**Cäsium-Karte**

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

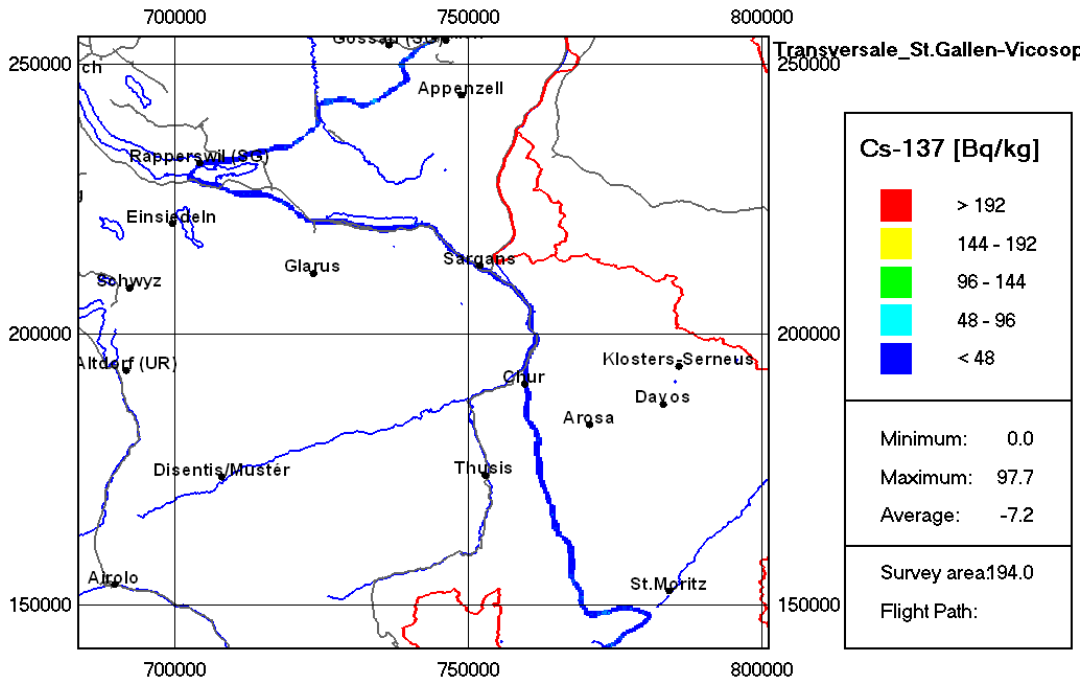


Abbildung 19: Cs-Karte des Transversalfluges St. Gallen - Malojapass.

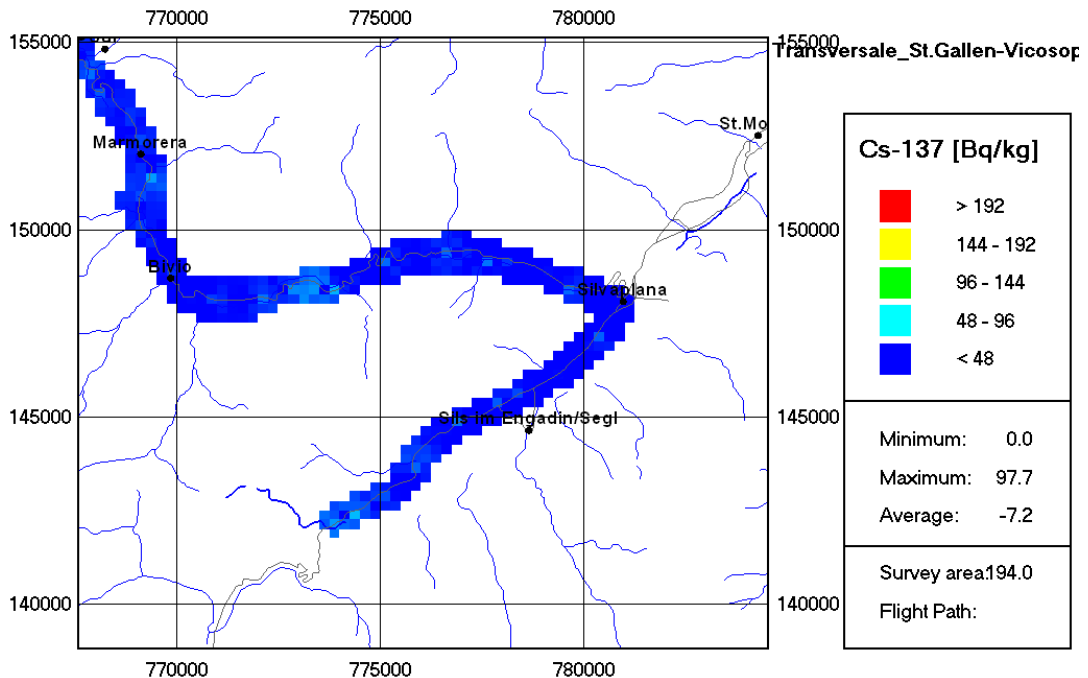


Abbildung 20: Detailkarte der Cs-137 Aktivitätskonzentration, Strecke Marmorera - Sils.



### 3.4. Messresultate der Einsatzübung RadEx 14 mit Schutz und Rettung Zürich und Kanton Thurgau

Das Szenario der Einsatzübung RadEx14 ging vom Absturz eines Frachtflugzeugs mit radioaktiven Quellen an Bord aus. Es wurde angenommen, dass die Transportbehälter dieser Quellen beim Aufprall beschädigt wurden. Die Einsatzkräfte des Kantons Thurgau (Feuerwehr Frauenfeld, Rettungsdienst Frauenfeld) mussten bei ihrem Einsatz die radiologische Gefährdung erkennen und die entsprechenden Fachkräfte aufbieten. Im Kanton Thurgau wird die Strahlenwehr von Schutz und Rettung Zürich SRZ sichergestellt. SRZ musste (wie allgemein bei Ereignissen mit erhöhter Radioaktivität) die Nationale Alarmzentrale NAZ orientieren und einen Strahlenschutzberater vor Ort beordern. Die Nationale Alarmzentrale brachte die Messmittel des Bundes zum Einsatz und aktivierte das Strahlenschutzpikett des Paul Scherrer Instituts PSI und den Aeroradiometrie-Helikopter.

Die Aeroradiometrie-Equipe landete vor Ort, liess sich durch den Einsatzleiter briefen, baute ihren Auswertungsstandort auf und absolvierte einen Messflug, um einen ersten Überblick über die radiologische Situation im Schadensgebiet zu erlangen. Die erste Auswertung zeigte, dass Cäsium- und Kobalt-Quellen auf dem Gelände verstreut waren. Die Resultate wurden dem Einsatzleiter vorgestellt, der die Ortungs- und Bergungsteams von SRZ und dem PSI zum Einsatz brachte. Diese massen das Gebiet detailliert aus, orteten, bargen und sicherten die Quellen. Die NAZ wurde laufend über die Situation vor Ort informiert.

Der Aeroradiometriehelikopter bestätigte mit einem zweiten Messflug, dass keine radioaktiven Quellen mehr detektiert werden konnten.

Die Zusammenarbeit der verschiedenen Stellen funktionierte sehr gut und zeitgerecht. Die Ziele der Übungsleitung wurden erreicht.

Die radioaktiven Quellen waren in abgesperrtem Gelände ausgelegt und ständig überwacht.



Abbildung 21: U RadEx 14: Standort der Einsatzleitung der Feuerwehr Frauenfeld



Abbildung 22: U RadEx 14: Verschiedene radioaktive Quellen wurden auf dem Gelände verteilt, teilweise in Transportverpackungen, teilweise unter Trümmern versteckt.



Abbildung 23/24: U RadEx 14: Links ein Mitglied der Strahlenwehr von Schutz und Rettung Zürich bei der Messung auf dem Schadenplatz. Rechts die erste Auswertung der Aeroradiometrie-Daten mit dem Einsatzleiter.

**Angaben zum ersten Messflug über das Ausbildungszentrum Galgenholz:**

Datum: 05.06.2014  
 Fluglinien: 3 Linien  
 Flugzeit: 10min  
 Fluggebiet: Ausbildungszentrum Galgenholz, Frauenfeld: ca. 0.3km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

**Karte der Ortsdosisleistung**

Die Karte der Ortsdosisleistung zeigt eine Erhöhung im Bereich des angenommen Unfallorts.

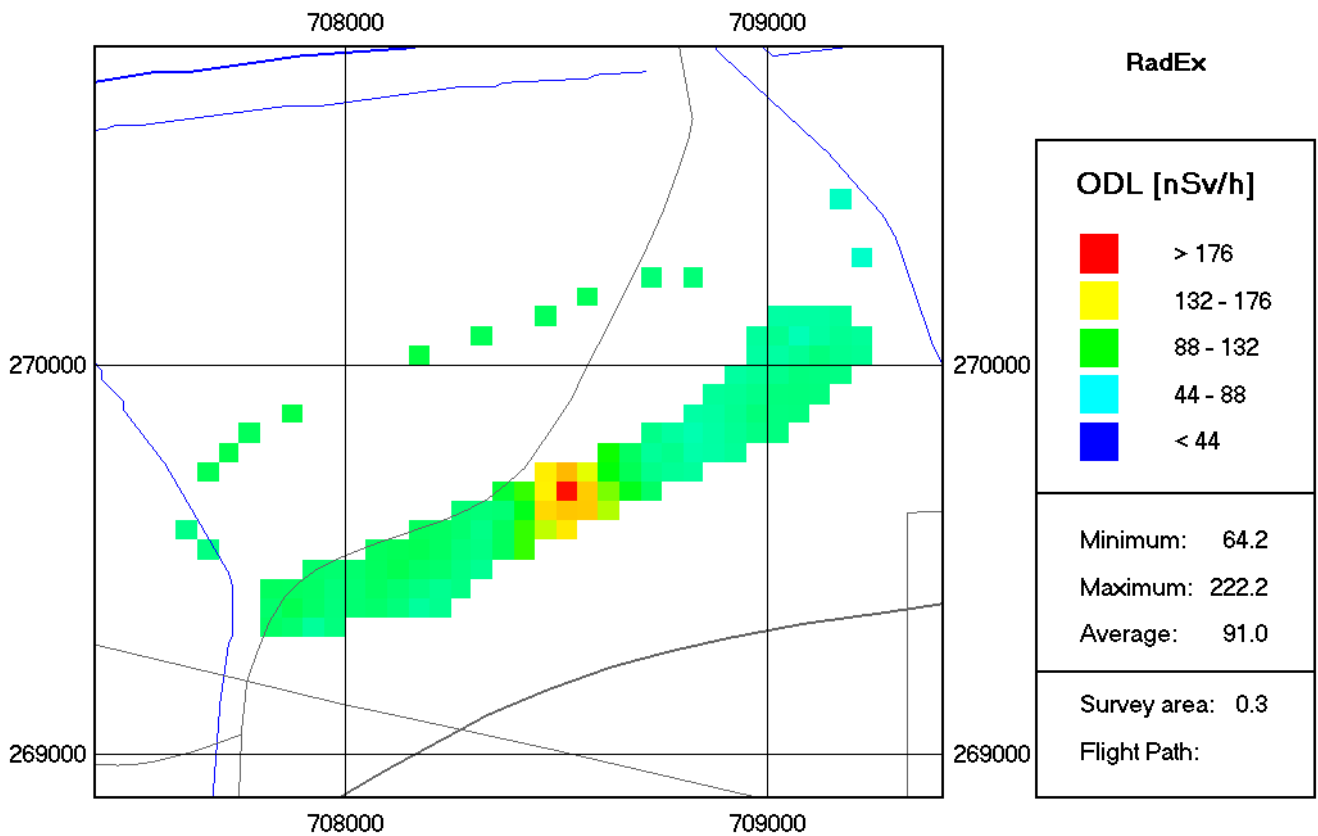


Abbildung 25: Karte der Ortsdosisleistung bei der U RadEx 14 in Frauenfeld.

**MMGC-Karte**

Auf der MMGC-Karte sieht man eine klare Erhöhung, die die Präsenz von künstlicher Radioaktivität anzeigt.

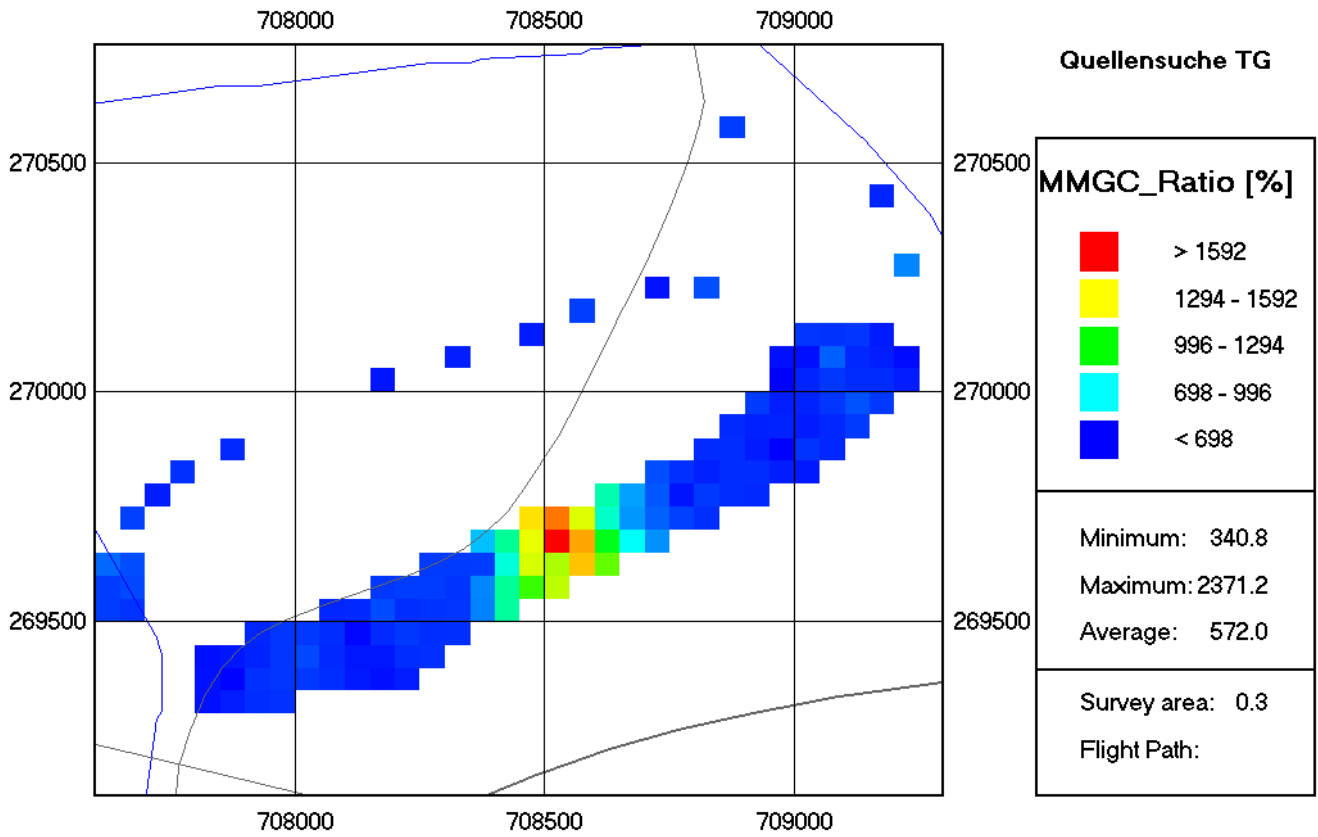


Abbildung 26: MMGC-Karte bei der U RadEx 14 in Frauenfeld.

**Cäsium-Karte**

Die Präsenz von Cäsium wurde bestätigt.

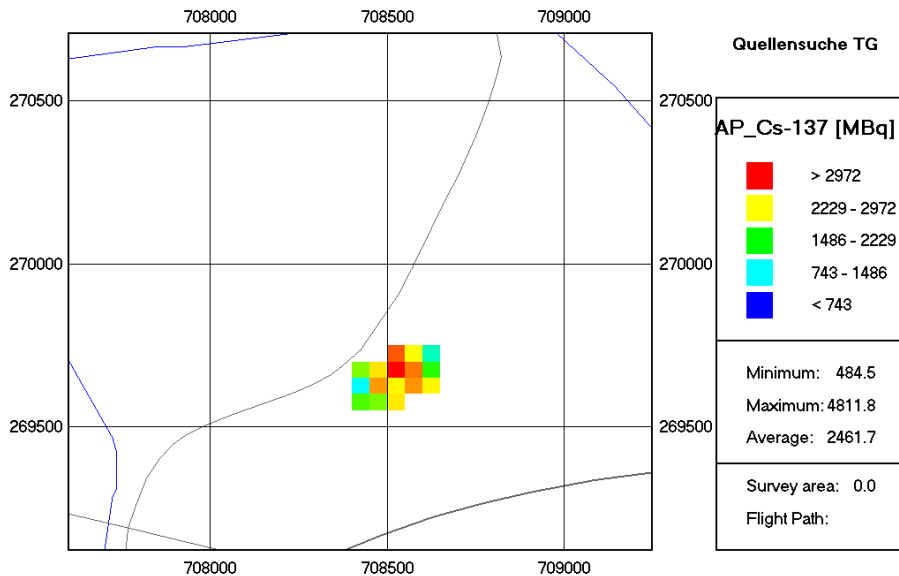


Abbildung 27: Cs-Karte bei der U RadEx 14 in Frauenfeld. Alle gemessenen Gebiete, in denen die Cäsiumwerte unterhalb der Nachweisgrenze lagen, werden bei dieser Ansicht nicht dargestellt.

**Cobalt-Karte**

Die Präsenz von Cobalt wurde bestätigt.

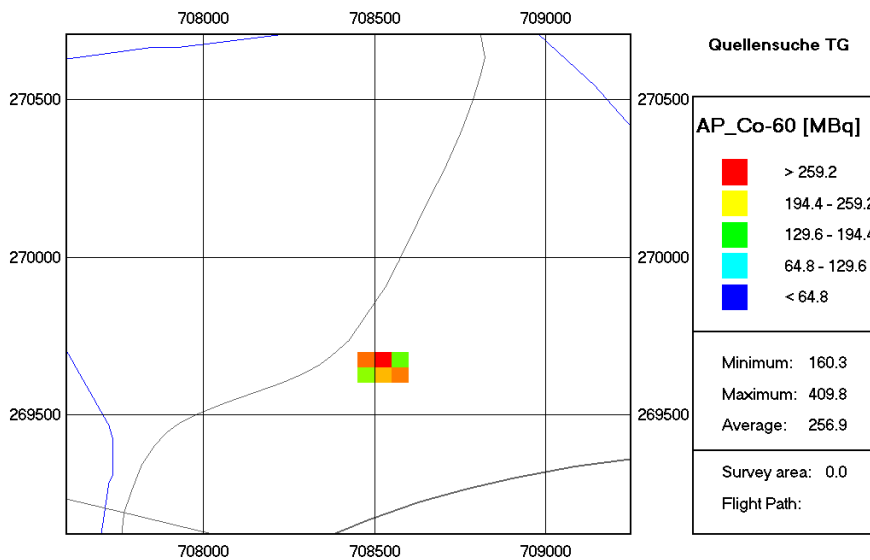


Abbildung 28: Co-Karte bei der U RadEx 14 in Frauenfeld. Alle gemessenen Gebiete, in denen die Cobaltwerte unterhalb der Nachweisgrenze lagen, werden bei dieser Ansicht nicht dargestellt.



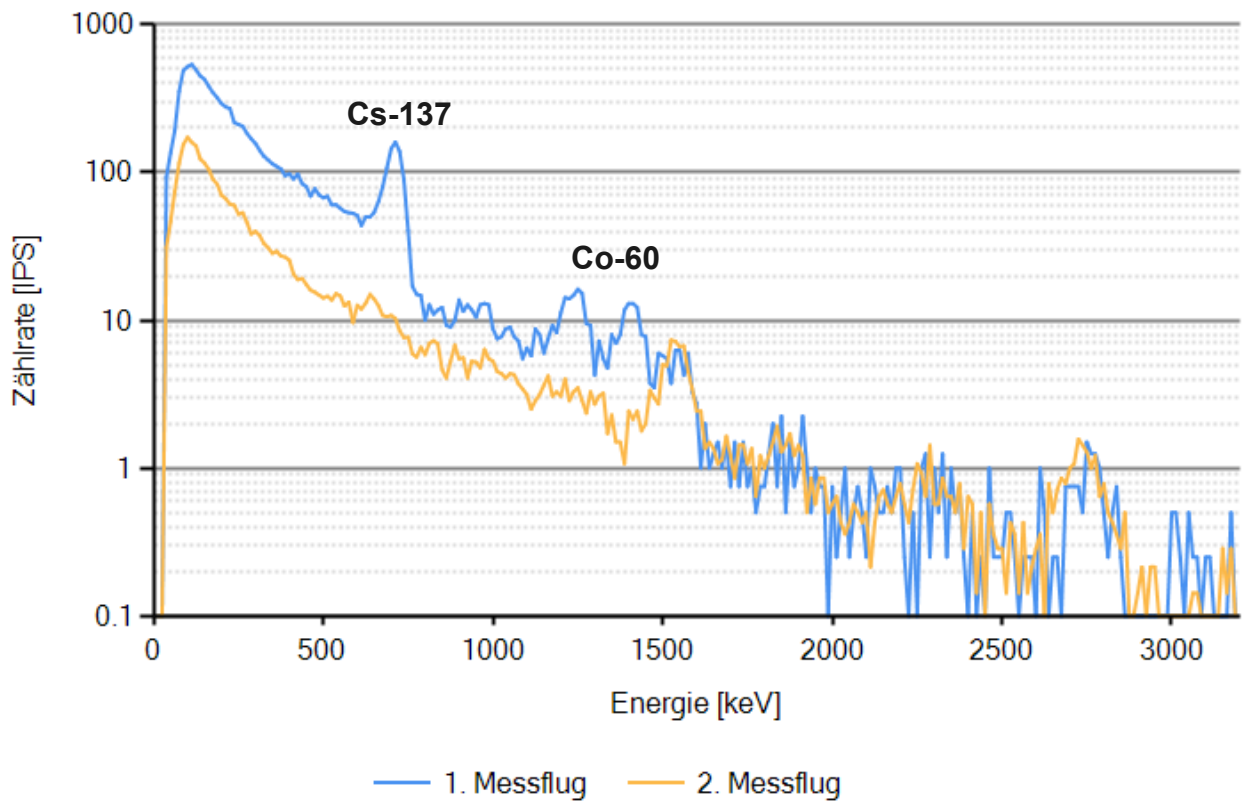


Abbildung 29: Gamma-Spektrum bei der Anomalie auf der ODL-Karte während der U RadEx 14. Beim ersten Flug (blau) sieht man klar den Cäsium-137 Peak (662 keV) und die zwei Peaks von Cobalt-60 (1173 keV und 1332 keV). Nach der Quellenbeseitigung wurde ein Kontrollflug durchgeführt (2. Messflug), bei dem keine künstliche Radionuklide mehr gemessen worden sind.

**Angaben zum zweiten Messflug (Kontrollflug) über das Ausbildungszentrum Galgenholz:**

Datum: 05.06.2014  
 Fluglinien: 3 Linien  
 Flugzeit: 10min  
 Fluggebiet: Ausbildungszentrum Galgenholz, Frauenfeld: ca. 0.3km<sup>2</sup>  
 Flughöhe über Grund: ca. 90 m

**Karte der Ortsdosisleistung**

Nach der Quellenbeseitigung konnte keine erhöhte ODL mehr nachgewiesen werden.

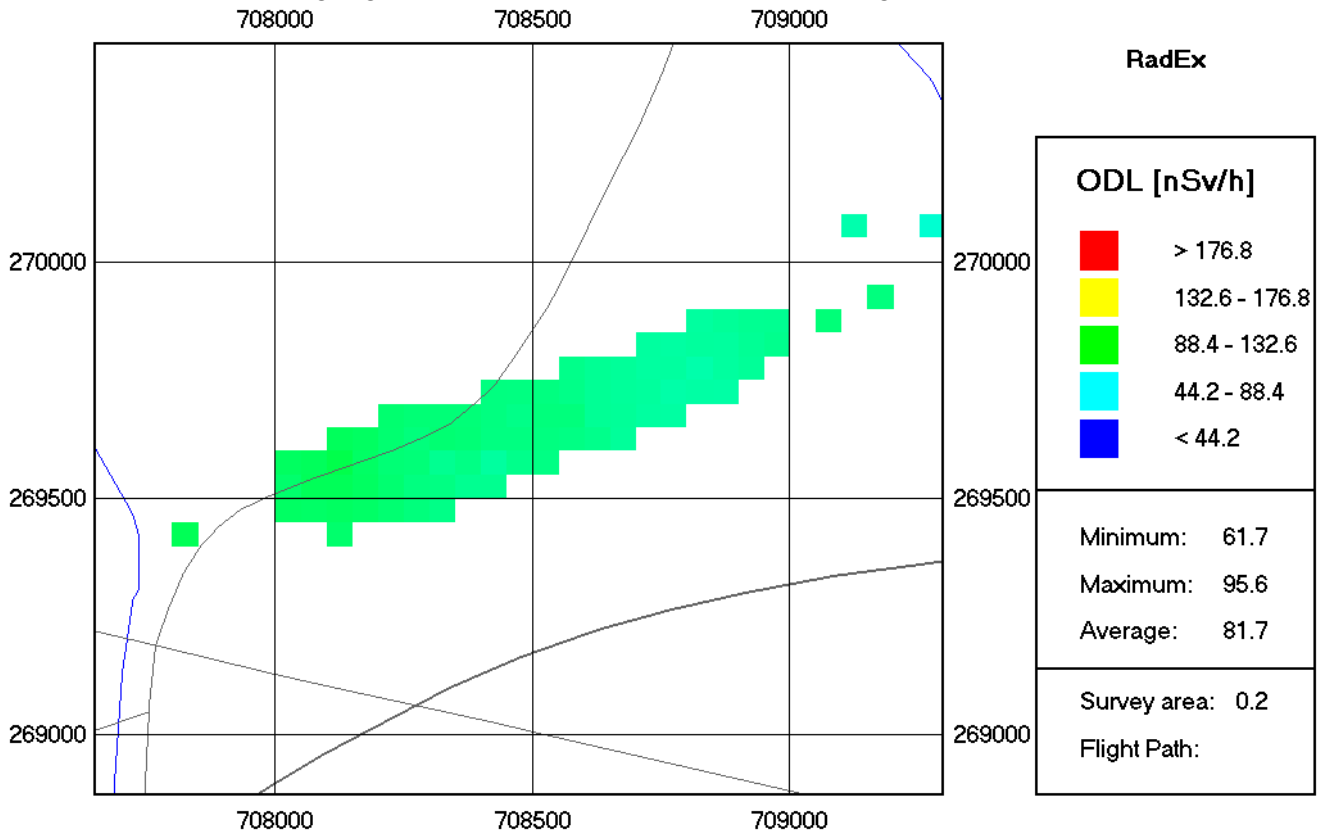


Abbildung 30: Karte der Ortsdosisleistung bei der U RadEx 14 in Frauenfeld (Kontrollflug).

**Cäsium-Karte**

Keine Cäsium-Quelle konnte mehr identifiziert werden.

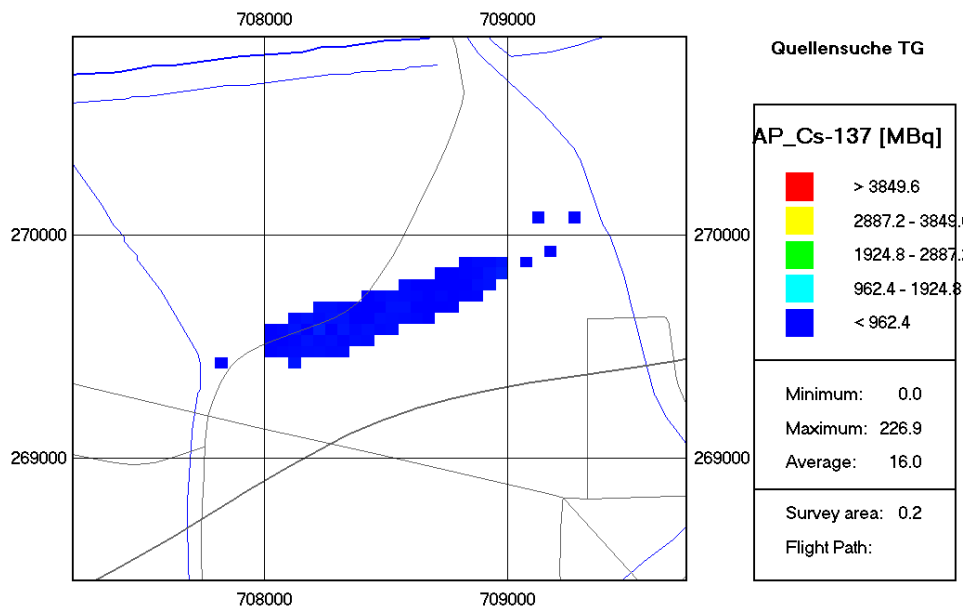


Abbildung 31: Cs-Karte bei der U RadEx 14 in Frauenfeld (Kontrollflug).

**Cobalt-Karte**

Keine Cobalt-Quelle konnte mehr identifiziert werden.

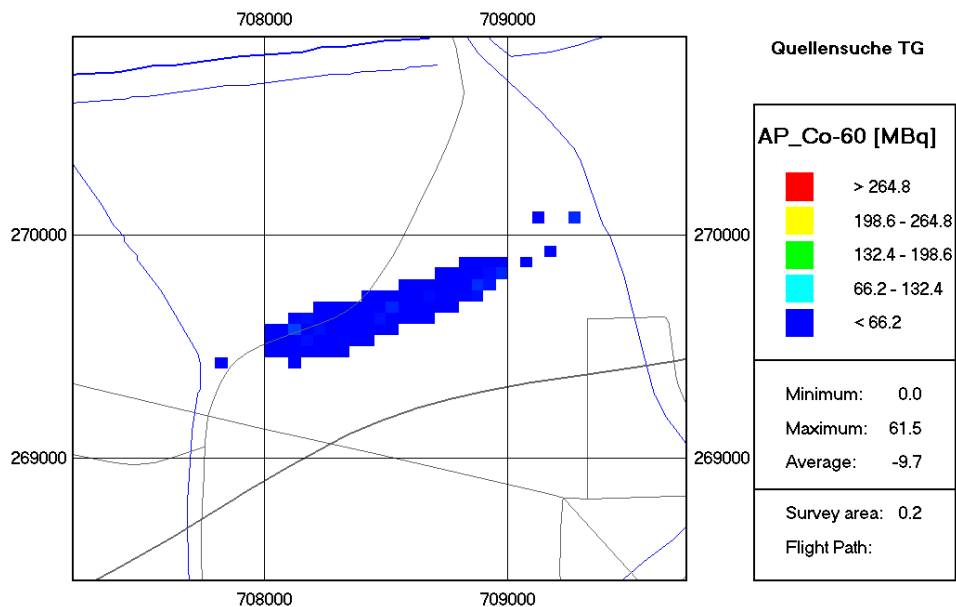


Abbildung 32: Cs-Karte bei der U RadEx 14 in Frauenfeld (Kontrollflug).



### 3.5. Erkenntnisse Übung Aeroradiometrie 14

Die Ziele der Aeroradiometrie-Messwoche 2014 wurden vollumfänglich erreicht. Aus meteorologischen Gründen musste das Flugprogramm angepasst werden. So konnte die Messung über dem Gebiet Vicosoprano nicht durchgeführt werden.

Die für Quellensuch-Einsätze neu vorgesehene Einsatzdoktrin der ARM-Equipe, die zuerst eine Landung beim Schadensplatz und ein Briefing mit dem Einsatzleiter vor Ort vorsieht, bevor der Messflug durchgeführt wird, wurde bei der Übung RadEx 14 in Frauenfeld eingesetzt und hat sich bewährt. Aus der Verlegung der Equipe und des Auswertungsmaterials nach Frauenfeld konnten verschiedene Erkenntnisse zur Arbeit des Messteams von ausserhalb der Heimatbasis Dübendorf gewonnen werden.

Als Verbesserung wurde festgestellt, dass der Abspracherapport zwischen der Einsatzleitung ARM und der Einsatzleitung am Schadensplatz zum bestmöglichen Abgleich separat geführt werden sollte. Dabei ist es notwendig, dass die Möglichkeiten des Messmittels ARM klar kommuniziert werden, da diese bei den zivilen Einsatzkräften teilweise nicht bekannt sind. Eine Effizienzsteigerung bei der Auswertung ist ein Arbeitsplatz abseits der Einsatzleitung. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass eine klare Kennzeichnung des Einsatzleiters ARM und des Piloten bei der Präsenz am Führungsstandort hilfreich ist; auf Schadenplätzen ist die Kennzeichnung wichtiger Funktionen (z.B. mittels beschrifteter, farblich codierter Westen) Standard.

Das neue Messverfahren, bei dem entlang von Hauptverkehrsachsen eine Transversale (St. Gallen – Samedan) vermessen wurde, hat sich sowohl aus flug- als auch aus messtechnischen Gründen bestens bewährt. Entlang dieser Achsen treten allgemein geringere Höhenunterschiede auf. Dies ermöglicht eine konstantere Flughöhe über Grund, was sich wiederum positiv auf die Messresultate auswirkt.

Messtechnisch ist anzumerken, dass die Messungen mit dem neuen Detektor mit integriertem Spektrometer durchgeführt worden sind. Für diesen Detektor wird im August die Kalibrierung überprüft. Bei den Messflügen am 06. Juni wurden wichtige Daten für die Kalibrierung des neuen Detektors mittels Vergleichsmessung gewonnen.

Der Ausbildungs- und Trainingsstand der Messspezialisten, Techniker und Piloten der Aeroradiometrie-Equipe ist hoch. Zwei neue Mitglieder der Aeroradiometrie-Equipe konnten ausgebildet werden. Die Einsatzdokumentation wurde überprüft und aktualisiert. Die Darstellung der Resultate konnte jeweils innerhalb einer halben Stunden 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 nachgewiesen werden. Das Strahlungsfeld beschränkt sich auf die Areale der Kernanlagen. In der Umgebung ist keine erhöhte künstliche Radioaktivität nachweisbar.

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

Bei Siedewasserreaktoren (KKM und KKL) gelangt im Betrieb durch die Frischdampfleistung das Aktivierungsprodukt N-16 ins Maschinenhaus. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise wenig abgeschirmt ist, kann die Gammastrahlung des N-16 aus der Luft sehr gut detektiert werden. KKW mit Druckwasserreaktoren (KKG und KKB) weisen eine sehr geringe Gesamtstrahlung auf und sind in der Regel nicht erkennbar.

Ausserhalb der umzäunten Areale der Kernanlagen kann keine erhöhte künstliche Radioaktivität, die

nicht durch Tschernobyl oder die Kernwaffenversuche der sechziger Jahre erklärt werden kann, nachgewiesen werden. Der Aktivitätspegel in der Umgebung ist über die letzten 15 etwa konstant geblieben.