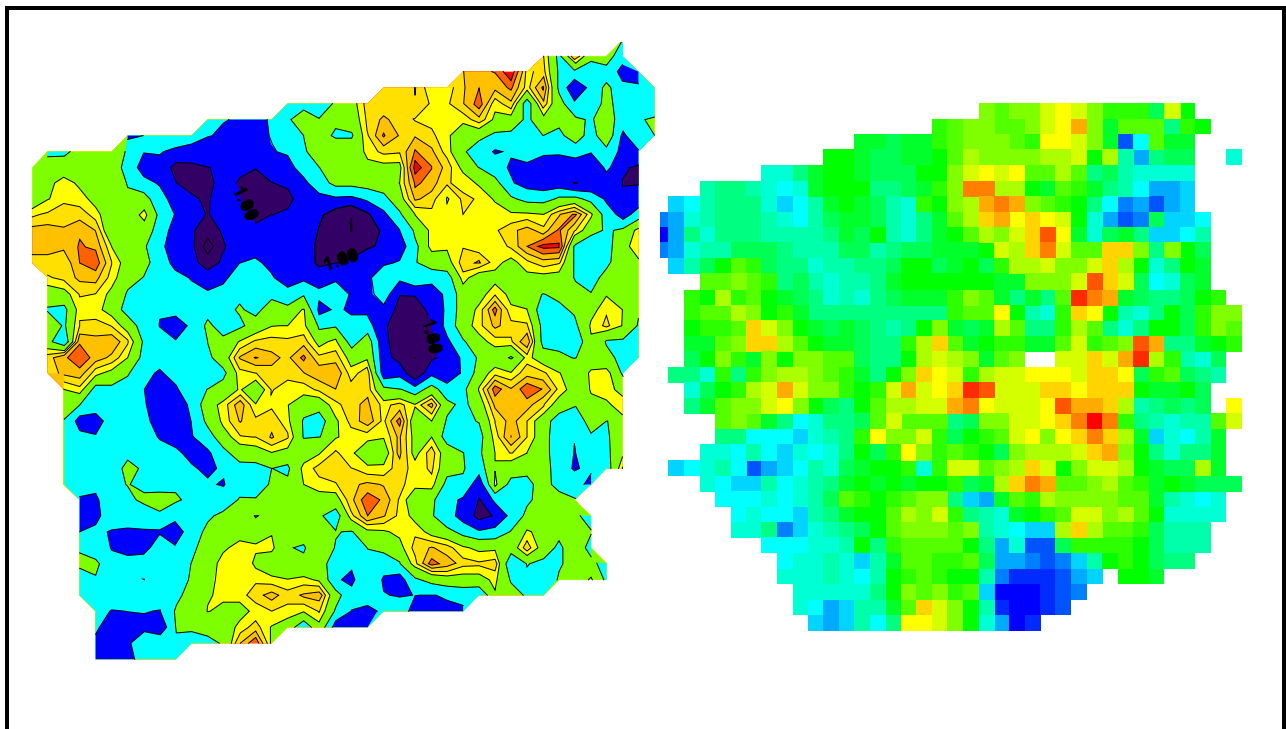


B. Bucher, L. Rybach, G. Schwarz, Chr. Bärlocher

Aeroradiometrische Messungen im Rahmen der Übung ARM97

Bericht für das Jahr 1997 zuhanden der Fachgruppe Aeroradiometrie
(FAR)



April 1998

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1 ZUSAMMENFASSUNG | 1 |
| 2 EINLEITUNG | 2 |
| 3 TEST DATENÜBERTRAGUNG | 3 |
| 4 KORREKTUREN | 4 |
| 4.1 Steigflug Oesterreich | 4 |
| 4.2 Radon | 6 |
| 4.3 Fluglinien | 7 |
| 5 ERGEBNISSE | 9 |
| 5.1 Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg | 10 |
| 5.2 Gemeinsamer Messflug mit Aeroradiometrie-Team Oesterreich | 11 |
| 5.2.1 Aeroradiometrische Messungen | 11 |
| 5.2.2 InSitu-Messungen | 12 |
| 5.3 Weisstannental | 14 |
| 5.4 Studer Kabelwerke AG, Däniken | 15 |
| 6 FAZIT | 16 |
| 7 AUSBLICK | 16 |
| 8 LITERATURHINWEISE | 16 |
| 9 BEILAGEN | 17 |

1 Zusammenfassung

Die aeroradiometrischen Messflüge vom 9. - 12. Juni 1997 hatten neben den zweijährlichen Messungen über den Kernkraftwerken Mühleberg und Gösgen einen gemeinsamen Messflug mit dem österreichischen Aeroradiometrie-Team im Grenzgebiet des Unterengadins sowie Messungen über einem geologisch bedingten Hot-Spot im Weisstannental (SG) zum Inhalt. Im weiteren wurden die Bestrahlungsquellen der Studer Kabelwerke AG in Däniken (SO) detailliert vermessen. Daneben wurde auch der Ausbildungsstand des Messteams gefestigt.

Das für die gemeinsame Übung mit dem österreichischen Messteam ausgewählte Gebiet liegt im Grenzgebiet des Unterengadins auf österreichischer Seite. Aufgrund von radiometrischen Messungen an Bachsedimenten wurde für dieses Gebiet mit erhöhten Urankonzentrationen gerechnet. Die extreme Topographie mit Höhenunterschieden von gegen 1'500 m stellen eine grosse Herausforderung für Piloten, Messteam sowie Material dar. Die Aktivitätskarten der beiden Teams weisen eine übereinstimmende Dynamik auf. Das Wertenniveau liegt jedoch teilweise weit auseinander. In allen Karten weisen die österreichischen Messungen bis gegen den Faktor 2 höhere Werte aus. Die gleichzeitig mit den Messflügen durchgeführten Bodenmessungen durch Messequipen der SUEr und der HSK verifizieren die tieferen Werte der schweizerischen Ergebnisse. Dies weist auf eine gute Kalibration der schweizerischen Apparatur hin. Weitere Auswertungen und Vergleiche der Ergebnisse der zwei Teams werden folgen.

Im Rahmen der zweijährlichen Messungen über den Kernanlagen wurden dieses Jahr die Gebiete der Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg vermessen. Die Resultate zeigen das gleiche Bild wie in früheren Jahren. Das Kernkraftwerk Gösgen konnte auf den Aktivitätskarten nicht erkannt werden. Bei den diesjährigen Messungen konnten die Quellen der Studer Kabelwerke AG nicht wie in früheren Jahren erkannt werden. Dies ist einerseits auf die erhöhten Abschirmungsmassnahmen sowie auf Abweichungen von der Fluglinie zurückzuführen. Bei den detaillierten Messungen über dem Fabrikgebäude konnten die Quellen jedoch erkannt werden. Das KKW Mühleberg konnte aufgrund der hochenergetischen ^{16}N - Strahlung klar detektiert werden. Ausserhalb der Kernanlagen konnte keine erhöhte Radioaktivität festgestellt werden, die nicht auf den Atomwaffen- und Tschernobyl-Fallout zurückgeführt werden könnte. Der Aktivitätspegel hat sich im Vergleich zu den letzten Jahren nicht verändert. Da das Gebiet um das KKW Mühleberg dieses Jahr in zwei Flügen an zwei verschiedenen Tagen vermessen wurde, konnte das Radonproblem anhand einer Bänderung in der Bismuth-214 Karte klar identifiziert werden.

Die Hot-Spots im Weisstannental konnten aus der Luft nicht detektiert werden. Dies ist auf die geringe Grösse der für die Hot-Spots verantwortlichen Gesteinspartien zurückzuführen.

2 Einleitung

Aeroradiometrische Messungen in der Schweiz begannen 1986. Methodik und Software für Kalibrierung, Datenerfassung, Datenverarbeitung und Kartendarstellung wurde am Institut für Geophysik der ETH Zürich entwickelt. In der Zeit von 1989 bis 1993 wurde die Umgebung der schweizerischen Kernanlagen jährlich aeroradiometrisch vermessen. Im Jahre 1994 ging man zu einem Zweijahresrhythmus über, wobei abwechslungsweise zwei bzw. drei Gebiete mit nuklearen Installationen vermessen werden.

Seit 1994 ist 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 die Bereitstellung des Messsystems werden weiterhin vom Institut für Geophysik der ETHZ übernommen.

Messgeräte

Das Messsystem besteht aus einem NaI-Detektor mit 16.8 l Volumen. Das Spektrometer weist 256 Kanäle auf und besitzt einen automatischen Gain Control. Die Steuerung des Systems und die Erfassung und Speicherung der Daten erfolgt mit einem Industrie-PC. Für die Positionierung wird GPS verwendet. Gleichzeitig mit dem aufgenommen Spektrum und der Position werden Luftdruck, Aussentemperatur, Radarhöhe und Lagewinkel des Helikopters aufgezeichnet.

Das ganze Messsystem wird bei den Messflügen in einen Super-Puma-Helikopter der Armee eingebaut. Dieser Helikoptertyp bietet sehr gute Navigationsmöglichkeiten und erlaubt durch seine Blindflugtauglichkeit auch Notfalleinsätze bei schlechtem Wetter.

Messflüge

Der Vorteil von gammaspektrometrischen Messungen liegt in der grossen Geschwindigkeit, in der ein grosses Messgebiet abgedeckt werden kann. Es ist mit der Aeroradiometrie auch möglich in unzugänglichen Gebieten Messungen durchzuführen.

Um das Messgebiet gleichmässig abzudecken, werden die Flüge in einem regelmässigen Raster durchgeführt. Das Raster besteht aus parallelen Fluglinien, die je nach Aufgabenstellung 100 - 500 m auseinander liegen. Die Flughöhe wird nach Möglichkeit konstant bei 90 m über Grund gehalten.

Auswertung

Die Auswertung der erfassten Daten erfolgt mit dem Software-Paket 'Gamero'. Ihm liegt das in Schwarz (1991) beschriebene Auswerteverfahren für aeroradiometrische Daten zugrunde. Bei Vergleichen von aeroradiometrischen Messungen mit gammaspektrometrischen Bodenmessungen ist die unterschiedliche Auflösung der beiden Methoden (Aeroradiometrie: Mittelwert über Gebiet von 300x300 m; Bodenmessung: abgedeckte Fläche ca. 10x10 m) zu beachten.

3 Test Datenübertragung

Während den Messflügen im Rahmen der Übung ARM97 wurden Tests für die Datenübertragung vom Helikopter zu einer Bodenstation durchgeführt. Zu diesem Zweck wurde ein Natel-D eingesetzt. Von einem Laptop aus wurden während des Fluges im Gebiet des KKW Mühleberg Daten via Natel-D über das Telefonnetz auf einen Computer am Boden übertragen. Diese Art der Datenübermittlung funktioniert grundsätzlich. Sie ist jedoch vom Natel-Netz in der Schweiz abhängig. Es ist deshalb vor allem in schlecht abgedeckten Gebieten (vor allem in den Alpen) mit Übertragungsproblemen zu rechnen, da keine stabile Verbindung aufgebaut werden könnte. Im Schweizer Mittelland kann diese Art der Datenübertragung durchaus funktionieren.

Der Markt auf dem Gebiet der Telekommunikation ist zur Zeit einem grossen und schnellen Wandel unterworfen. Laufend erscheinen neue und leistungsfähigere Geräte auf dem Markt. Eine Festlegung auf ein bestimmtes Kommunikationsmittel scheint deshalb im Moment nicht opportun. Es gilt, den Markt zu verfolgen und verschiedene Möglichkeiten im Massstab 1:1 zu testen.

4 Korrekturen

Bei der Auswertung der gemessenen Daten gelangen verschiedene Korrekturen zur Anwendung. Neben dem Background von Helikopter, Apparatur, kosmischer Strahlung und umgebender Luft werden eine Stripping-Korrektur sowie eine Höhen- oder auch Topographiekorrektur angewandt. Bei der Auswertung der Daten musste zur Kenntnis genommen werden, dass aufgrund von Sprüngen in den GPS-Positionen für gewisse Fluglinien eine Korrektur an einzelnen GPS-Positionen vorgenommen werden sollte.

4.1 Steigflug Oesterreich

Für die Höhen- bzw. Topographiekorrektur müssen die Abschwächungskoeffizienten der Luft bekannt sein. Um diese zu bestimmen, wurde ein Steigflug durchgeführt. Um auch einen Vergleich mit den Ergebnissen des österreichischen Messteams zu erhalten, wurde der Steigflug innerhalb des gemeinsamen Messfluges im Unterengadin auf österreichischem Gebiet gemessen. Der Ort des Steigfluges lag im Inntal.

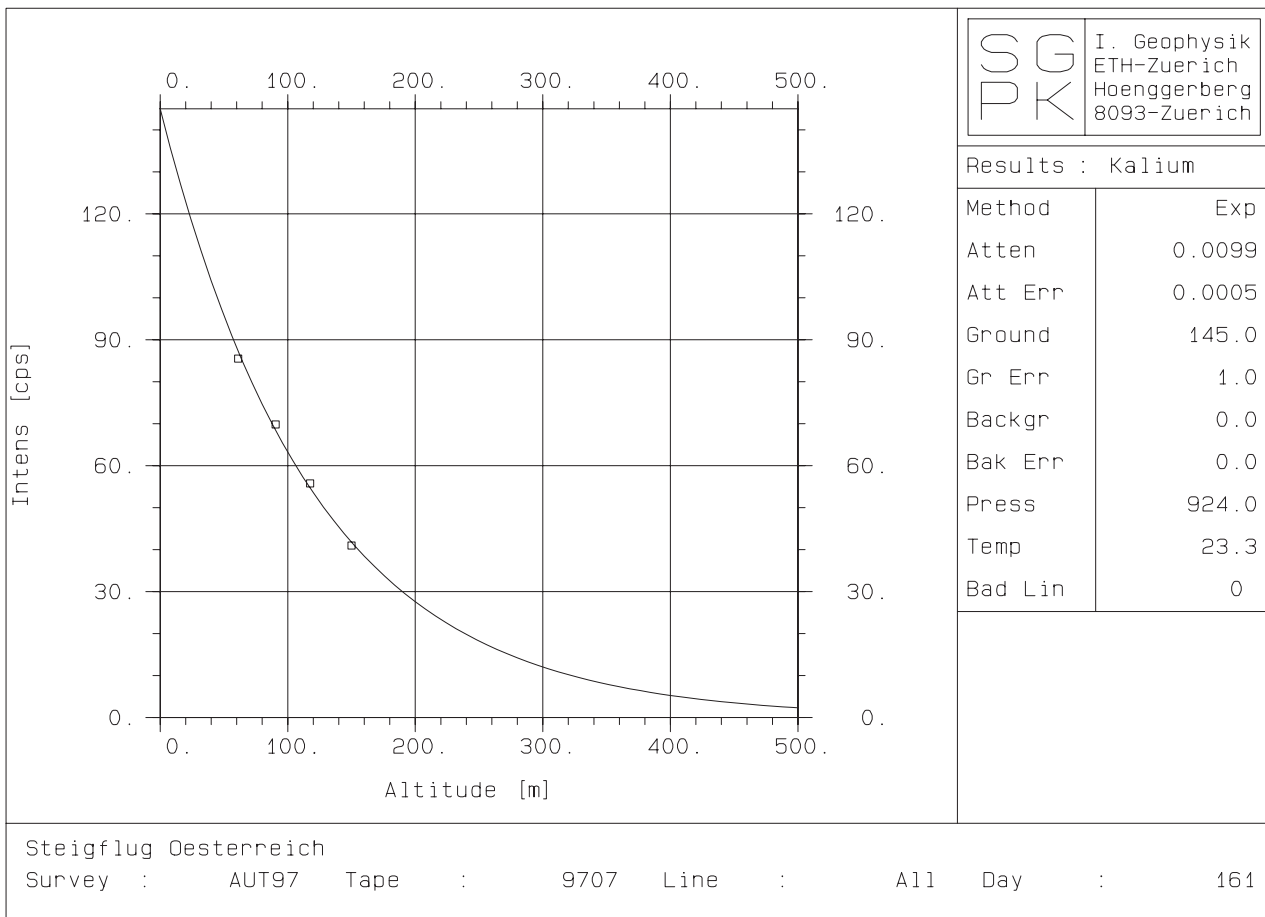


Abbildung 1: Ergebnisse des Steigfluges im Kaliumfenster.

Die Resultate waren sehr unterschiedlich für die verschiedenen Fenster. Während im Total-, Kalium-, Thorium- und Cäsiumfenster gute Ergebnisse erzielt wurden (Abbildung 1; K), konnten die Daten im Uran- und Kobaltfenster unmöglich vernünftig ausgewertet werden (Abbildung 2; U). Die Probleme im Uranfenster wurden durch Radon und seine Tochterprodukte in der Luft verursacht, was auch die Ergebnisse des österreichischen Teams bestätigte.

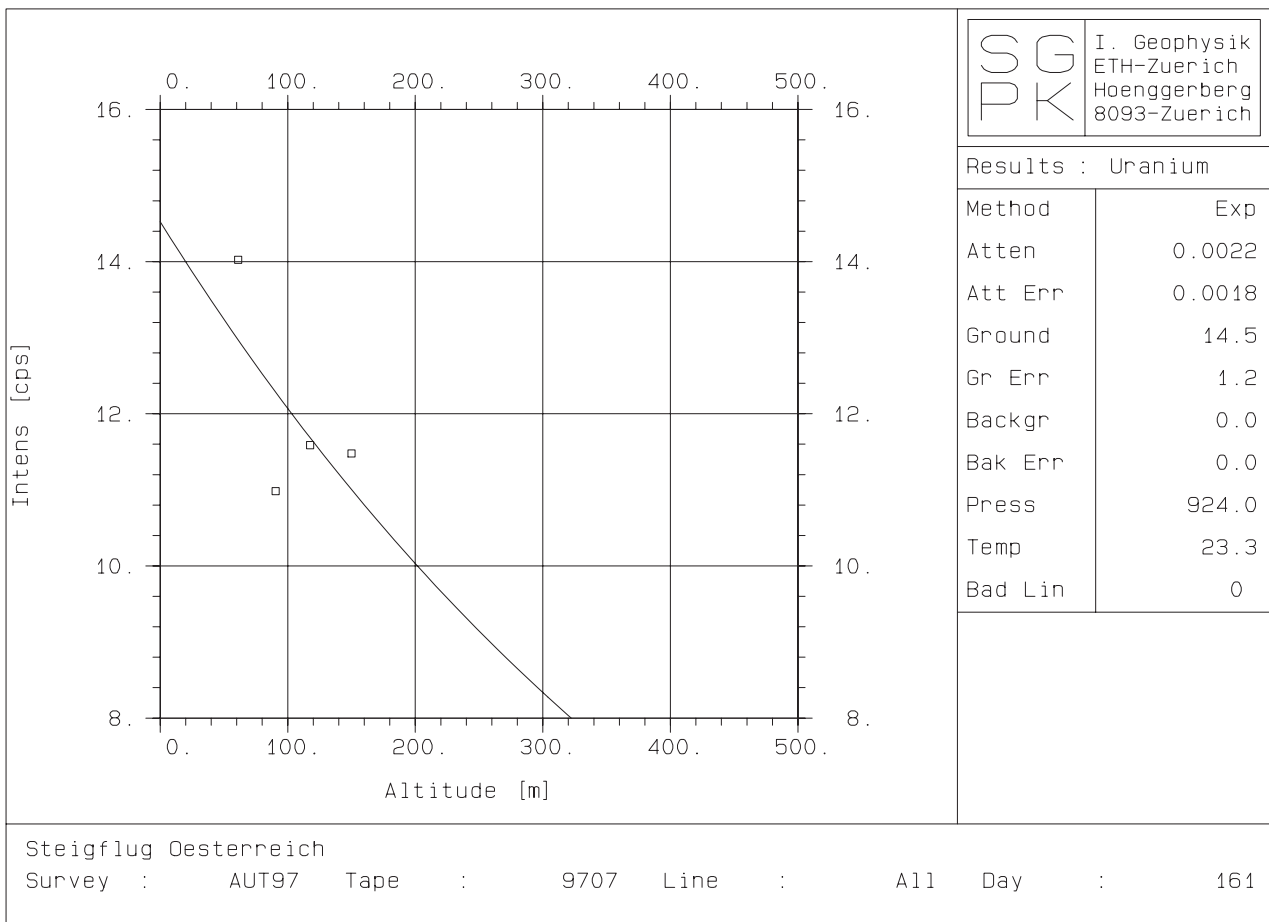


Abbildung 2: Ergebnisse des Steigfluges im Uranfenster.

Die vernünftigen Ergebnisse für die Abschwächungskoeffizienten, die aus diesem Steigflug berechnet wurden, sind in der Tabelle 1 dargestellt. Sie liegen in etwa im Bereich der bei früheren Steigflügen bestimmten Abschwächungskoeffizienten. In der Tabelle 1 sind auch alle in den letzten Jahren bestimmten Abschwächungskoeffizienten zusammengefasst.

Tabelle 1: Abschwächungskoeffizienten bestimmt aus Steigflügen der letzten Jahre.

| Fenster | Abschwächungskoeffizienten [m ⁻¹] im Jahre | | | | | | Durchschnitt | Literaturwerte |
|-------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|----------------|
| | 1989 | 1991 | 1992 | 1994 | 1995 | 1997 | | |
| Total | 0.0078 | | 0.0068 | 0.0051 | 0.0067 | 0.0068 | 0.0066 | |
| ⁴⁰ K | 0.0060 | 0.0048 | 0.0060 | 0.0074 | 0.0094 | 0.0099 | 0.0073 | 0.0068 |
| ²¹⁴ Bi | 0.0046 | 0.0047 | 0.0046 | 0.0045 | 0.0060 | | 0.0049 | 0.0061 |
| ²⁰⁸ Tl | 0.0049 | 0.0039 | 0.0049 | 0.0050 | 0.0066 | 0.0075 | 0.0055 | 0.0051 |
| ¹³⁷ Cs | 0.0092 | 0.0073 | 0.0092 | 0.0085 | | 0.0158 | 0.0100 | 0.0100 |
| ⁶⁰ Co | 0.0075 | | 0.0075 | | | | 0.0075 | 0.0080 |
| MMGC1 | 0.0081 | | 0.0081 | 0.0052 | 0.0066 | 0.0068 | 0.0070 | |
| MMGC2 | 0.0077 | | 0.0077 | 0.0053 | 0.0073 | 0.0068 | 0.0070 | |

Das arithmetische Mittel der Abschwächungskoeffizienten der letzten Jahre stimmt ziemlich gut mit Literaturwerten überein. Einzig der Abschwächungskoeffizient für ²¹⁴Bi zeigt eine grössere Abweichung. Die Bestimmung des Abschwächungskoeffizienten für ²¹⁴Bi birgt wie oben gesehen gewisse Probleme in sich. Insbesondere wirkt jegliche Radonkonzentration in der Luft störend, vor allem wenn keine konstante Konzentration über die Höhe vorliegt.

4.2 Radon

Wie bereits im vorhergehenden Kapitel angedeutet, führt Radon in der Atmosphäre zu gewissen Problemen bei der Auswertung und Interpretation der Daten. Das Radon, insbesondere sein Tochterisotop ^{214}Bi , beeinflusst das Uranfenster, welches hauptsächlich auf die Gammastrahlung von ^{214}Bi ausgerichtet ist. Da in den letzten Jahren keine grösseren Probleme im Zusammenhang mit Radon auftraten, wurde es auch nicht näher betrachtet. In diesem Jahr wurde es aufgrund verschiedener Gegebenheiten sehr deutlich erkannt. Einerseits wurde das Gebiet des KKW Mühleberg an zwei verschiedenen Tagen vermessen, was zu einer Bänderung in der Aktivitätskarte für das ^{214}Bi führte (Abbildung 3). Andererseits wurden beim gemeinsamen Flug mit dem österreichischen Aeroradiometrieteam Urananomalien gesucht, was durch das Radon in der Luft erschwert wurde. Im weiteren wurde, wie oben gesehen, der Steigflug im Inntal im Uranfenster sehr stark durch Radon gestört.

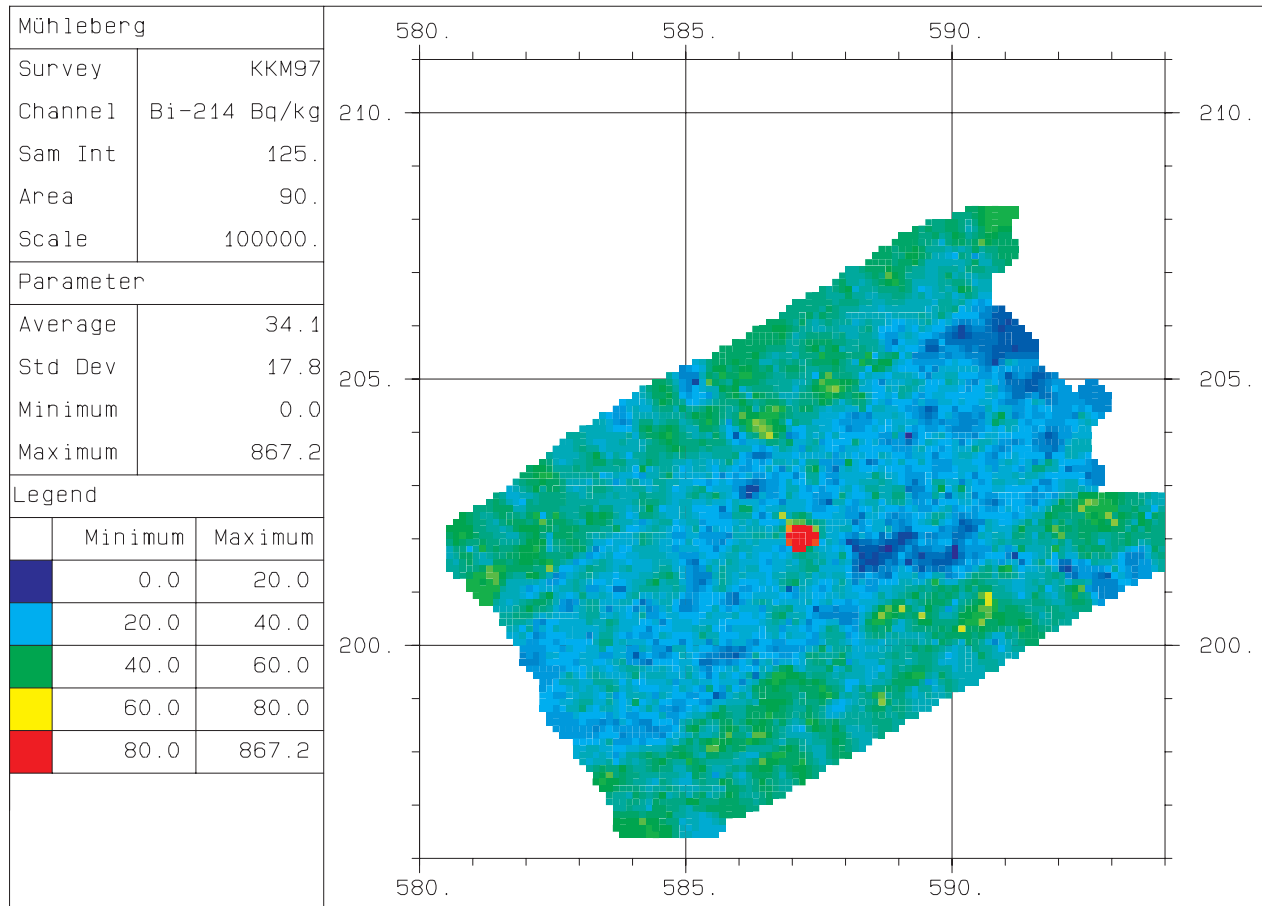


Abbildung 3: Aktivitätskarte für ^{214}Bi im Gebiet des KKW Mühleberg ohne Radonkorrektur. Der Hotspot über dem KKW Mühleberg wird durch die ^{16}N -Strahlung verursacht.

Da wir die Radonkonzentration während des Fluges nicht direkt messen können, ist eine absolute Korrektur äusserst schwierig. Bei der Bänderung in der Aktivitätskarte wurde mit verschiedenen Radonkorrekturen versucht, die Bänderung wegzukriegen, was auch gelang. Die entsprechende Radonkorrektur für die Gebiete, die beim zweiten Flug vermessen wurden, betrug 4 cps im Uranfenster. Dies entspricht einer Aktivitätsüberschätzung von rund 16 Bq/kg und somit einer Dosisüberschätzung von ca. 8 nSv/h. Bei einer mittleren terrestrischen Dosisleistung von rund 60 nSv/h in diesem Gebiet ist dies doch eine beträchtliche Überschätzung, die durch das Radon in der Atmosphäre verursacht wird. Die beschriebene Überschätzung entspricht jedoch nicht dem gesamten Radon in der Luft sondern nur der Konzentrationsdifferenz zwischen den beiden Messflügen. Die gesamte Radonkonzentration kann nur abgeschätzt werden. Sie scheint stark von

der Wetterlage abhängig zu sein und unterliegt grossen Schwankungen. Sie kann auch abhängig von Geologie und Topographie von Ort zu Ort stark variieren.

Bei der gemeinsamen Messung mit dem österreichischen Aeroradiometrie-Team wurde zusätzlich zum gemeinsamen Messgebiet ein Linie über einem nahegelegenen Stausee vermessen. Die Zählraten innerhalb eines Fensters sollten nach Abzug des Backgrounds (kosmisch, Helikopter, Geräte) ungefähr null sein. Das Uranfenster zeigte über dem Stausee jedoch korrigierte Zählraten von über 10 cps (Abbildung 4), was auf eine hohe Radonkonzentration in der Luft hinweist. Das österreichische Team, das einen Up-Looking-Detektor für die Radonkorrektur besitzt, bestätigte die hohen Radonkonzentrationen.

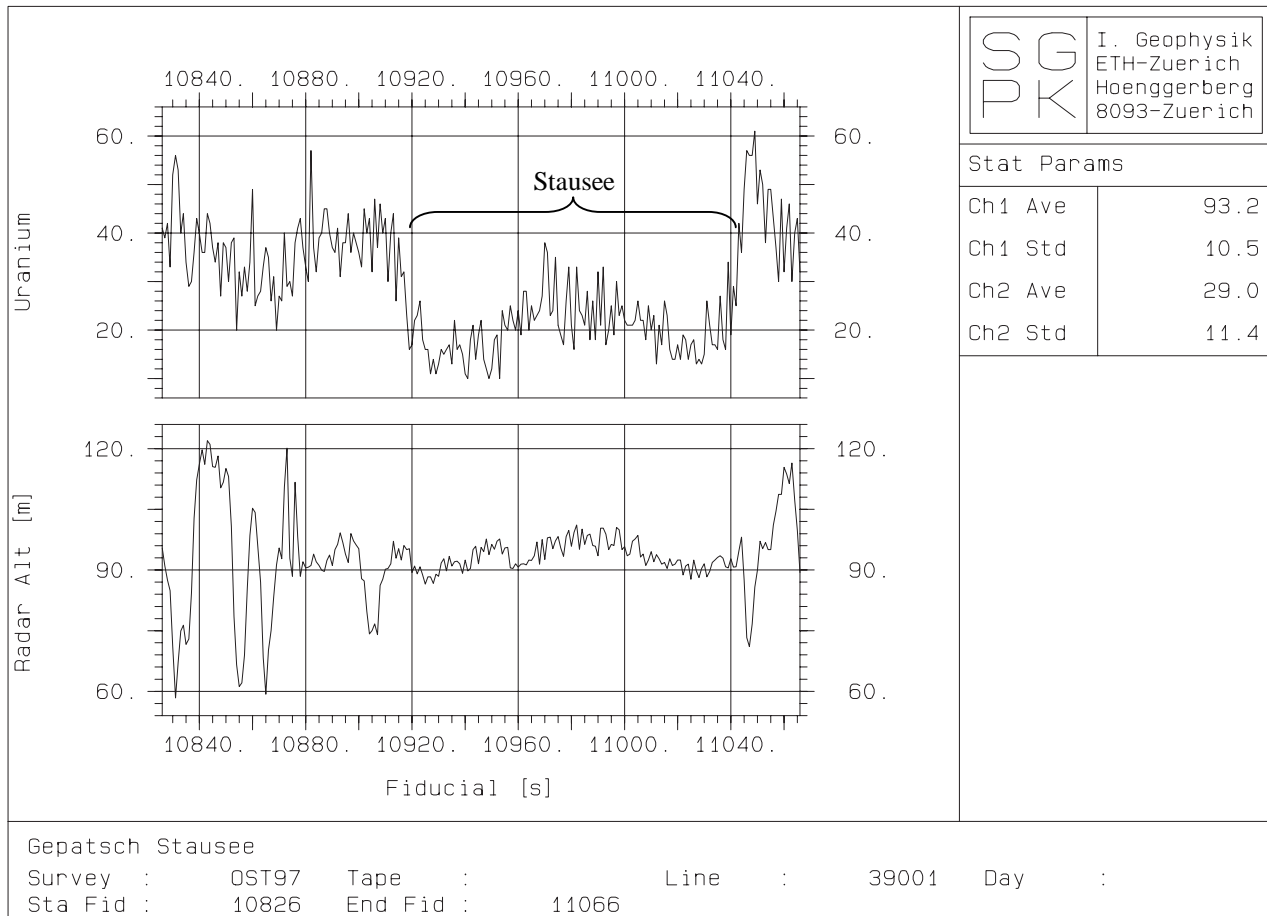


Abbildung 4: Korrigierte Zählraten im Uranfenster über dem Stausee.

Wie bereits im Kapitel 4.1 gesehen, trat auch beim Steigflug ein Radonproblem auf, das eine Bestimmung des Abschwächungskoeffizienten für das Uranfenster verunmöglichte. Auch das österreichische Team machte diese Erfahrungen.

4.3 Fluglinien

Bei der Auswertung der Daten aus der Übung ARM97 fielen „Sprünge“ innerhalb der Fluglinien auf, die nicht auf das Manövrieren der Piloten zurückgeführt werden konnten. Die grössten „Sprünge“ tauchten beim Messgebiet im Unterengadin auf. Dieses Messgebiet wies auch die stärkste Topographie auf und stellte eine grosse Herausforderung für die Crew sowie das Material dar.

Beim genaueren Betrachten der aufgenommenen Daten für die Positionierung und somit für den Flugpfad fiel auf, dass die zur Positionierung verwendeten Satelliten von Zeit zu Zeit änderten. Diese Änderung in der Satellitenkonstellation bewirkte teilweise „Sprünge“ von mehreren hundert

Metern in den bestimmten Positionen (Abbildung 5). In diesem stark zerklüfteten Messgebiet scheint das verwendete GPS-System an seine Grenzen zu stossen, da aufgrund der Topographie und der damit verbundenen, ändernden Position des Helikopters häufiger Änderungen in der Satellitenkonstellation stattfinden. Teilweise waren für eine Positionierung auch zu wenige Satelliten im Sichtbereich.

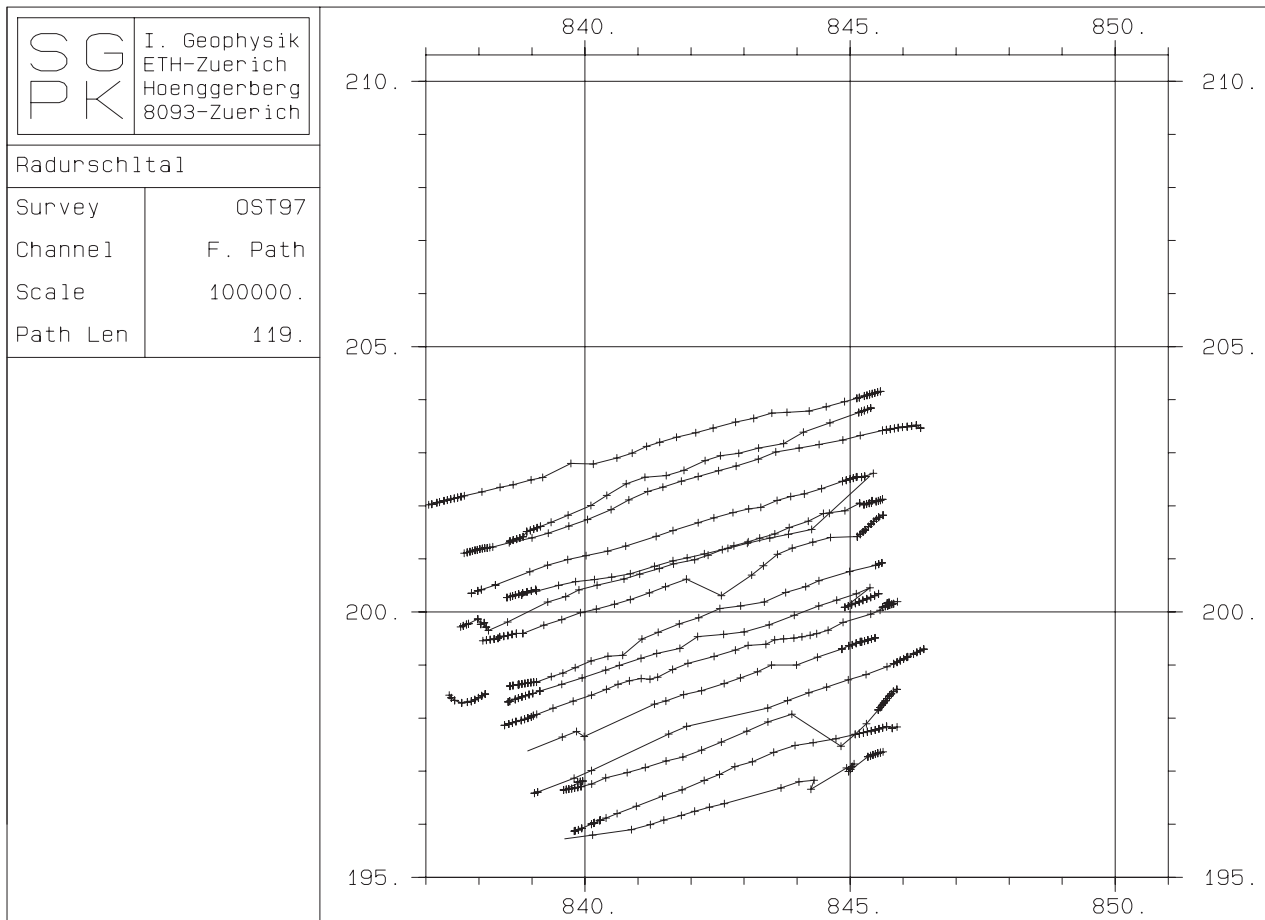


Abbildung 5: Unkorrigierte Flugpfade im Messgebiet des Unterengadins.

Für die detaillierte Auswertung der Daten wurden die Flugpfade der Messgebiete in den Alpen korrigiert, d.h. im Bereich der „Sprünge“ wurde der Flugpfad linear interpoliert. Die Ergebnisse der Messflüge werden damit jedoch nicht essentiell verändert.

5 Ergebnisse

Die Messungen von 1997 erfolgten mit einem Super-Puma der Armee in der Zeit vom 9.6.1997 bis zum 12.6.1997. Die Messflüge standen unter der Leitung von Dr. D. Frei (NAZ).

Im Auftrag der HSK wurden die beiden Messgebiete KKG und KKM bereits mehrmals vermessen. Auch 1997 wurden für die Messungen dieselben Flugparameter (Tabelle 2) verwendet. In der gemeinsamen Übung mit dem österreichischen Aeroradiometrieteam der geologischen Bundesanstalt wurde ein Gebiet im Unterengadin auf österreichischer Seite vermessen. Jedes Team hat das selbe Gebiet mit den selben Flugparametern abgedeckt. Zusätzlich wurde eine Linie über dem nahegelegenen Gepatsch-Stausee geflogen. Im Inntal wurde noch ein Steigflug für die Interkalibration der Messgeräte durchgeführt. Im weiteren wurden ein Gebiet im Weisstannental (SG), wo eine Schulklasse bei früheren Messungen gefundene, lokale Uranvererzungen (sogenannte Hot-Spots) bestätigt hatte, sowie die Gebäude mit Bestrahlungsquellen der Studer Kabelwerke AG in Däniken vermessen. Die Daten über diese Flüge sind in der (Tabelle 3) zusammengefasst.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Flugparameter, die in der Übung ARM97 verwendet wurden.

| Messgebiet | Längslinien- abstand [m] | Fläche [km ²] | Flughöhe [m] | Flugrichtung [Grad] | Fluggeschwin- digkeit [m/s] | Sample- Intervall [s] |
|----------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Mühleberg | 250 | 90 | 100 | 60/240 | 30 | 1 |
| Österreich | 500 | 64 | 100 | 75/255 | 30 | 1 |
| Weisstannental | 250 | 3 | 100 | 0/180 | 30 | 1 |
| Gösgen | 250 | 55 | 100 | 90/270 | 30 | 1 |

Tabelle 3: Zusammenstellung der Flugdaten der Übung ARM97.

| Messgebiet | Flug-Nummern | Datum | Fluglinien | Eff. Messzeit [s] | Flugstrecke [km] |
|-------------------|--------------|---------|--------------|----------------------|---------------------|
| Mühleberg | 9702 | 9.6.97 | | 3220 | 320 |
| | 9703 | 9.6.97 | 8-22 | 1660 | |
| | 9712 | 11.6.97 | | 3100 | |
| | 9713 | 11.6.97 | 1-7/23-29 | 1000 | |
| Österreich | 9705 | 10.6.97 | 5-14 | 2800 | 116 |
| | 9706 | 10.6.97 | 1-4 | 900 | |
| Weisstannental | 9708 | 10.6.97 | 1-5 | 450 | 13 |
| Gösgen | 9709 | 11.6.97 | 9-21, 25 | 2900 | 218 |
| | 9710 | 11.6.97 | 1-8/22-29 | 3300 | |
| Studer Kabelwerke | 9711 | 11.6.97 | Quellensuche | 500 | 23 |
| Eichflug | 9707 | 10.6.97 | Steigflug | 130 | |

5.1 Kernkraftwerke Gösgen und Mühleberg

Für beide Gebiete wurde eine Ortsdosisleistungskarte, eine Karte der ^{137}Cs Aktivität sowie eine Karte des MMGC-Ratios (MMGC: Man Made Gross Count, vgl. Schwarz 1991) erstellt. Die Kartendarstellung der Resultate erfolgten in schweizerischen Landeskoordinaten. Die Pixelgrösse beträgt 125x125m. Ausser für die Flugwegkarten, wird für die Darstellung der gemessenen bzw. berechneten Werte eine lineare 25-stufige Farbskala verwendet (blau-cyan-grün-gelb-rot (zunehmende Werte)). Die Wertebereiche der Grundfarben sind in der Kartenlegende angegeben. Ferner wird in den Kartenlegenden der Mittelwert, dessen Standardabweichung sowie Minimum und Maximum aller Daten im Messgebiet aufgeführt.

Das Kernkraftwerk Gösgen wurde zur Zeit der Messflüge gerade revidiert und war deshalb abgeschaltet.

Der Siedewasser-Reaktor KKM war während der Messungen in Betrieb. Durch die Frischdampfleitung gelangt das Aktivierungsprodukt ^{16}N (aus der Reaktion $^{16}\text{O} (n,p) ^{16}\text{N}$, $T_{1/2}=7.3\text{s}$) ins Maschinenhaus. Da das Dach des Maschinenhauses vergleichsweise wenig abgeschirmt ist, kann die hochenergetische Gammastrahlung des ^{16}N (zwei Gammalinien bei 6.13MeV und 7.11MeV) aus der Luft sehr gut detektiert werden. Die Streustrahlung der ausgesandten ^{16}N -Quanten kann im gesamten Spektrum festgestellt werden.

Die hochenergetische Stickstoffstrahlung ist bei der Auswertung der Daten störend. Weil nicht dieselben Strippingfaktoren wie für die kosmische Strahlung gelten, werden alle Fenster beeinflusst. Während in den Hochenergetischen- und Summen-Fenstern zu hohe Werte auftreten, ergeben sich im Cäsiumfenster durch die Strippingkorrektur zu niedrige Werte. Am stärksten wird der MMGC-Ratio beeinflusst. Der MMGC-Ratio kann mit einer Korrektur modifiziert werden (Schwarz et al. 1991b), um die tatsächlichen Verhältnisse darstellen zu können. Bei der Darstellung des korrigierten MMGC-Ratio ist das KKW Mühleberg sehr deutlich zu erkennen.

Beilagen KKG und KKM

Beilage 1: Flugwege im Messgebiet KKG. Das Dreieck bezeichnet die Lage des KKW Gösgen. Die Flugwege wurden mit dem Satellitennavigationssystem GPS bestimmt. Der Standort des Kernkraftwerks ist mit einem Dreieck gekennzeichnet.

Beilage 2: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) Messgebiet KKG. Das KKG ist nicht zu erkennen. Die grossräumige Variation der Werte korreliert gut mit den Unterschieden in der Vegetation (Wiesen=>hoch, Wald und Flüsse=>niedrig).

Beilage 3: ^{137}Cs Aktivität (Bq/kg) Messgebiet KKG.

Das Kartenbild zeigt durchwegs normale Werte. Das KKG ist nicht zu erkennen.

Beilage 4: MMGC-Ratio (%) Messgebiet KKG.

Der Standort des KKG ist nicht erkennbar.

Beilage 5: Flugwege im Messgebiet KKM. Das Dreieck bezeichnet den Standort des KKW Mühleberg.

Die Flugwege wurden mit dem Satellitennavigationssystem GPS bestimmt. Der Standort des Kernkraftwerks ist mit einem Dreieck gekennzeichnet.

Beilage 6: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) Messgebiet KKM.

Durch den ^{16}N -Effekt ist der Standort des KKM auf der Ortsdosisleistungskarte klar ersichtlich. Die aus der Luft bestimmte Ortsdosisleistung von 1142 nSv/h ist eine grobe Näherung des tatsächlichen Wertes. So wurden bei der Berechnung der Ortsdosisleistung weder Quellgeometrie noch der ausgeprägte hochenergetische Strahlungsanteil der ^{16}N -Strahlung berücksichtigt. In der Umgebung des KKM treten durchwegs normale Werte auf.

Die grossräumige Variation der Werte korreliert gut mit den Unterschieden in der Vegetation (Wiesen(hoch), Wald und Flüsse(niedrig)). Das Wertenniveau entspricht demjenigen der Messungen der Übung ARM95 im Gebiet KKM.

Beilage 7: ^{137}Cs Aktivität (Bq/kg) Messgebiet KKM.

Wegen der Störung durch die ^{16}N -Strahlung ist das KKM in der ^{137}Cs Karte nicht zu erkennen. Die Werte im Bereich des KKW sind durch das Stripping eher zu tief. In der Umgebung des KKM treten durchwegs normale Werte auf.

Beilage 8: MMGC-Ratio (%) Messgebiet KKM.

Das KKW Mühleberg ist auf der MMGC-Ratio Karte als Minimum gut zu erkennen. Das Minimum wird dadurch verursacht, dass die hochenergetische Stickstoffstrahlung bei der Strippingkorrektur zu tiefe Werte für die tiefeenergetischen Spektrumsbereiche liefert, während die Werte für den hochenergetischen Bereich zu hoch liegen. Das Wertenniveau entspricht demjenigen der Messungen der Übung ARM95 im Gebiet KKM.

Beilage 9: Modifizierter MMGC-Ratio (%) im Messgebiet KKM.

Das KKW Mühleberg ist klar durch den Peak zu erkennen.

5.2 Gemeinsamer Messflug mit Aeroradiometrie-Team Oesterreich

In einem gemeinsamen Messflug mit dem österreichischen Aeroradiometrie-Team der geologischen Bundesanstalt in Wien wurde am 10. Juni 1997 ein Messgebiet im Unterengadin auf österreichischem Gebiet vermessen (Schweizer Koordinaten 825000/196000 – 847000/204000). Gleichzeitig führten zwei Bodenequipen der HSK und der SUeR gammaspektrometrische Messungen am Boden durch, um für die Interkalibration der beiden Messsysteme unabhängige Vergleichswerte zu erhalten. Anschliessend wurde noch ein Steigflug im Inntal durchgeführt.

5.2.1 Aeroradiometrische Messungen

Aufgrund der starken Topographie stellten die aeroradiometrischen Messungen eine grosse Herausforderung für Piloten und Material dar. Die Leistungsfähigkeit des Messsystems konnte unter extremen Bedingungen unter Beweis gestellt und die Messung ohne grössere Probleme durchgeführt werden. Es wurden 14 Linien mit einem Linienabstand von 500 m und wenn möglich mit einer Flughöhe von 100 m geflogen. Bei der Auswertung bereitete das Radon in der Luft gewisse Probleme (Siehe auch Kapitel 4.2).

Die aufgrund von Messungen an Bachsedimenten erwarteten hohen Urankonzentrationen konnten mehrheitlich nicht bestätigt werden. Einzig im Osten des Messgebietes zeigten unsere Ergebnisse eine geringe Urananomalie. Auch die Ergebnisse für Thorium und Kalium wiesen keine extremen Anomalien auf. Die Aktivitäten des Cäsiums scheinen jedoch im Talgrund am höchsten zu sein, was auf Transportprozesse durch Wasser und Schnee zurückgeführt werden kann.

Vergleicht man die Ergebnisse des österreichischen Teams mit unseren, sind die durchwegs eher höheren Werte der österreichischen Resultate zu erkennen. Einzig die Aktivitäten für ^{208}Tl liegen in etwa auf dem gleichen Niveau. Die Dynamik hingegen stimmt in allen Fenstern ziemlich gut überein. Die Urananomalie im Osten des Messgebietes ist jedoch bei den österreichischen Resultaten nicht zu sehen. Es könnte sich dabei also auch um einen Artefakt handeln. Man muss jedoch auch bemerken, dass die Urankonzentration, die bei unseren Ergebnissen als Anomalie erscheint, in den österreichischen Ergebnissen bloss einen Durchschnittswert darstellt.

5.2.2 InSitu-Messungen

Zwei Bodenequipen der HSK und der SUEr führten an 8 Punkten im Messgebiet hochauflösende Bodengammaskpektrometrie mit Halbleiter-Detektoren durch (Tabelle 4 und Tabelle 5). Ein Messpunkt (RA3) wurde von beiden Equipen gemessen, um einen Vergleich der Resultate zu haben. Im weiteren wurden an 2 Punkten Bodenproben aus verschiedenen Tiefen genommen, die anschliessend im Labor gemessen wurden.

Die Ergebnisse dieser Bodenmessungen weisen auf eine extrem hohe Radonemanation hin. Dies kann durch eine gute Durchlüftung des Untergrundes verursacht werden, oder aber es wurde seit der Ablagerung des Materials im Talgrund noch kein Gleichgewicht in der ganzen Uranreihe erreicht. Die Aktivität des ^{226}Ra ist auf jeden Fall im Messpunkt auf Radurschlalm in der Nähe der von uns registrierten Urananomalie bedeutend höher als im Messpunkt westlich in der Nauderer Tschey. Sonst zeigen die Resultate der Bodenmessungen keine bedeutenden Anomalien. Im Bodenprofil zeigen die Cäsiumkonzentrationen eine sehr rasche Abnahme mit der Tiefe. Nur in den obersten zwei Zentimetern sind hohe Konzentrationen vorhanden.

Tabelle 4: Ergebnisse der Bodenmessungen des HSK-Teams (Baur/Schibli).

| | RA1 | | RA2 | | RA3 | | RA4 | | RA5 | |
|---------------------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| Höhe über Meer | 1'930 m | | 1'870 m | | 1'795 m | | 1'770 m | | 1'700 m | |
| | Bq/kg | nGy/h | Bq/kg | nGy/h | Bq/kg | nGy/h | Bq/kg | nGy/h | Bq/kg | nGy/h |
| ^{40}K | 620±50 | 26±3 | 680±60 | 28±3 | 740±70 | 31±3 | 810±80 | 34±3 | 680±60 | 28±3 |
| $^{238}\text{U-Serie}$ | | 14±2 | | 14±2 | | 20±2 | | 15±2 | | 15±2 |
| ^{226}Ra | 65±30 | | 65±30 | | 250±40 | | 160±30 | | 76±30 | |
| $^{214}\text{Pb/Bi}$ | 31±3 | | 31±3 | | 40±3 | | 33±3 | | 33±3 | |
| $^{232}\text{Th-Serie}$ | | 17±2 | | 17±2 | | 14±2 | | 14±2 | | 15±2 |
| ^{228}Ac | 28±3 | | 27±3 | | 23±2 | | 24±3 | | 25±3 | |
| $^{212}\text{Pb/Bi}$ | 28±4 | | 29±4 | | 23±4 | | 27±4 | | 28±4 | |
| ^{208}Tl | 28±4 | | 30±3 | | 24±3 | | 29±3 | | 28±3 | |
| Terrestrisch | | 57±3 | | 59±3 | | 65±3 | | 63±3 | | 58±3 |
| Kosmisch | | 67±3 | | 65±3 | | 63±3 | | 63±3 | | 61±3 |
| Total natürlich | | 124±5 | | 124±5 | | 128±5 | | 126±5 | | 119±5 |
| Künstlich | | 17±2 | | 20±2 | | 13±2 | | 14±2 | | 19±2 |
| ^{134}Cs | 1.6±0.5 | | 1.7±0.5 | | 1.5±0.5 | | 1.3±0.6 | | 1.7±0.6 | |
| ^{137}Cs | 103±5 | | 120±5 | | 79±5 | | 84±5 | | 116±5 | |
| Total in situ | | 141±5 | | 144±5 | | 141±5 | | 140±5 | | 138±5 |
| Ion.-Kammer | | 135±5 | | 135±5 | | 140±5 | | 137±5 | | 131±5 |
| Total in situ/Ion. Kammer | | 1.04 | | 1.07 | | 1.01 | | 1.02 | | 1.05 |

Vergleicht man die Ergebnisse der Bodenmessungen mit denen der Aeroradiometrie, stellt man eine gute Übereinstimmung fest (Beilage 17). Die Resultate stimmen mit Abweichungen grösstenteils unter 20 % sehr gut überein. Dies lässt auch den Schluss zu, dass die österreichischen Resultate durchwegs zu hoch liegen.

Tabelle 5: Ergebnisse der Bodenmessungen des SUER-Teams (Murith/Astner).

| Messzeit 1Std pro Standort | RA3 | | RA6 | | RA7 | | RA8 | |
|--------------------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Höhe über Meer | 1'795 m | | 1'780 m | | 1'920 m | | 1'910 m | |
| Ion. Kammer nGy/h (1 m) | 140±5 | | 135±5 | | 135±5 | | 140±4 | |
| Natürlich | Bq/kg | nGy/h | Bq/kg | nGy/h | Bq/kg | nGy/h | Bq/kg | nGy/h |
| ⁴⁰ K | 750±50 | 30±2 | 730±50 | 30±2 | 570±50 | 242 | 640±50 | 27±2 |
| ²³⁸ U-Serie | | 18±1 | | 15±1 | | 151 | | 12±1 |
| ^{234m} Pa | 350±70 | | 100±60 | | <80 | | <80 | |
| ²²⁶ Ra | 155±25 | | 90±20 | | 59±17 | | 53±17 | |
| ²¹⁴ Pb/Bi | 40±3 | | 33±2 | | 32±2 | | 25±2 | |
| ²³⁵ U | 16±2 | | <4 | | <4 | | <4 | |
| ²³² Th-Serie | | 13±1 | | 13±1 | | 15±1 | | 15±1 |
| ²²⁸ Ac | 22±2 | | 22±2 | | 25±2 | | 25±2 | |
| ²¹² Pb/Bi | 21±3 | | 22±3 | | 24±3 | | 26±3 | |
| ²⁰⁸ Tl | 19±2 | | 23±2 | | 26±3 | | 25±2 | |
| Terrestrisch (nGy/h) | 61±3 | | 58±3 | | 54±3 | | 54±3 | |
| Kosmisch (nGy/h) | 64±3 | | 64±3 | | 67±3 | | 67±3 | |
| Total natürlich (nGy/h) | 125±5 | | 122±5 | | 121±5 | | 121±5 | |
| Künstlich | Bq/kg | Bq/m ² | Bq/kg | Bq/m ² | Bq/kg | Bq/m ² | Bq/kg | Bq/m ² |
| ¹³⁴ Cs Tschernobyl | 0.9±0.1 | 55±5 | 0.9±0.2 | 605 | 1.0±0.2 | 80±5 | 1.2±0.2 | 80±5 |
| ¹³⁷ Cs Tschernobyl | 50±3 | 3000±200 | 50±4 | 3350±30 | 55±5 | 4400±400 | 70±5 | 4700±300 |
| ¹³⁷ Cs Fallout | 22±3 | 2300±200 | 25±3 | 2250±200 | 35±3 | 7000±600 | 30±3 | 6000±600 |
| Tscher.+Fallout (nGy/h) | 8±1 | | 8±1 | | 11±1 | | 14±1 | |
| Total in situ (nGy/h) | 133±5 | | 130±5 | | 132±5 | | 135±5 | |
| Total in situ/Ion. Kammer | 0.95 | | 0.96 | | 0.98 | | 0.96 | |

Beilagen Messflug Radurschtal

Beilage 10: Korrigierte Fluglinien im Messgebiet Radurschtal.

Da die mit dem GPS bestimmten Koordinaten teilweise zu Sprüngen in den Fluglinien führten, wurden die Fluglinien an den entsprechenden Stellen interpoliert (vergleiche auch Abbildung 5).

Beilage 11: ²¹⁴Bi Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Radurschtal.

Klar zu erkennen sind hier die höheren Werte im Osten des Messgebietes. Die Werte sind jedoch absolut betrachtet nicht sehr hoch. Sie entsprechen in etwa 10 ppm Uran.

Beilage 12: ¹³⁷Cs Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Radurschtal.

Die Cäsium-Aktivitäten liegen in den Tälern etwas höher. Dies wird verursacht durch umweltbedingte Prozesse wie Auswaschung durch Regen, Transport durch Schneelawinen usw..

Beilage 13: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) im Messgebiet Radurschtal, berechnet aus Kalium-, Bismuth-, Thallium- und Cäsiumaktivitäten.

Die terrestrische Ortsdosisleistung stellt eine eigentliche Überlagerung der verschiedenen Aktivitätskarten dar. Sehr hohe Werte sind nicht zu erkennen.

Beilage 14: Vergleiche der österreichischen und der schweizerischen Ergebnisse im Messgebiet Radurschtal. Dargestellt sind die Konzentrationen von Kalium (%), Uran (ppm) und Thorium (ppm). Links sind jeweils die Resultate des österreichischen Teams abgebildet und rechts die entsprechenden Resultate des Schweizer Teams.

Deutlich ist das generell tiefere Wertenniveau der schweizerischen Ergebnisse zu erkennen. Die Dynamik stimmt hingegen relativ gut überein.

Beilage 15: Vergleich der von den beiden Messteams bestimmten natürlichen, terrestrischen Dosisleistung im Messgebiet Radurschtal. Links ist das Ergebnis des österreichischen Teams abgebildet, rechts dasjenige des schweizerischen.

Auch hier lässt sich das unterschiedliche Wertenniveau erkennen.

Beilage 16: Übersichtskarte des Messgebietes Radurschtal mit den 8 Messpunkten, an denen Bodengammaspektrometrie durchgeführt wurde.

Aufgrund der Topographie war es nur möglich in den Tälern Bodenmessungen durchzuführen. Der Messpunkt RA3 wurde von beiden Bodenequipen gemessen.

Beilage 17: Vergleiche von Ergebnissen aus Aeroradiometrie und Bodengammaspektrometrie im Messgebiet Radurschtal.

Die Ergebnisse der Aeroradiometrie (Resultate des Schweizer Teams) und der Bodenmessungen stimmen gut überein, was unter den gegebenen Rahmenbedingungen wie grosser Flughöhe über dem Tal, starker Topographie und ungleicher Auflösung der Messmethoden eher überrascht. Die Cäsium-Aktivitäten der Aeroradiometrie liegen tendentiell eher höher als diejenigen aus den Bodenmessungen. Beim Vergleich der natürlichen terrestrischen Dosisleistung liegen beinahe alle Punkte innerhalb der 20% Abweichungslinien.

Beilage 18: Bodenprofile gemessen an den Punkten RA3 (grün) und RA7 (rot) im Messgebiet Radurschtal.

Aus dem Bodenprofil des ^{137}Cs ist die deutlich inhomogene Tiefenverteilung ersichtlich. Die Cäsium-Konzentrationen sind in den obersten 2 Zentimetern relativ hoch und nehmen dann rasch ab. Dies könnte mit ein Grund für die Überschätzung der ^{137}Cs -Aktivität durch die Aeroradiometrie sein. Das ^{226}Ra -Profil zeigt eine Anomalie beim Punkt RA3, der in der Nähe der von uns detektierten Urananomalie im Osten des Messgebietes liegt. Diese Anomalie ist im Bodenprofil des ^{214}Bi nicht zu erkennen. Die Bismuth-Konzentrationen scheinen gegen die Oberfläche hin abzunehmen. Dies könnte durch einen höheren Biomasseanteil in der oberflächennahen Schicht oder durch Radonemanation verursacht werden. Die Bodenmessungen zeigten nämlich eine sehr hohe Radonemanation von gegen 75% auf. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass in diesem Boden aufgrund seiner eher jüngeren Entstehungsgeschichte nicht von einem Gleichgewicht innerhalb der Zerfallsreihen ausgegangen werden kann.

5.3 Weisstannental

Die Messungen im Weisstannental sollten zeigen, ob man die von einer Schulklasse gemessenen Uran-Hot-Spots aus der Luft detektieren kann. Mit 5 Linien mit einem Linienabstand von 250 m und der Flughöhe 100 m wurde das entsprechende Gebiet vermessen. Die Hot-Spots konnten aus der Luft nicht erkannt werden, was wohl darauf zurückzuführen ist, dass die für die Hot-Spots verantwortlichen Gesteinspartien zu klein sind.

Beilagen Weisstannental

Beilage 19: Korrigierte Fluglinien im Messgebiet Weisstannental.

Auch im Weisstannental wiesen die Fluglinien zum Teil Sprünge auf, die mit Hilfe von linearer Interpolation korrigiert wurden.

Beilage 20: ²¹⁴Bi Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Weisstannental.

In der Bismuth-Aktivitätskarte sind die Hot-Spots nicht zu erkennen. Die erhöhten Werte im Westen des Messgebietes müssen eine andere, noch unbekannte Ursache haben. Sie liegen jedoch nicht besonders hoch, entsprechen sie doch einer Urankonzentration von rund 10 ppm und ungefähr dem doppelten des Mittelwertes in diesem vermessenen Gebiet.

5.4 Studer Kabelwerke AG, Däniken

Bei einem Gebäude der Studer Kabelwerke AG in Däniken, wo zur Härtung von Kabeln Kobaltquellen eingesetzt werden, wurde das Flugverfahren zur Quellensuche geübt. Die einzelnen Quellen konnten so detektiert werden.

Beilagen Studer Kabelwerke AG

Beilage 21: Korrigierte Zählraten im Kobalt-Fenster über den Gebäuden der Studer Kabelwerke AG in Däniken mit den entsprechenden Flugwegen.

Über dem Gebäude der Studer Kabelwerke AG sind deutlich die erhöhten Werte zu erkennen, die durch die zur Kabelhärtung verwendeten Kobaltquellen verursacht werden. Die eher stärkeren Quellen sind aufgrund der stärkeren quellenseitig angebrachten Abschirmung eher schwächer zu erkennen als die schwach abgeschirmten schwächeren Quellen.

6 Fazit

Das KKW Mühleberg konnte wie in den vorangegangenen Jahren aufgrund der Direktstrahlung detektiert werden. Die Quellen der Studer Kabelwerke AG in Däniken konnten beim Messflug im Gebiet KKG nicht nachgewiesen werden. Beim detaillierten Flug über dem Gebäude konnten die verschiedenen Quellen jedoch erkannt werden. Die terrestrischen Ortsdosisleistungen liegen im Bereich der letzten Jahre.

Wie der Messflug im Weisstannental aufzeigte, können sehr kleine natürliche Hot-Spots mit diesem Messsystem nicht erkannt werden.

Der gemeinsame Messflug mit dem österreichischen Aeroradiometrie-Team führte zu guten Ergebnissen und stellte die Leistungsfähigkeit der Messsysteme unter Beweis. Die Resultate der beiden Teams weisen eine ähnliche Dynamik auf, wobei aber das Wertenniveau der österreichischen Resultate einiges höher liegt. Im Vergleich mit den Bodenmessungen zeigen die schweizerischen Ergebnisse eine weitgehende Übereinstimmung, was auf eine gute Kalibration des Systems schliessen lässt.

Die bei den diesjährigen Messungen, vor allem in Gebieten mit starker Topographie, festgestellten Sprünge in den GPS-Koordinaten sind auf den schlechten Empfang des GPS-Empfängers zurückzuführen. Dieser befindet sich in der Mitte des Helikopterschwanzes, was nicht gerade einer idealen Position entspricht. Denn der Empfang wird dort teilweise durch die Rotorblätter verschlechtert, da sie einen grossen Teil des Halbraumes abschirmen. So werden für die Positionierung vor allem knapp über dem Horizont liegende Satelliten verwendet, die jedoch bei stärkerer Topographie oder Wendemanövern schnell aus dem Sichtbereich verschwinden. Der Wechsel in den zur Verfügung stehenden Satelliten sowie das eher schlechtere Signal von tiefliegenden Satelliten führen so zu den Sprüngen in den GPS-Koordinaten.

7 Ausblick

Für die geplante Datenübertragung vom Helikopter zu einer Bodenstation soll im nächsten Jahr die Situation auf dem Markt verfolgt und bei den Messflügen weitere Tests durchgeführt werden. Auch werden erste Schritte für eine Online-Datenauswertung unternommen werden.

Der Einsatz von Differential-GPS soll geprüft und erste Geräteevaluationen unternommen werden, um auch in Gebieten mit starker Topographie eine zuverlässige Positionierung gewährleisten zu können.

Im weiteren werden die Arbeiten im Rahmen des EU-Projektes weitergeführt und die internationalen Kontakte gepflegt und nach Möglichkeit vertieft.

8 Literaturhinweise

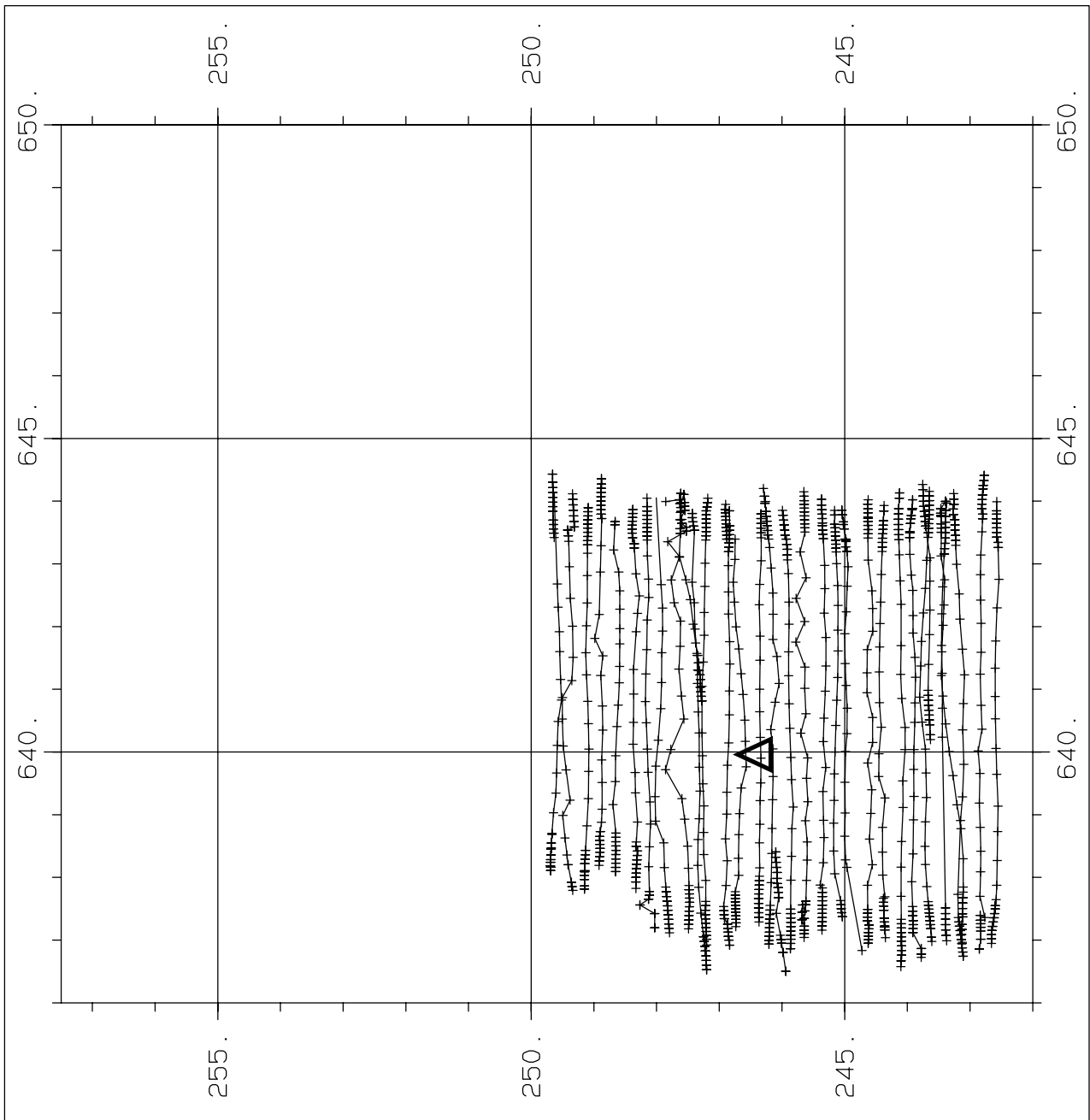
MURITH, CH., ASTNER, M., 1997: Resultate der Messkampagne Österreich-Schweiz, U ARM 1997. Messbericht SUER/BAG, p. 3.

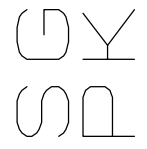
SCHWARZ, G.F., 1991a: Methodische Entwicklungen zur Aerogammaspektrometrie. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr.23, Schweizerische Geophysikalische Kommission.

SCHWARZ, G.F., KLINGELE, E.E., RYBACH, L.: 1989, 1990, 1991b, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996: Aeroradiometrische Messungen in der Umgebung der schweizerischen Kernanlagen; Berichte für die Jahre 1989-1996 zuhanden der Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK). Interne Berichte, Institut für Geophysik ETHZ, Zürich.

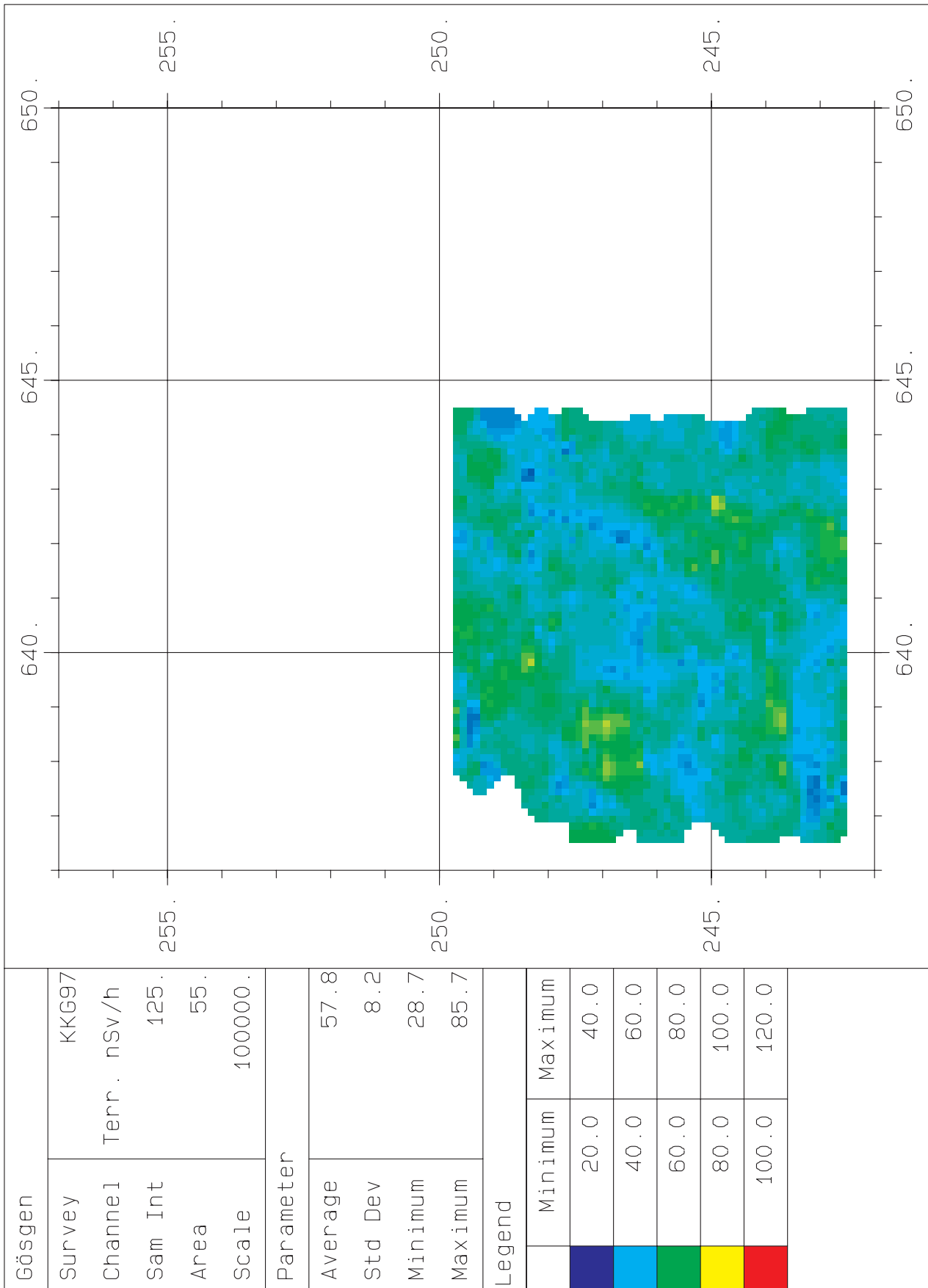
9 Beilagen

- Beilage 1: Flugwege im Messgebiet KKG. Das Dreieck bezeichnet die Lage des KKW Gösgen.
- Beilage 2: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) Messgebiet KKG.
- Beilage 3: ^{137}Cs Aktivität (Bq/kg) Messgebiet KKG.
- Beilage 4: MMGC-Ratio (%) Messgebiet KKG.
- Beilage 5: Flugwege im Messgebiet KKM. Das Dreieck bezeichnet den Standort des KKW Mühleberg.
- Beilage 6: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) Messgebiet KKM.
- Beilage 7: ^{137}Cs Aktivität (Bq/kg) Messgebiet KKM.
- Beilage 8: MMGC-Ratio (%) Messgebiet KKM.
- Beilage 9: Modifizierter MMGC-Ratio (%) im Messgebiet KKM.
- Beilage 10: Korrigierte Fluglinien im Messgebiet Radurschtal.
- Beilage 11: ^{214}Bi Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Radurschtal.
- Beilage 12: ^{137}Cs Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Radurschtal.
- Beilage 13: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) im Messgebiet Radurschtal, berechnet aus Kalium-, Bismuth-, Thallium- und Cäsiumaktivitäten.
- Beilage 14: Vergleiche der österreichischen und der schweizerischen Ergebnisse im Messgebiet Radurschtal. Dargestellt sind die Konzentrationen von Kalium (%), Uran (ppm) und Thorium (ppm). Links sind jeweils die Resultate des österreichischen Teams abgebildet und rechts die entsprechenden Resultate des Schweizer Teams.
- Beilage 15: Vergleich der von den beiden Messteams bestimmten natürlichen, terrestrischen Dosisleistung im Messgebiet Radurschtal. Links ist das Ergebnis des österreichischen Teams abgebildet, rechts dasjenige des schweizerischen.
- Beilage 16: Übersichtskarte des Messgebietes mit den 8 Messpunkten, an denen Bodengamma-spektrometrie durchgeführt wurde (links: Nauderer Tschey; rechts: Radurschtal).
- Beilage 17: Vergleiche von Ergebnissen aus Aeroradiometrie und Bodengamm-spektrometrie im Messgebiet Radurschtal.
- Beilage 18: Bodenprofile gemessen an den Punkten RA3 (grün) und RA7 (rot) im Messgebiet Radurschtal.
- Beilage 19: Korrigierte Fluglinien im Messgebiet Weisstannental.
- Beilage 20: ^{214}Bi Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Weisstannental.
- Beilage 21: Korrigierte Zählraten im Kobalt-Fenster über den Gebäuden der Studer Kabelwerke AG in Däniken mit den entsprechenden Flugwegen.

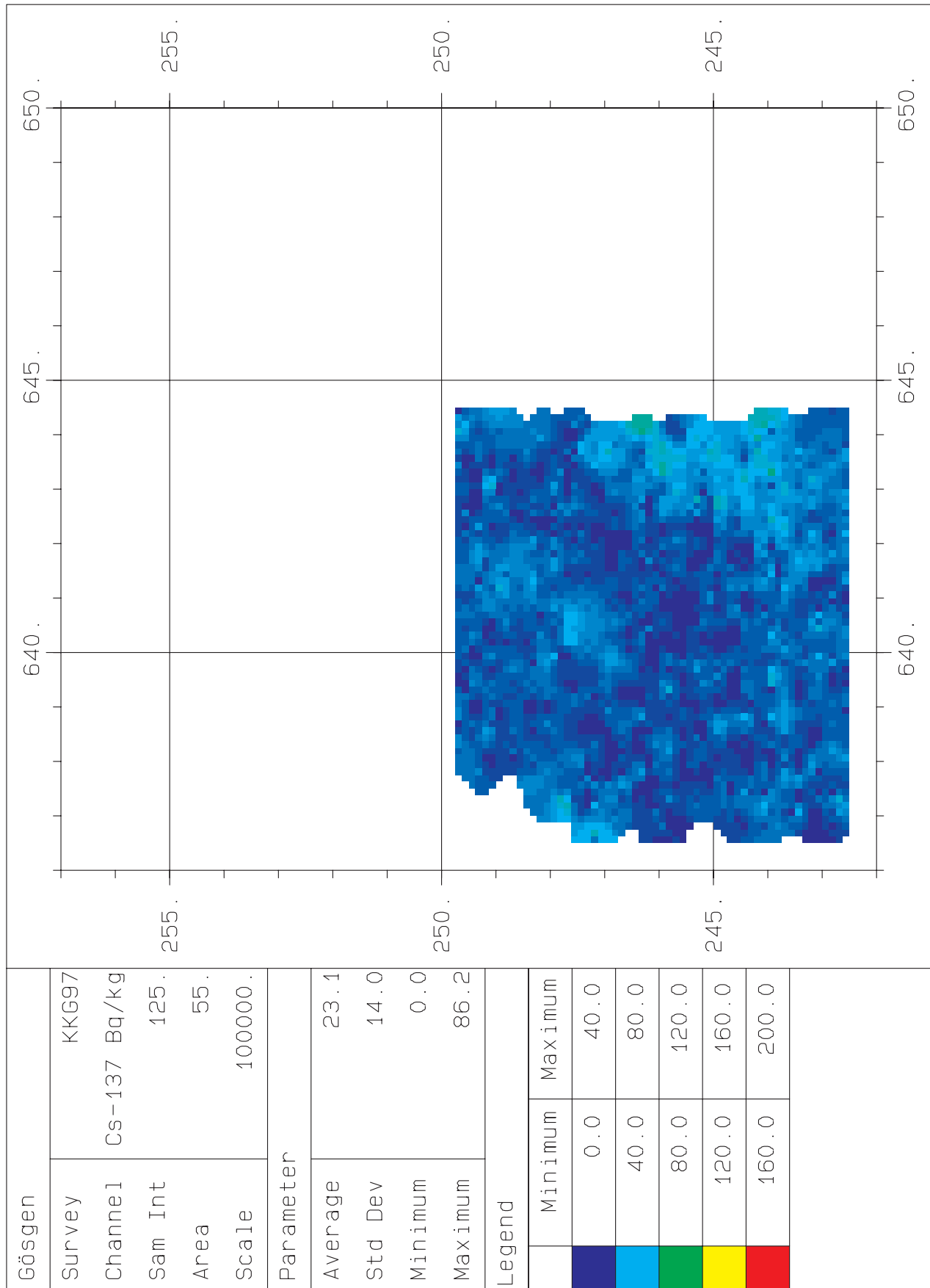


| | | | |
|---|----------|---|--|
|  | | I. Geophysik ETH-Zuerich Hoenggerberg 8093-Zuerich | |
| KKW Gösgen | | KKG97 | |
| Survey | Channel1 | F. Path | |
| Scale | | 100000. | |
| Path Len | | 218. | |

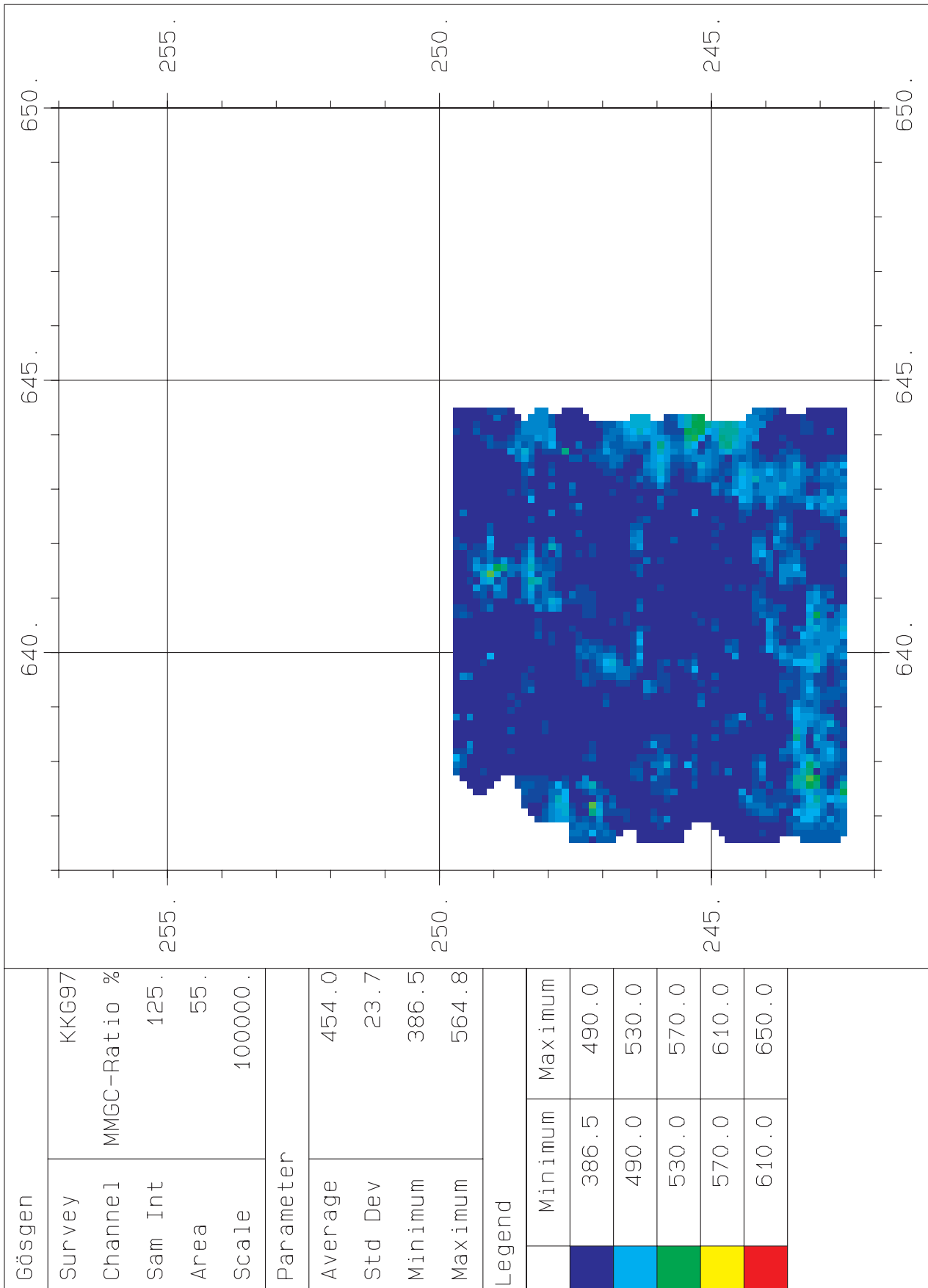
Beilage 1: Flugwege im Messgebiet KKG. Das Dreieck bezeichnet die Lage des KKW Gösgen.



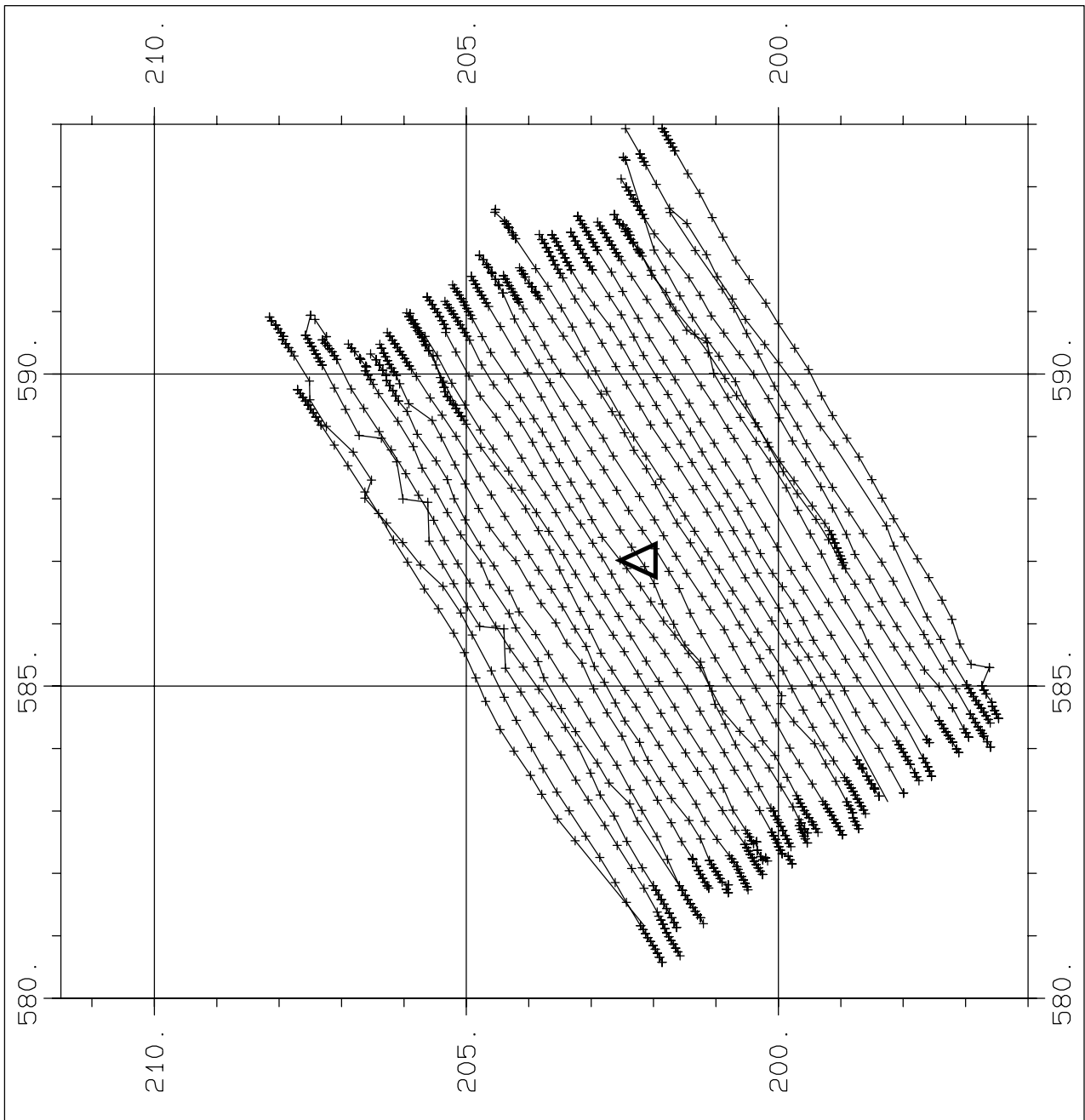
Beilage 2: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) Messgebiet KKG.

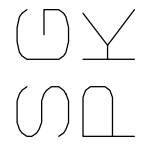


Beilage 3: ¹³⁷Cs Aktivität (Bq/kg) Messgebiet KKG.

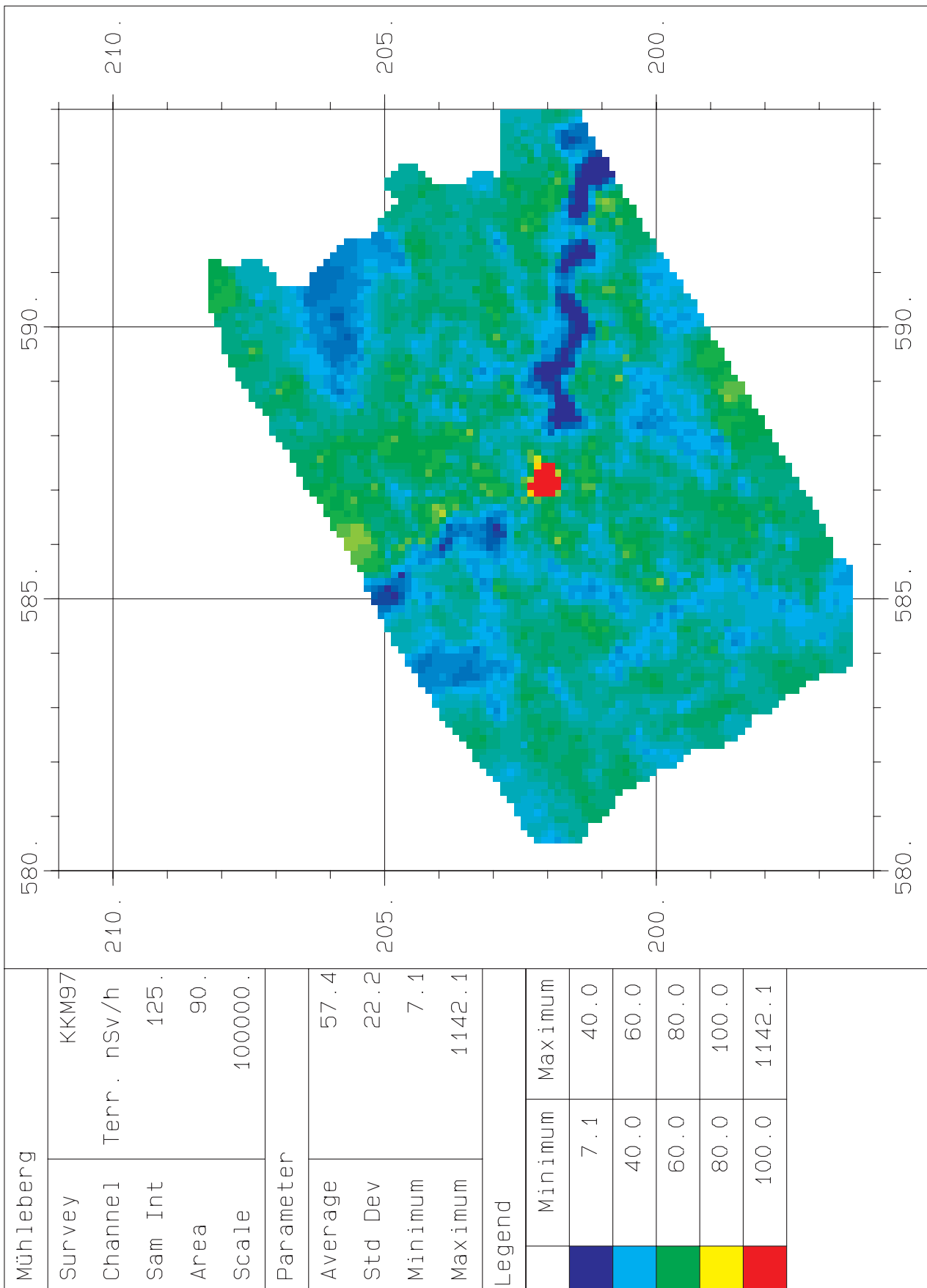


Beilage 4: MMGC-Ratio (%) Messgebiet KKG.

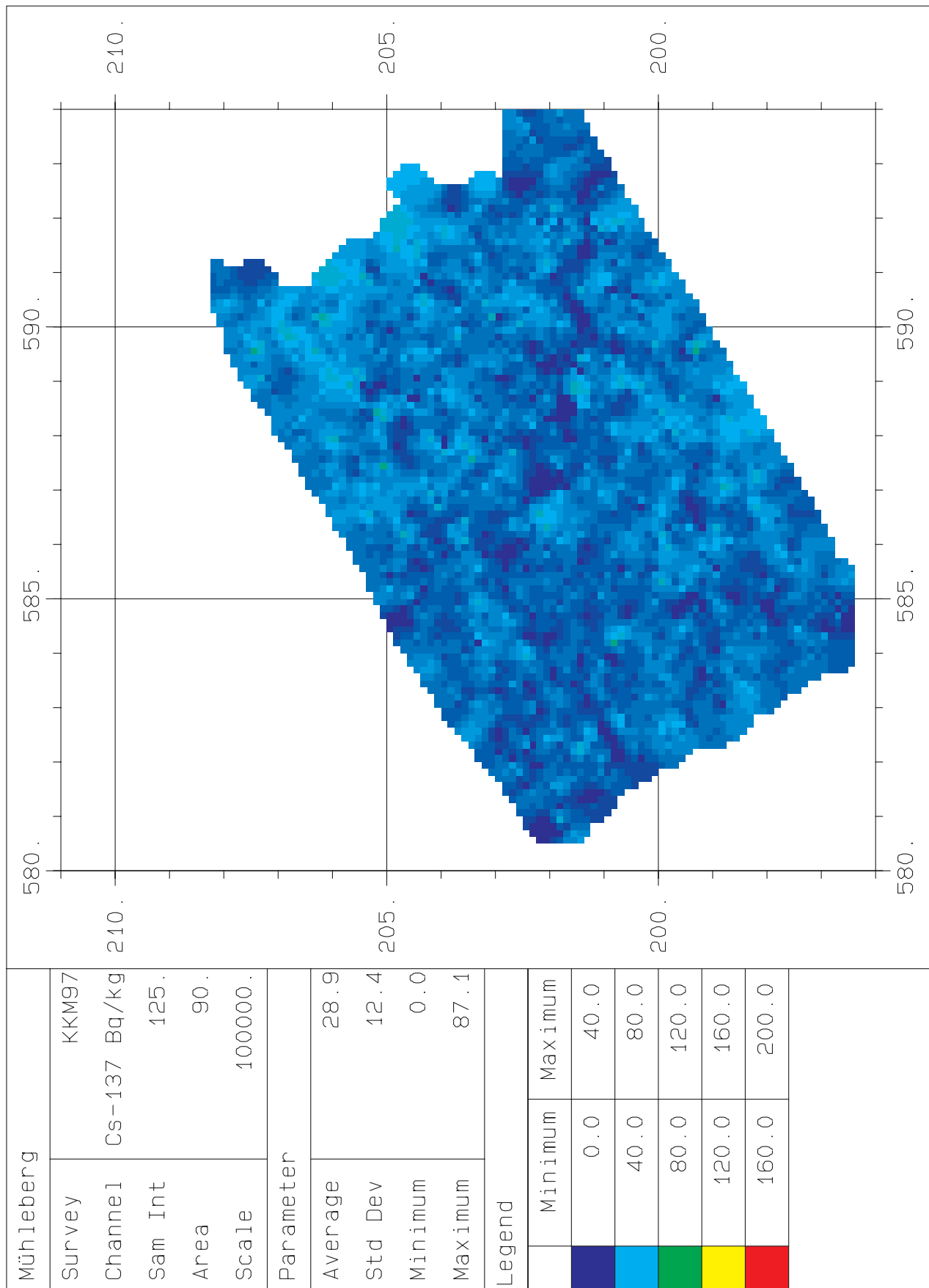


| | | | |
|---|----------|---|--|
|  | | I. Geophysik ETH-Zuerich Hoenggerberg 8093-Zuerich | |
| KKW Mühleberg | | KKM97 | |
| Survey | Channel1 | F. Path | |
| Scale | | 100000. | |
| Path Len | | 320. | |

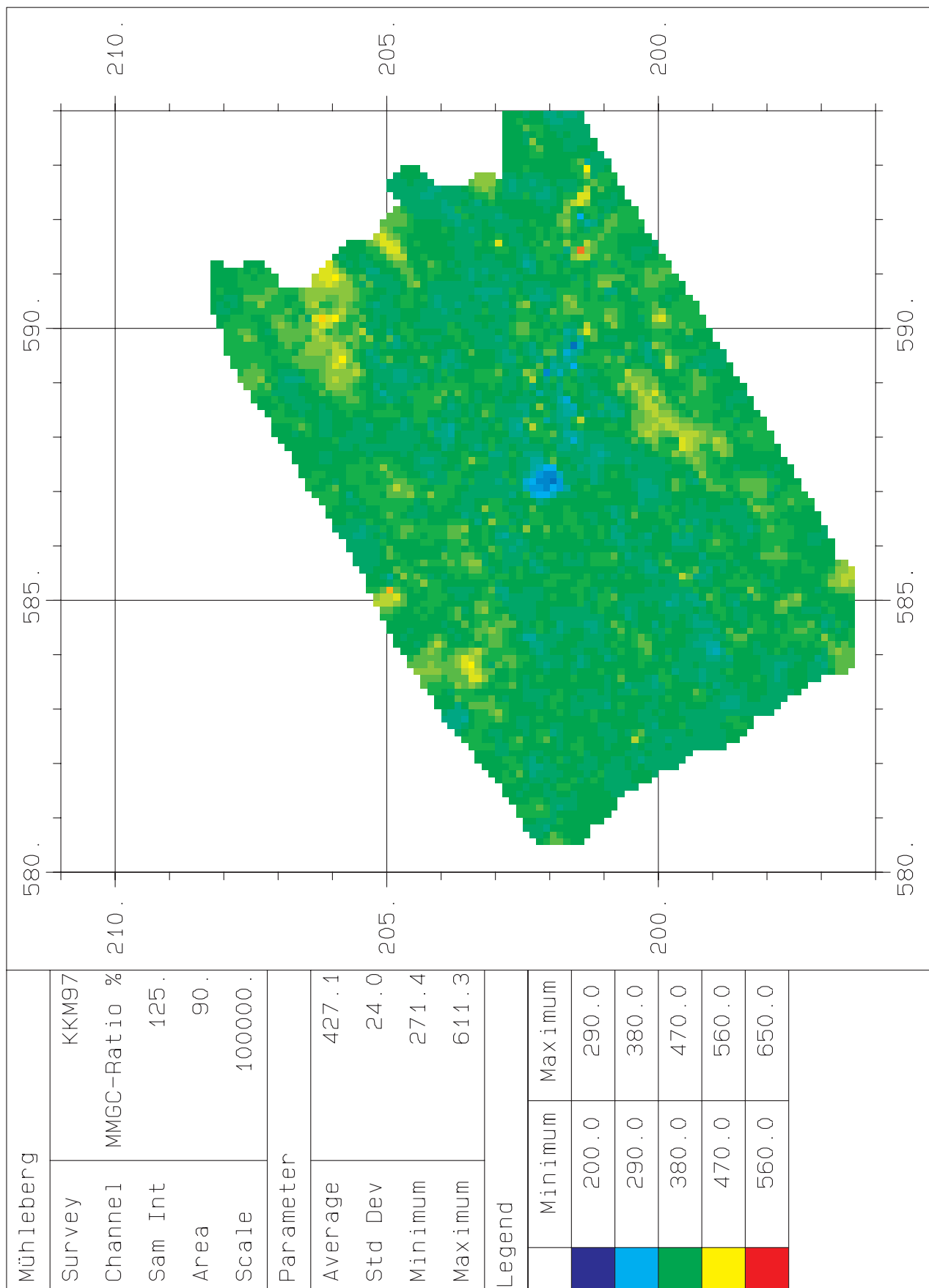
Beilage 5: Flugwege im Messgebiet KKM. Das Dreieck bezeichnet den Standort des KKW Mühleberg.



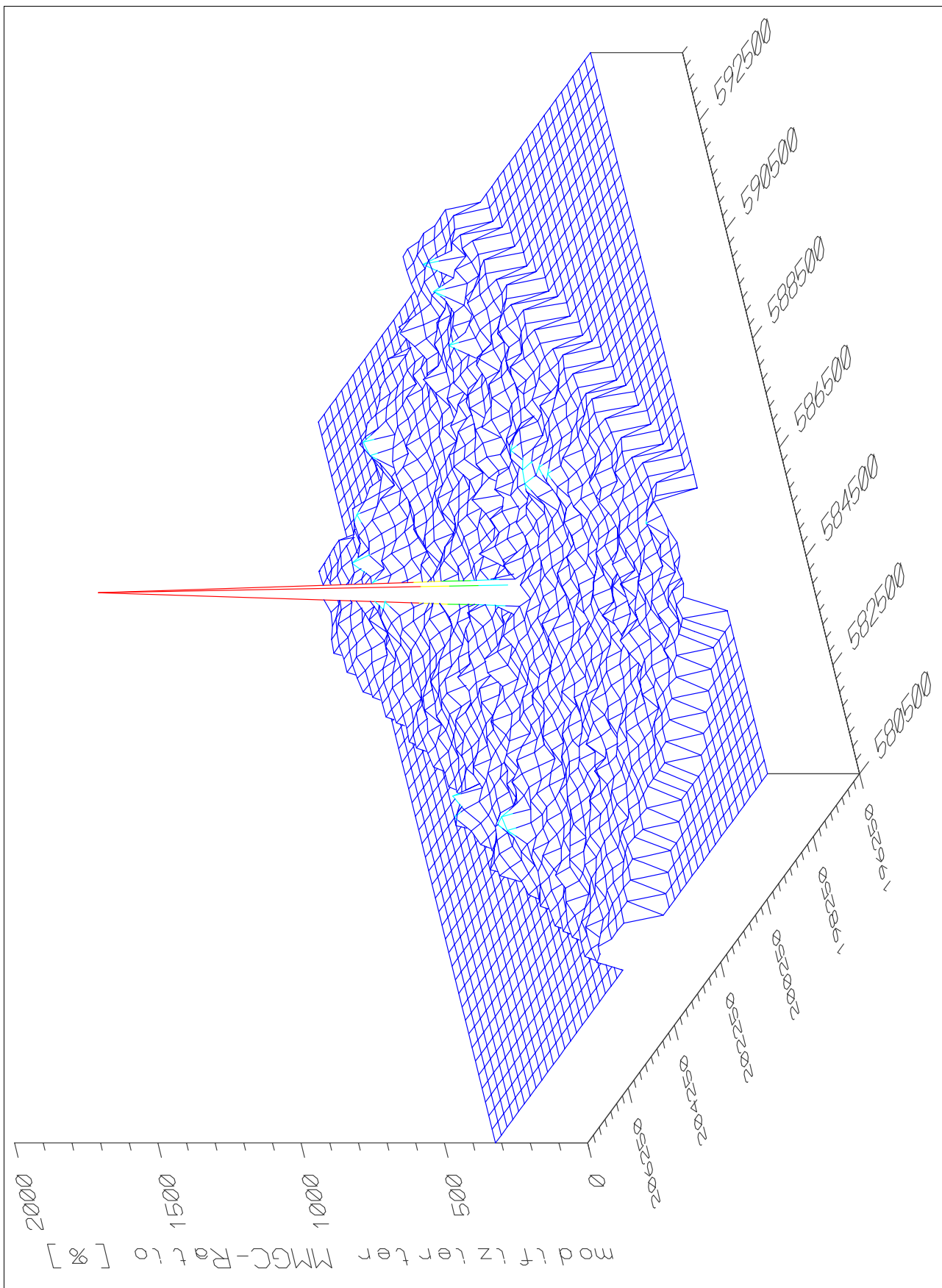
Beilage 6: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) Messgebiet KKM.



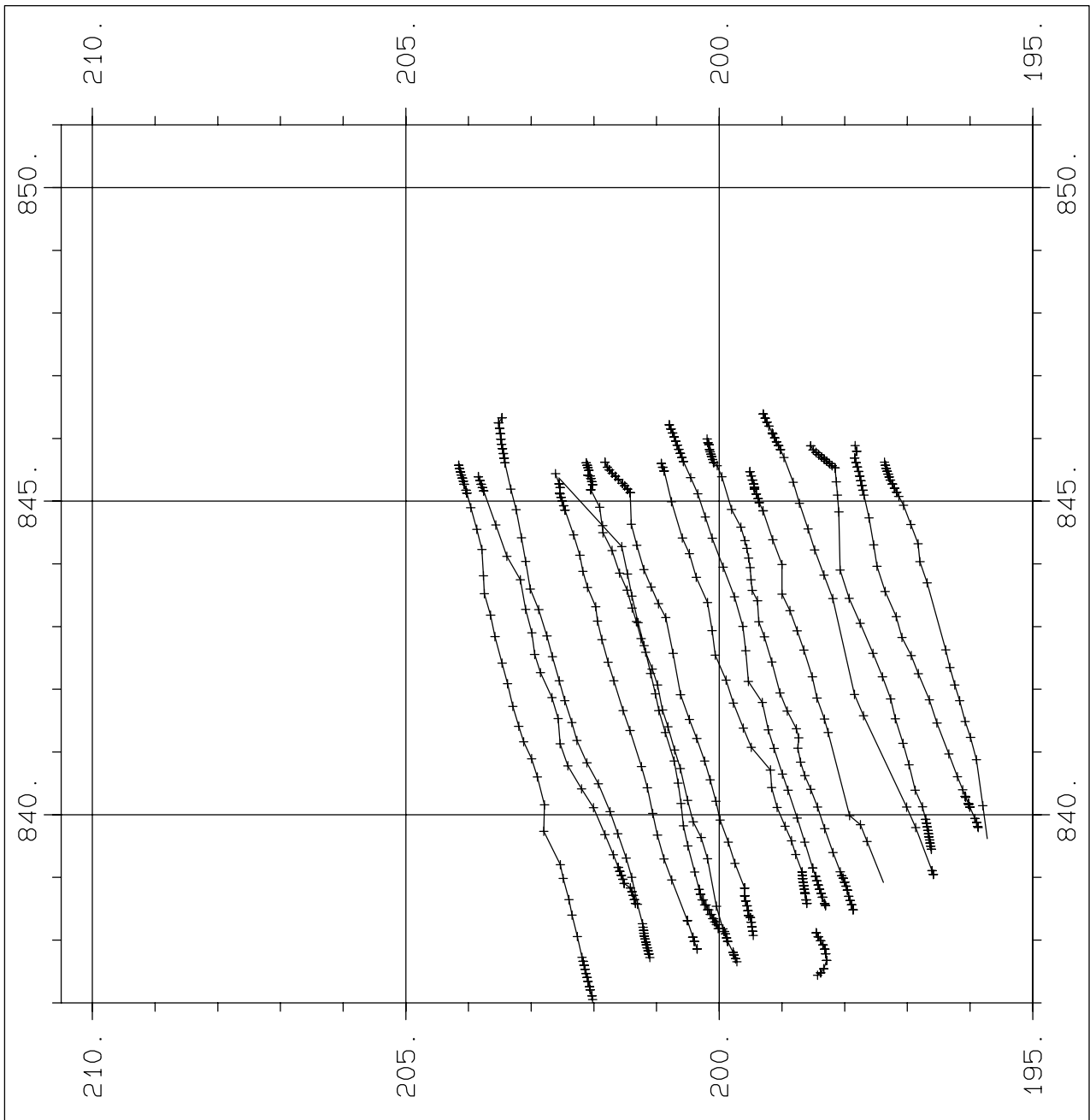
Beilage 7: ¹³⁷Cs Aktivität (Bq/kg) Messgebiet KKM.



Beilage 8: MMGC-Ratio (%) Messgebiet KKM.

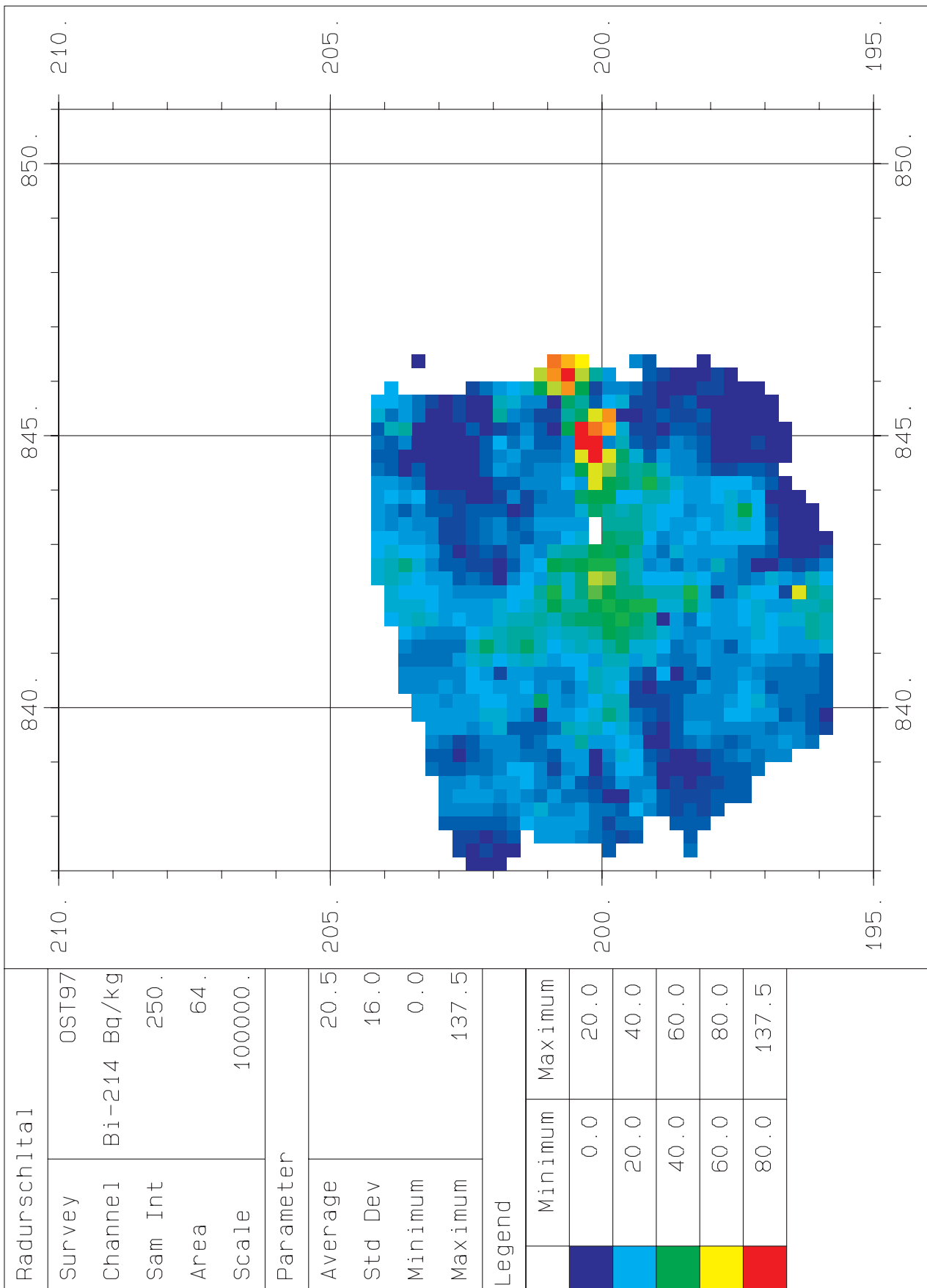


Beilage 9: Modifizierter MMGC-Ratio (%) im Messgebiet KKM. Das KKW Mühleberg ist deutlich durch den Peak zu erkennen.

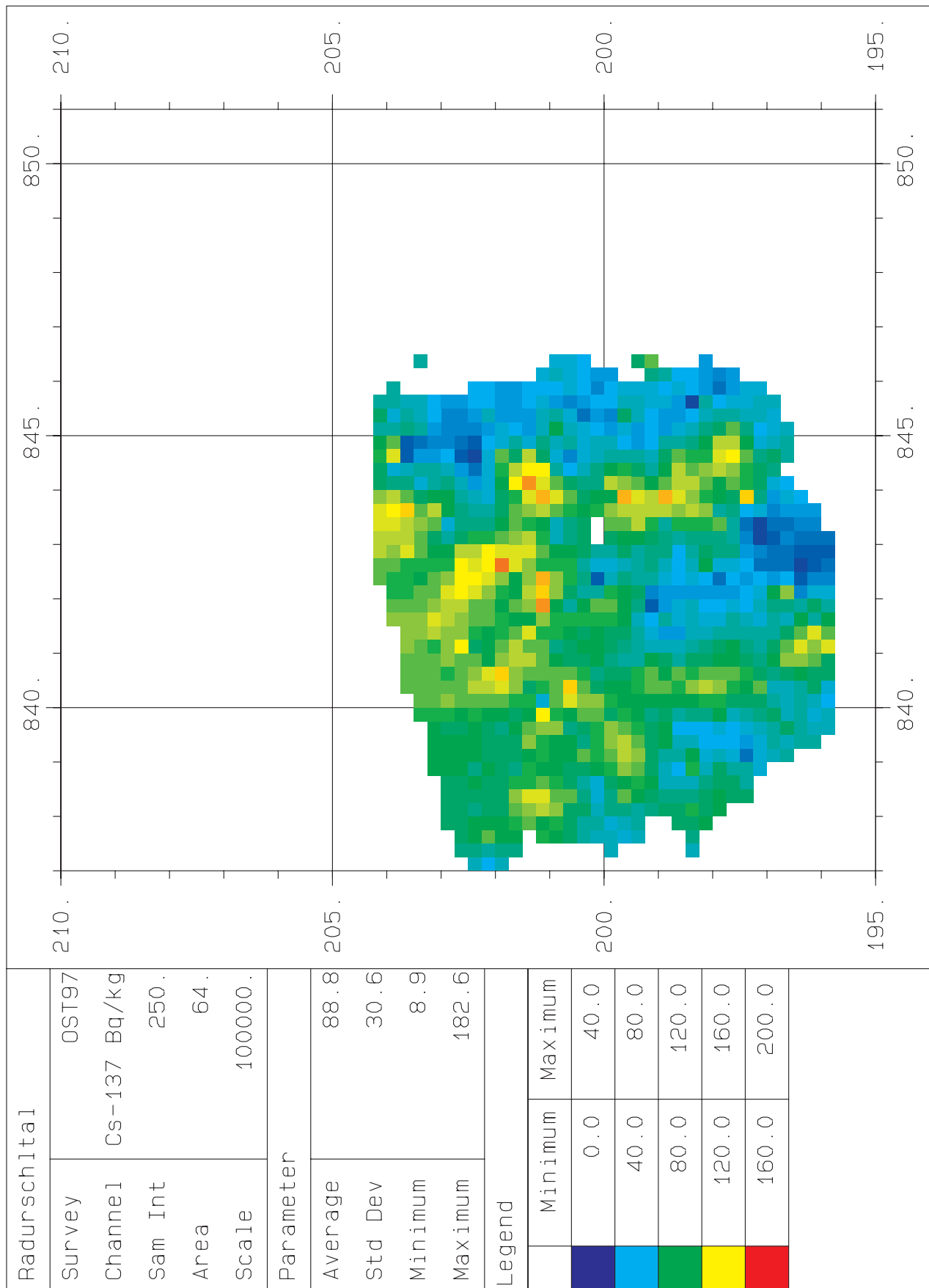


| | |
|---|---------|
| I. Geophysik ETH-Zuerich Hoenggerberg 8093-Zuerich | |
| SG PK | |
| Radurschltal | |
| Survey | OST97 |
| Channel | F. Path |
| Scale | 100000. |
| Path Len | 116. |

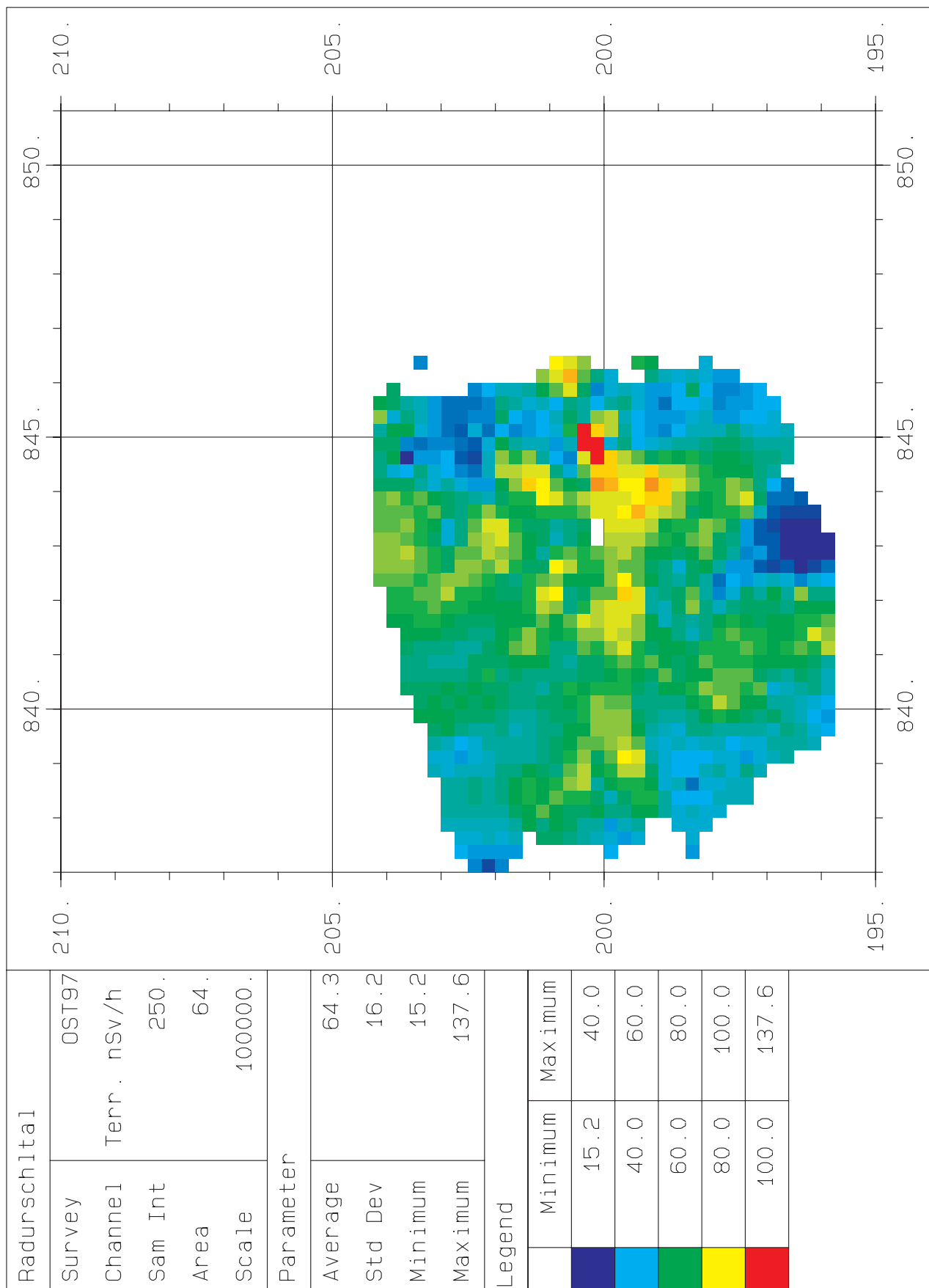
Beilage 10: Korrigierte Fluglinien im Messgebiet Radurschltal.



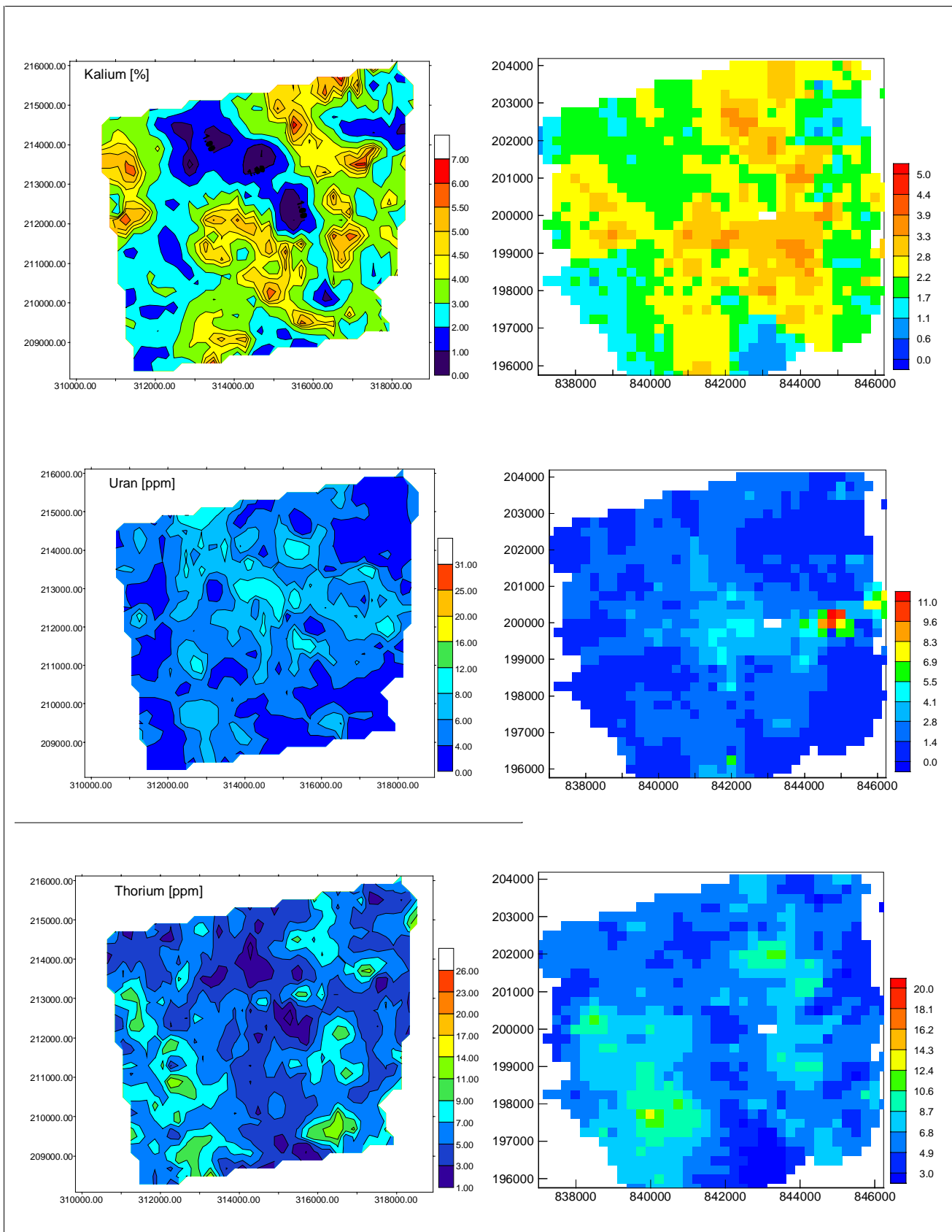
Beilage 11: ²¹⁴Bi Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Radurschlital.



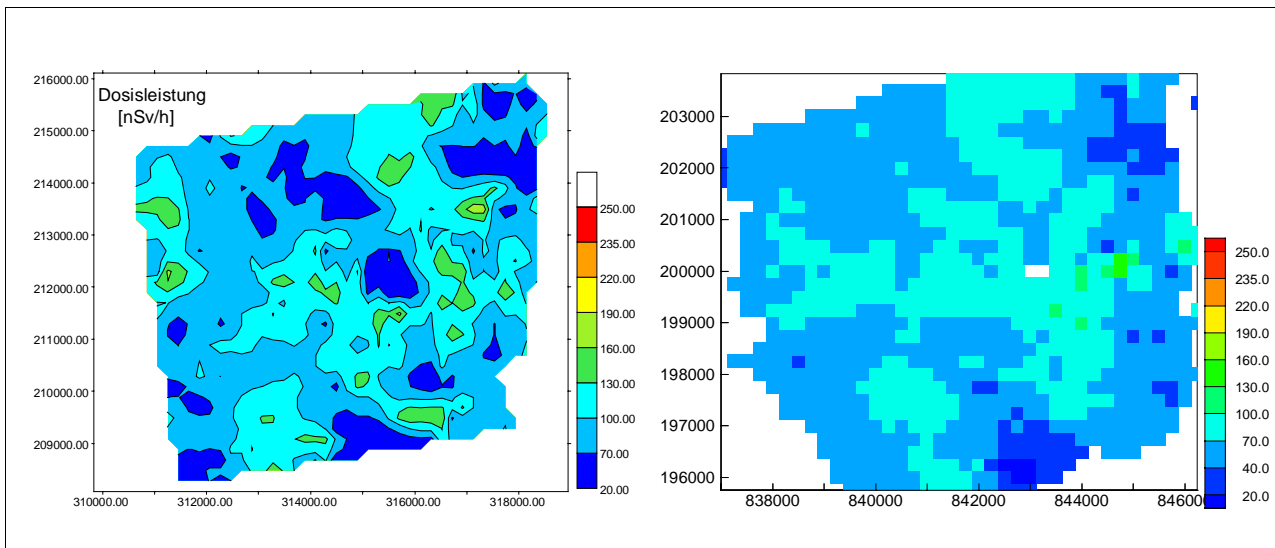
Beilage 12: ¹³⁷Cs Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Radurschlital.



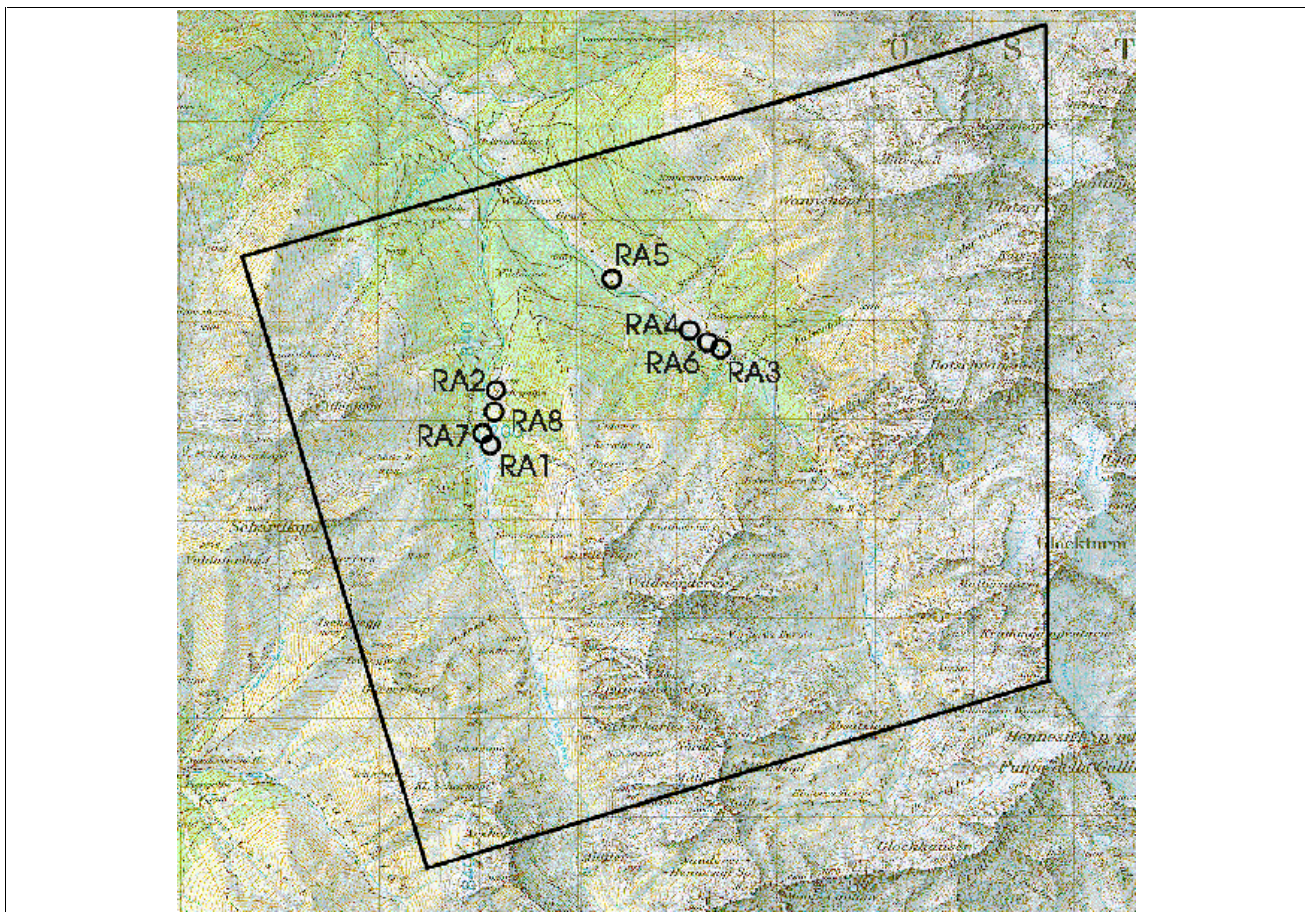
Beilage 13: Terrestrische Ortsdosisleistung (nSv/h) im Messgebiet Radurschltal, berechnet aus Kalium-, Bismuth-, Thallium- und Cäsiumaktivitäten.



Beilage 14: Vergleiche der österreichischen und der schweizerischen Ergebnisse im Messgebiet Radurschtal. Dargestellt sind die Konzentrationen von Kalium (%), Uran (ppm) und Thorium (ppm). Links sind jeweils die Resultate des österreichischen Teams abgebildet und rechts die entsprechenden Resultate des Schweizer Teams.

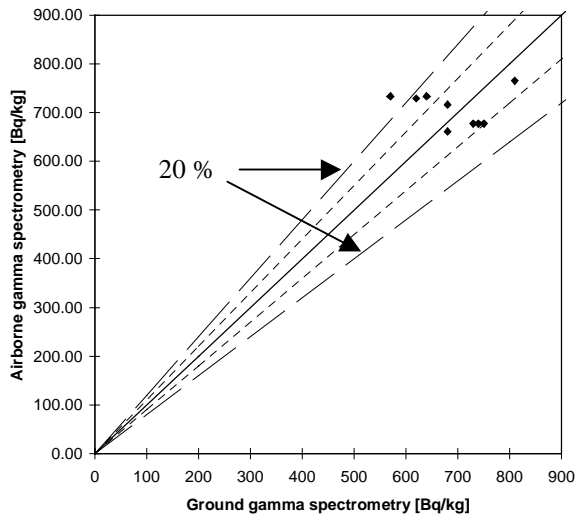


Beilage 15: Vergleich der von den beiden Messteams bestimmten natürlichen, terrestrischen Dosisleistung im Messgebiet Radurschltal. Links ist das Ergebnis des österreichischen Teams abgebildet, rechts dasjenige des schweizerischen.

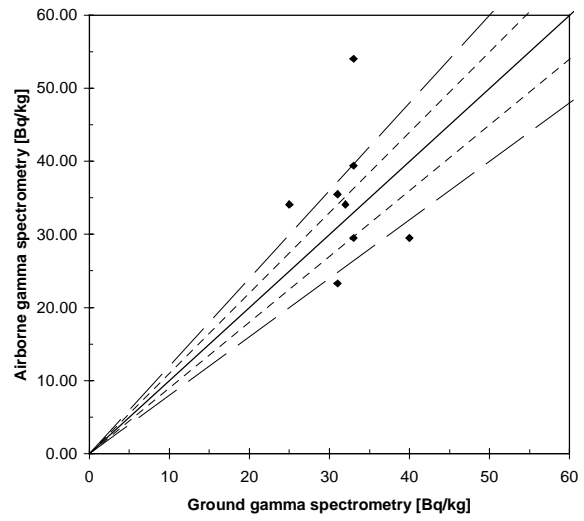


Beilage 16: Übersichtskarte des Messgebietes mit den 8 Messpunkten, an denen Bodengamma-spektrometrie durchgeführt wurde (links: Nauderer Tschey; rechts: Radurschltal).

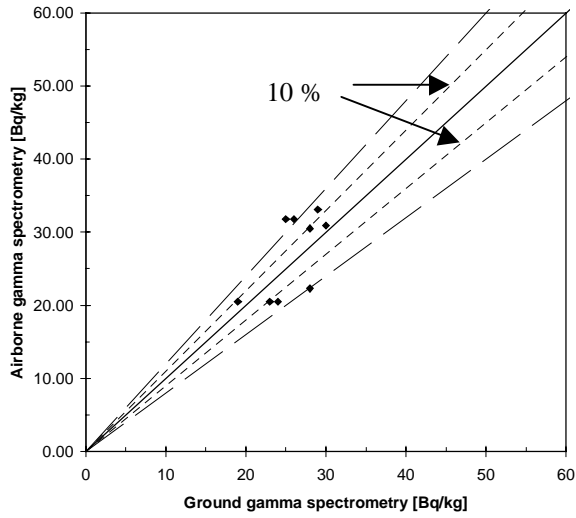
Kalium-40



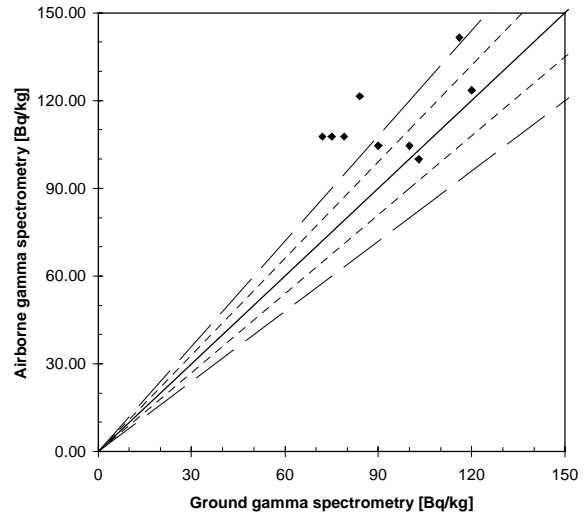
Bismuth-214



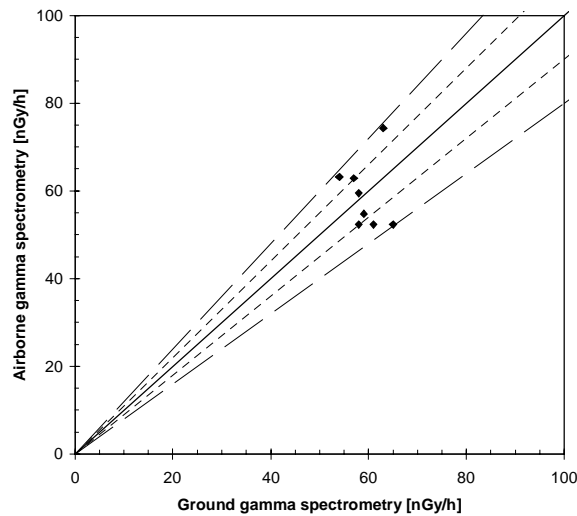
Thallium-208



Cäsium-137

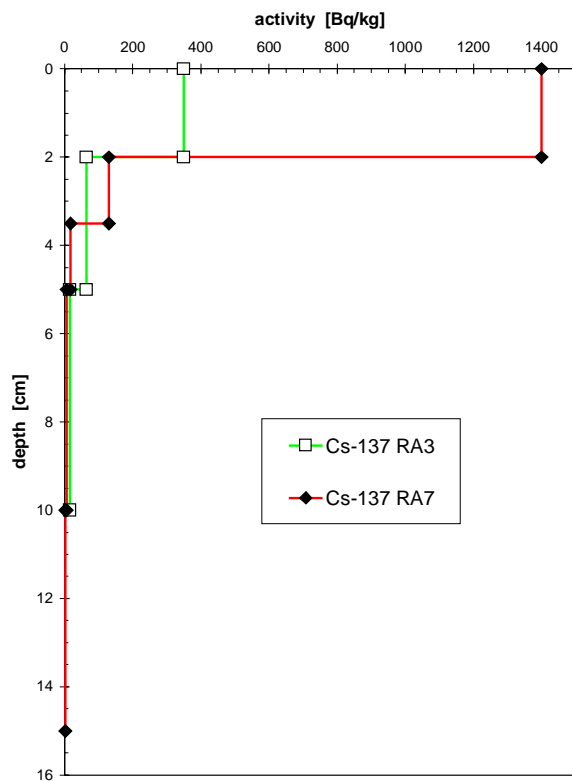


Natürliche terrestrische Ortsdosisleistung

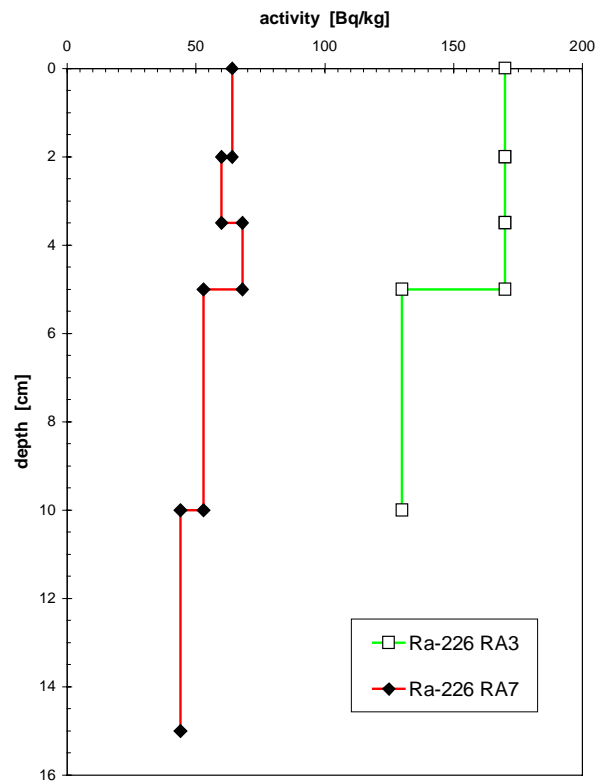


Beilage 17: Vergleiche von Ergebnissen aus Aeroradiometrie und Bodengammaspektrometrie im Messgebiet Radurschltal.

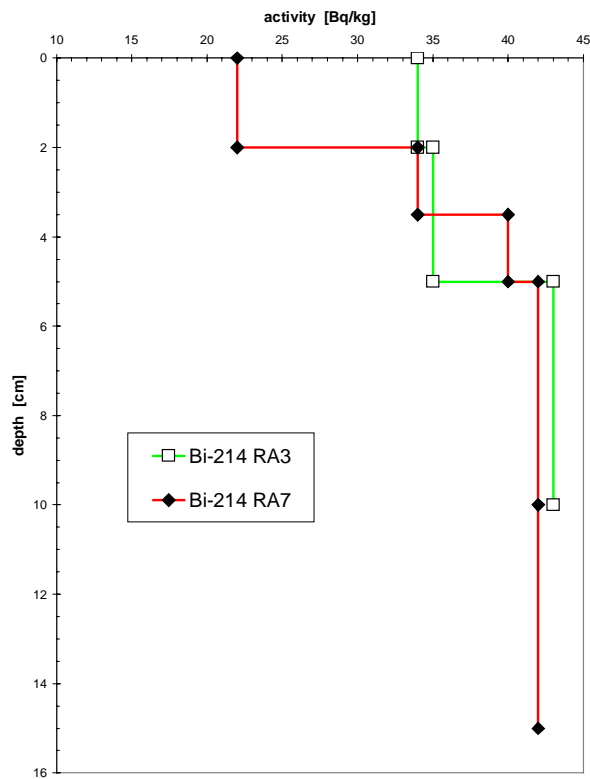
Ground profile Cs-137



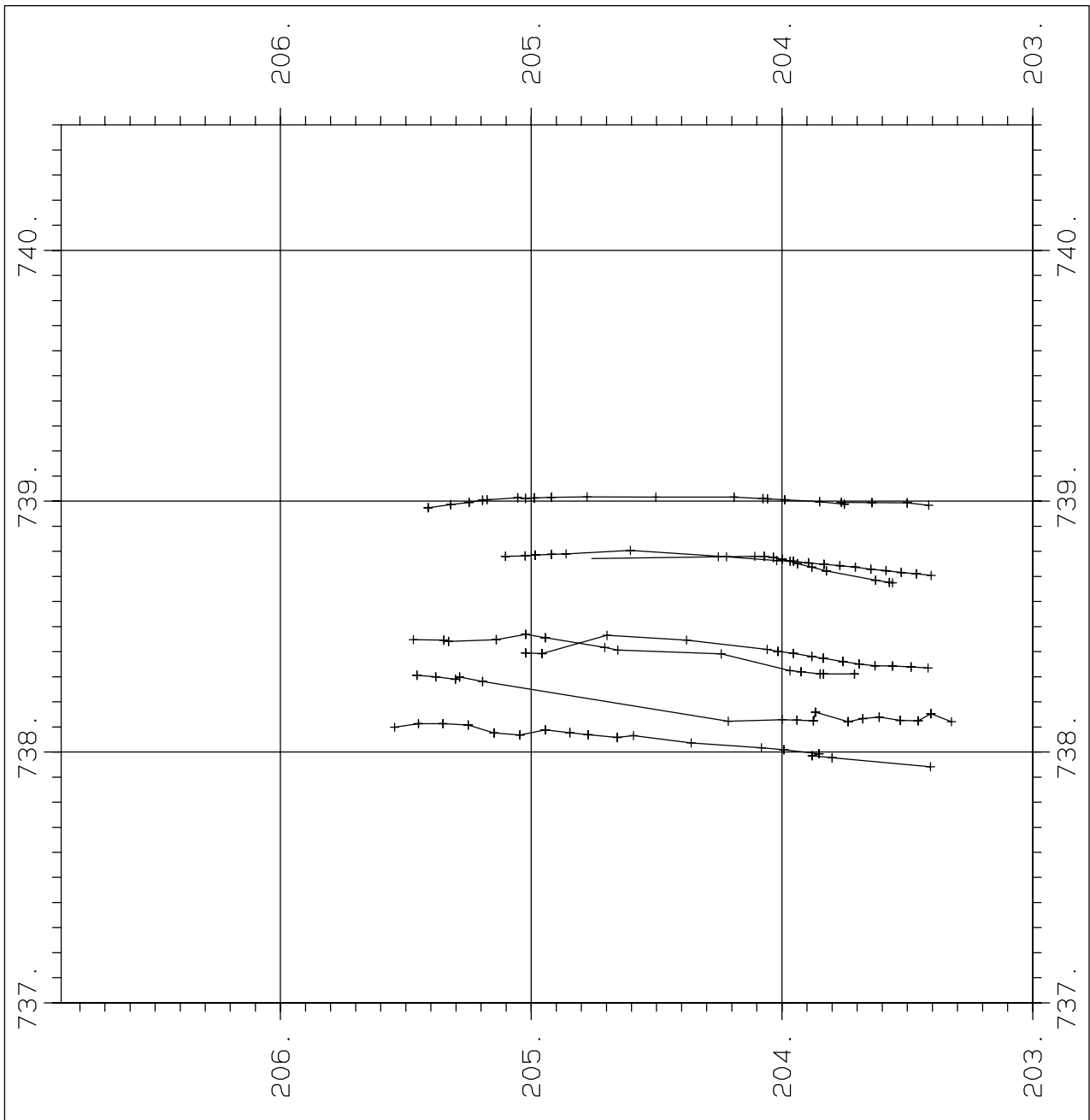
Ground profile Ra-226

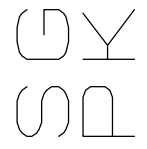


Ground profile Bi-214

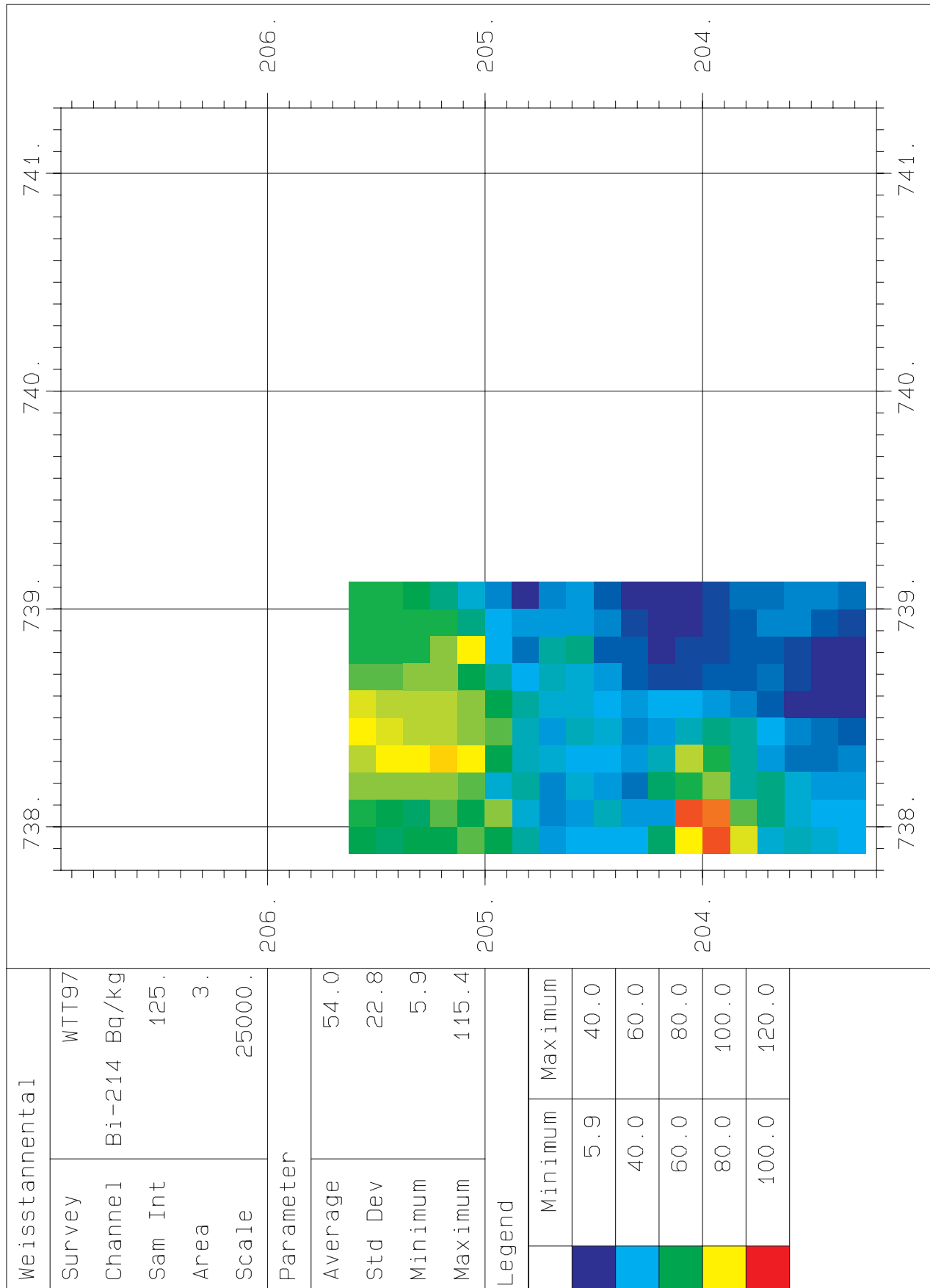


Beilage 18: Bodenprofile gemessen an den Punkten RA3 (grün) und RA7 (rot) im österreichischen Messgebiet.

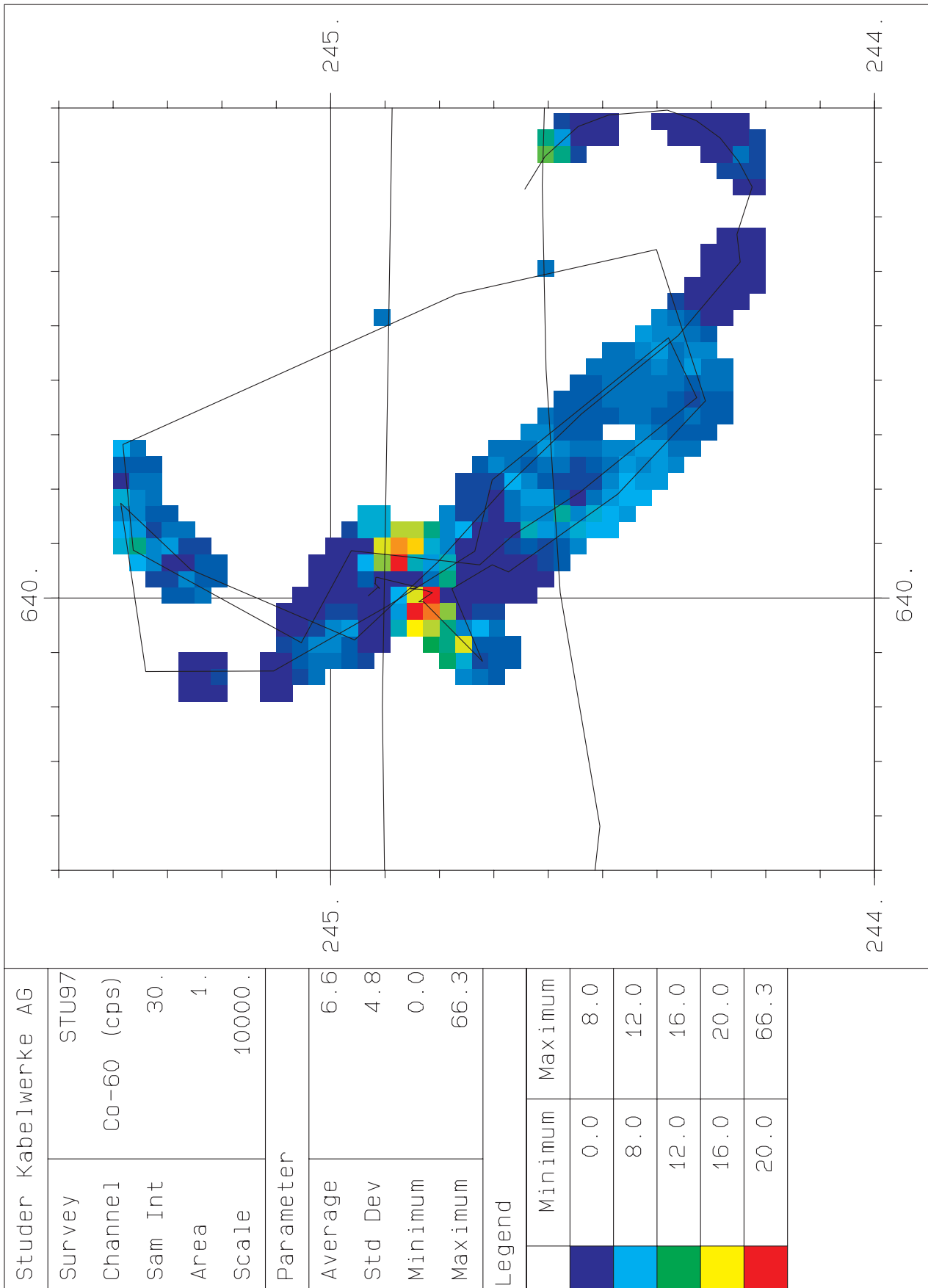


| | | | |
|---|----------|---|---------|
|  | | I. Geophysik ETH-Zuerich Hoenggerberg 8093-Zuerich | |
| Survey | Channel1 | WTT97 | F. Path |
| Scale | Path Len | 25000. | 13. |

Beilage 19: Korrigierte Fluglinien im Messgebiet Weisstannental.



Beilage 20: ²¹⁴Bi Aktivität (Bq/kg) im Messgebiet Weisstannental.



Beilage 21: Korrigierte Zählraten im Kobalt-Fenster über den Gebäuden der Studer Kabelwerke AG in Däniken mit den entsprechenden Flugwegen.