Internationale Messkampagne der Aero-Gammaspektrometrie 2017 (ARM17)

Bericht und Messresultate

Fachbereich
Strahlenschutz und Umwelt

A. Helbig
R. Hanfland
F. Huber
I. Krol
F. Loske
U.-K. Schkade
C. Strobl

Bundesamt für Strahlenschutz

BfS-SW-26/18

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokuments immer auf folgende URN:
urn:nbn:de:0221-2018082916008

Zur Beachtung:
BfS-Berichte und BfS-Schriften können von den Internetseiten des Bundesamtes für Strahlenschutz unter http://www.bfs.de kostenlos als Volltexte heruntergeladen werden.

Salzgitter, August 2018

Internationale Messkampagne der Aero-Gammaspektrometrie 2017 (ARM17)

Bericht und Messresultate

Fachbereich
Strahlenschutz und Umwelt

A. Helbig
R. Hanfland
F. Huber
I. Krol
F. Loske
U.-K. Schkade
C. Strobl

Inhaltsverzeichnis

1. Überblick 1
2. Vorbereitung 2
   2.1. Schulungsflüge 2
   2.2. Einsatzreichweite 2
3. Übung ARM17 – Aufgaben und Ergebnisse 3
   3.1. Messaufgabe CM+HS: gemeinsame großflächige Kartierung und Quellensuche 3
   3.2. Messaufgaben RM1 und RM2: Referenzmessungen 8
   3.3. Messaufgabe TP: Transversalflug durch die Alpen 13
   3.4. Messaufgabe AP: Höhenprofil über dem Zuger See 14
4. Fazit der Übung ARM17 16
5. Literatur 17
Anhang 18

1. Überblick

Das Bundesamt für Strahlenschutz führt in enger Zusammenarbeit mit der Bundespolizei im Rahmen des Notfallschutzes jährlich eine nationale Übung zur Messung von auf dem und im Boden abgelagerten radioaktiven Stoffen mittels hubschraubergestützter Messsysteme durch.

Um nach einem nuklearen Notfall auch grenzüberschreitend schnell und fachlich kompetent handeln zu können, wird die internationale Zusammenarbeit im Bereich der Aero-Gamma-spektrometrie mit Partnern aus Nachbarländern regelmäßig trainiert. Deshalb fand vom 26. bis 30. Juni 2017 die Übung der Aero-Gammaspektrometrie 2017 (ARM17) in der Schweiz statt. Organisiert und ausgerichtet wurde die Übung von der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) des eidgenössischen Bundesamtes für Bevölkerungsschutz. Als Stützpunkt für das Personal und die Hubschrauber diente der Militärflugplatz Dübendorf nahe Zürich. Sechs Messteams aus vier Nationen nahmen teil:

Beteiligte Messteams

Schweiz	**CH01**	Nationale Alarmzentrale – NAZ, Paul Scherrer Institut – PSI, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat – ENSI, Schweizer Luftwaffe
	CH02	Kompetenzzentrum ABC-KAMIR
Tschechien	**CZ01**	Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. – SURO
Frankreich	**FR01**	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire – IRSN
Deutschland	**DE01**	Bundesamt für Strahlenschutz – BfS, Bundespolizei-Flugdienst – BPOLFLD, Deutscher Wetterdienst - DWD
	DE02	

Ziel der Übung war die Fortführung der länderübergreifenden Kooperation sowie die Verbesserung und Intensivierung der Koordination von gemeinsamen aero-gammaspektrometrischen Einsätzen. Die Motivation dafür ist, dass sich Nachbarstaaten im Falle eines nuklearen Unfalles gegenseitig unterstützen und effizient zusammenarbeiten können. Um dies zu gewährleisten, ist das gemeinsame Training an fachlich anspruchsvollen Messaufgaben unter möglichst realistischen Rahmenbedingungen eine Grundvoraussetzung.

Die internationale Übung ARM17 bestand aus fünf Messaufgaben mit unterschiedlichen Zielsetzungen, die die Teams an vier Tagen zu absolvieren hatten. Das Hauptaugenmerk der Übung lag auf der radiologischen Kartierung von insgesamt sieben Prozent der Gesamtfläche der Schweiz. Die Teams mussten das Messgebiet, das sich zwischen Bodensee im Nordosten und Zürich im Südwesten befindet, untereinander aufteilen, ihre Flugpläne aufeinander abstimmen und ihre Messstrategien derart definieren, dass sie das ganze Gebiet innerhalb eines Tages effizient radiologisch kartieren konnten. Gleichzeitig mussten zwei in diesem Gebiet ausgelegte Radionuklidquellen lokalisiert werden. Details hierzu sind in Kapitel 3.1 dokumentiert.

2. Vorbereitung

Im Vorfeld groß angelegter internationaler Messübungen sind besonders intensive Vorbereitungen hinsichtlich der in der Übung zu bewältigenden Aufgaben selbst sowie bei der Schulung des über die Kernmitglieder hinaus zu erweiternden Messteams notwendig. Aus diesem Grund wurde bei der Vorbereitung der Messübung ARM17 ein spezielles Augenmerk auf die Durchführung von Schulungsflügen und auf die konzeptionelle Umsetzung des Projektes Mess-IT im Außeneinsatz gelegt.

2.1. Schulungsflüge

Ausgehend von den Fliegerstaffeln Oberschleißheim und Blumberg wurden im Mai und Juni 2017 Schulungsflüge mit dem Ziel durchgeführt, neue wie auch erfahrene Mitarbeiter auf die anstehenden Aufgaben während eines Einsatzes vorzubereiten. Zusätzlich zu den Abläufen während eines Messfluges einschließlich der Bedienung der Messsoftware wurde insbesondere die Vor- und Nachbereitung eines Einsatzes geübt. Dazu gehören neben dem Festlegen von Messgebieten, dem Erstellen von Flugkarten und -plänen vor allem die Auswertung der aufgenommenen Daten. Darüber hinaus wurde im Rahmen der Intensivierung der Zusammenarbeit mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) für die internationale Übung ARM17 auch eine Kollegin des DWD geschult und während der Übung in das deutsche Aero-Gammaspektrometrie-Team integriert.

2.2. Einsatzreichweite

Um bei der Zusammenarbeit verschiedener internationaler Teams optimale Ergebnisse erzielen und die vorhandenen Kapazitäten effektiv einsetzen zu können, muss unter anderem die mögliche Messgebietsabdeckung durch die einzelnen Teams vorab bekannt sein. Dazu wurden in Vorbereitung auf die Übung ARM17 Berechnungen zur Aufteilung eines Messgebietes mittels der bekannten maximalen Reichweiten der eingesetzten Hubschrauber, der Tankgelegenheiten im Messgebiet und unter Annahme verschiedener Flugparameter durchgeführt (Beispiel siehe **Abbildung 1**).

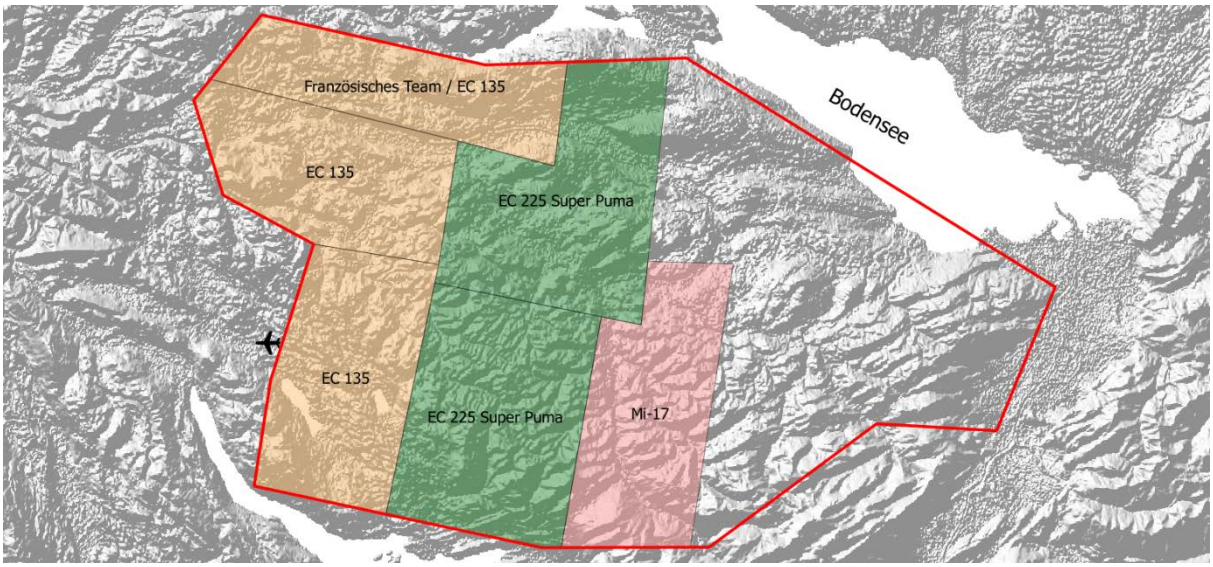


***Abbildung 1**: Abschätzung der Einsatzreichweite und der befliegbaren Fläche im Rahmen eines Messfluges entsprechend der eingesetzten Hubschraubertypen im Gesamtmessgebiet der Aufgabe CM+HS (siehe Kapitel 3); Annahmen: Flugstrategie: parallele Bahnen mit 500 m Bahnabstand; flaches Gelände; Kartenmaterial: International Centre for Tropical Agriculture (CIAT) [1]*

3. Übung ARM17 – Aufgaben und Ergebnisse

Den Messteams wurden im Rahmen der Übung ARM17 insgesamt fünf Messaufgaben gestellt, die innerhalb von vier Tagen zu bearbeiten waren. Die Aufgaben waren:

- **Composite Mapping and Hidden Sources (CM+HS)** - Gemeinschaftsaufgabe; gemeinsame radiologische Kartierung eines großflächigen Messgebietes und gleichzeitige Quellensuche
- **Reference Mapping 1 (RM1)** - radiologische Kartierung eines Messgebietes mit komplexer Topografie und Nuklidverteilung unter Anwendung verschiedener Flugstrategien
- **Reference Mapping 2 (RM2)** - radiologische Kartierung eines Messgebietes mit einfacher Topografie und nahezu homogener Nuklidverteilung unter Anwendung verschiedener Flugstrategien
- **Altitude Profile (AP)** - Schwebeflüge in verschiedenen, fest vorgegebenen Flughöhen über dem Zuger See zur Ermittlung des durch kosmische und Eigenstrahlung des Messsystems verursachten Hintergrundsignals
- **Transversale Profile (TP)** - radiologische Kartierung entlang einer Strecke quer durch die Alpen

3.1. Messaufgabe CM+HS

Die wichtigste und anspruchsvollste Aufgabe der Messübung ARM17 war die radiologische Kartierung eines Gebietes mit über 3000 km^2 Gesamtfläche, was etwa sieben Prozent der Schweiz entspricht. Der dafür vorgegebene Zeitrahmen war ein Arbeitstag mit einem sechsstündigen Zeitfenster für die Durchführung der Messflüge. Zudem mussten im Messgebiet zwei ausgelegte Nuklidquellen von den Teams neben der Kartierung lokalisiert werden. Um beide Teile dieser Aufgabe effektiv bewältigen zu können, arbeiteten alle beteiligten Messteams sowohl bei der Planung als auch bei der Durchführung der Messflüge eng zusammen.

Zu Beginn des Messtages teilte ein Gremium, bestehend aus jeweils einem Repräsentanten jedes Messteams das zu untersuchende Gebiet unter den teilnehmenden Teams auf und legte die anzuwendenden Flugstrategien fest. Das Hauptkriterium war dabei die Leistungsfähigkeit der von den Teams eingesetzten Hubschrauber. Beispielsweise wurden die einer Tankgelegenheit nächstgelegenen Messgebiete mit weniger komplexen Geländestrukturen den Teams zugewiesen, deren Hubschrauber eine geringere maximale Flugdauer aufwiesen.

Abbildung 3 zeigt die Aufteilung des Gesamtmessgebietes unter den Teams sowie die geografischen Positionen der beiden ausgelegten radioaktiven Quellen. Außerdem sind die von den Teams angewandten Flugstrategien dargestellt. Diese stellen einen guten Kompromiss aus den gegensätzlichen Anforderungen einer großflächigen Kartierung, d.h. große Bahnabstände Flughöhe und –geschwindigkeit (z.B. 1 km, 400 ft (122 m), 70 kn (130 km h^{-1}), und einer Quellensuche, d.h. geringe Bahnabstände Flughöhe und –geschwindigkeit (z.B. 150 m, 200 ft (61 m), 50 kn (93 km h^{-1}) dar.

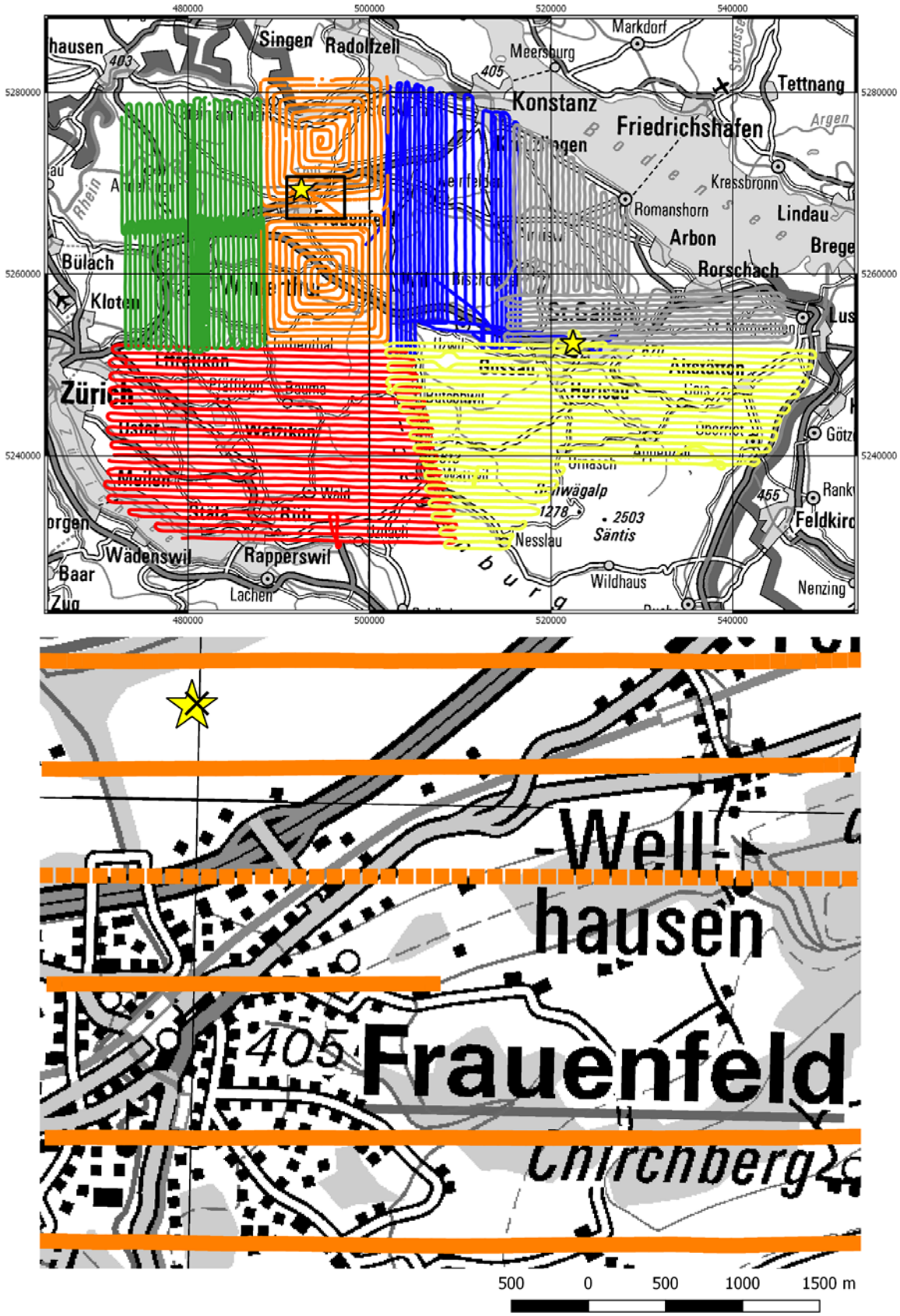


***Abbildung 3**: Gesamtmessgebiet der Aufgabe CM+HS inklusive der geografischen Positionen der beiden ausgelegten radioaktiven Quellen (Stern). Gebietsaufteilung unter den Messteams: Flugbahnen Deutschland in grün (DE02) und orange (DE01) (Nord-Westen); Frankreich in blau; Tschechien in grau; Schweiz in rot und gelb; schwarz eingerahmtes Gebiet vergrößert: Position der im Messgebiet von DE01 ausgelegten radioaktiven Quelle (Stern) und die vom Team DE01 bestimmte Quellposition (Kreuz); Kartenmaterial: Bundesamt für Landestopografie (Schweiz) [2]*

Die Eckdaten zu den Messflügen der deutschen Teams DE01 und DE02 bei der Aufgabe CM+HS waren:

- Datum: 27.06.2017
- Flugstrategie: parallele Bahnen bzw. quadratische Spirale (Hawk) mit Bahnabstand 500 m
- Flugdauer: 6 h je Hubschrauber
- Fluggebiet: ca. 450 km^2 je Hubschrauber
- Flughöhe: 400 ft (ca. 120 m) über Grund

Radiologische Kartierung

Bei der gemeinsamen radiologischen Kartierung des großflächigen Messgebietes (Composite Mapping, CM) wurden die Teilmessgebiete von den Messteams vollständig beflogen (vgl. **Abbildung** 3 oben) und die eingeforderten Messdaten

- Gammaortsdosisleitung *ODL*
- spezifische Aktivität A_D von ^{40}K, ^{232}Th, ^{214}Bi unter Berücksichtigung eines festgelegten Tiefenverteilungsmodells, sowie
- die flächenbezogene Aktivität A_A von ^{137}Cs unter der Annahme einer Oberflächenkontamination (vgl. Anhang A)

im vorgegebenen Zeitrahmen an die Einsatzleitung übermittelt.

Beispielhaft dafür sind in **Abbildung 4** die Werte für die in den Messgebieten bestimmte *ODL* der beiden deutschen Teams dargestellt und zwar in der Form, wie sie am Tag der Messungen abzugeben waren. Die entsprechenden Ergebnisse für die spezifischen Aktivitäten von ^{40}K, ^{232}Th und ^{214}Bi sowie für die flächenbezogene Aktivität von und ^{137}Cs sind in Anhang B dokumentiert.

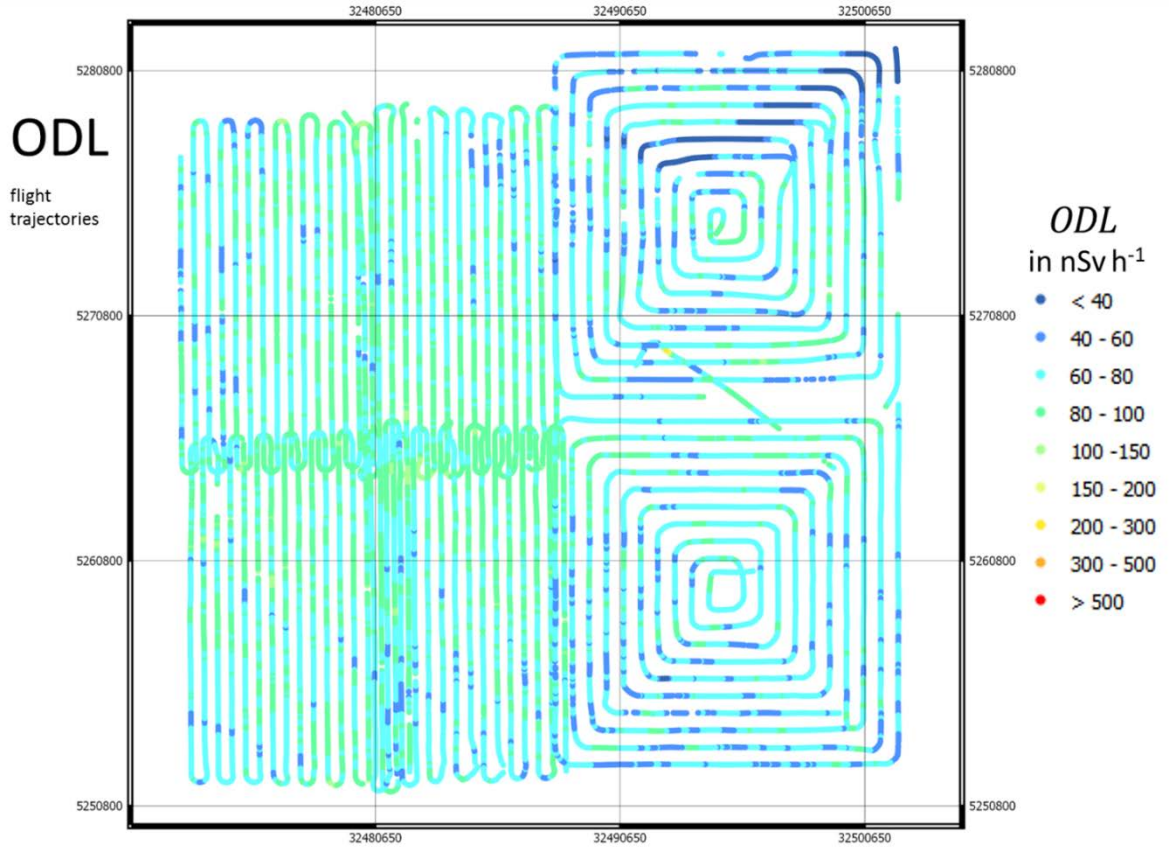


***Abbildung 4**: Von den beiden deutschen Teams DE01 und DE02 im Rahmen der Aufgabe CM+HS ermittelte ODL in nSvh^{-1} entlang der geflogenen Messbahnen*

Im Nachgang zur Übung wurden die Messwerte einer erneuten detaillierteren Datenauswertung unterzogen. Anhand der gemessenen Einzelwerte wurde die räumliche Verteilung der radiologischen Daten für Flächenelemente unterschiedlicher Größe berechnet (siehe **Abbildung 5** und Anhang B).

In **Abbildung 5** sind die vom deutschen Team ermittelten *ODL*-Messwerte auf einer topographischen Karte dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass in diesem Messgebiet keine radiologischen Auffälligkeiten vorliegen und die ermittelten Messwerte mit einer maximalen *ODL* von 120 nSv h^{-1} die natürliche Bodenstrahlung widerspiegeln. Einzig auffällig sind die deutlich geringeren Werte über dem Gebiet des Bodensees. Dies ist dadurch bedingt, dass das Wasser die vom Grund des Bodensees ausgehende Strahlung abschirmt. Hinsichtlich der Betrachtung der Einzelnuklide konnten die natürlichen im Boden vorliegenden Radionuklide ^{232}Th und ^{40}K eindeutig nachgewiesen werden. Das bei dem Reaktorunfall in Tschernobyl freigesetzte ^{137}Cs war dahingegen im Messgebiet nicht nachweisbar (siehe Anhang B). Die dafür unter der Annahme der Oberflächenbelegung berechneten Erkennungsgrenzen liegen im Bereich von 6 kBq m^{-2} bis 10 kBq m^{-2}.

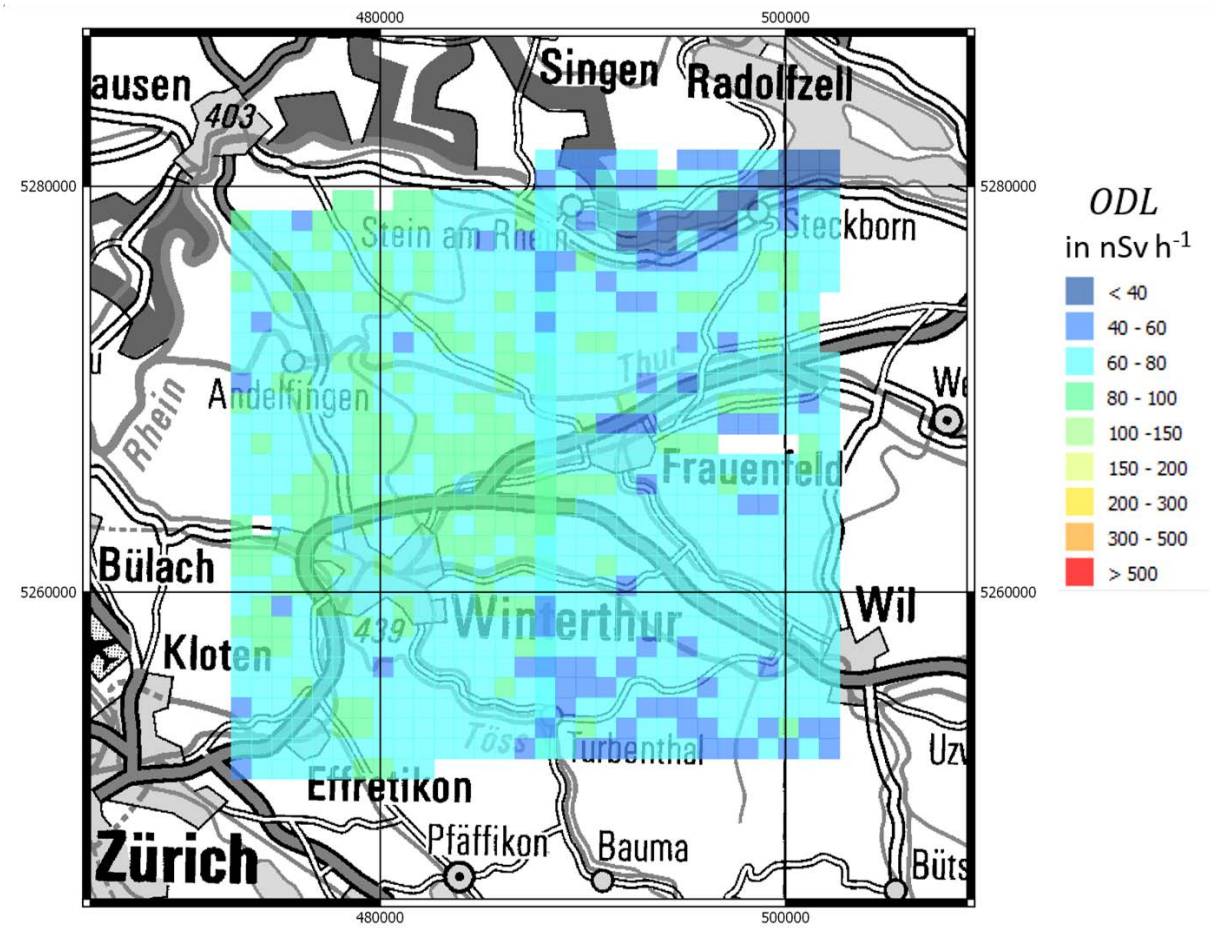


Abbildung 5: Aus den Messergebnissen der deutschen Teams *als Raster mit einem Kilometer Körnung errechnete* Gamma-*Ortsdosisleistung (ODL) in nSv h^{-1}; Kartenmaterial: Bundesamt für Landestopografie (Schweiz) [2]*

Quellensuche

Der zweite Teil der Messaufgabe (Hidden Sources, HS) bestand in der Lokalisierung und Identifizierung von zwei im Gesamtmessgebiet ausgelegten ^{137}Cs-Quellen. Diese wurden vom Organisator der Übung auf den Truppenübungsplätzen Frauenfeld und Herisau-Gossau ausgebracht (vgl. **Abbildung 3** oben). Details zu den Quellfunden sind in Tabelle 1 dokumentiert.

Die mit 47 GBq höheraktive ^{137}Cs-Quelle (Quelle 1) befand sich auf der Messgebietsgrenze der Messteams CH02 und CZ01. Der Fund der Quelle wurde von beiden Teams noch während des Messfluges an die Einsatzzentrale gemeldet. Aufgrund interner Kommunikation zwischen den Messteams und der räumlichen Nähe zur übermittelten Quellposition nutzte auch Team FR01 die Möglichkeit, diese Quelle zu überfliegen.

Die mit 19 GBq niederaktivere ^{137}Cs-Quelle (Quelle 2) befand sich im Messgebiet von Team DE01, welches die Quelle am Vormittag des Flugtages passierte. **Abbildung 3** (unten) zeigt jedoch, dass kein direkter Überflug stattfand. Die Quelle befand sich genau zwischen zwei benachbarten Flugbahnen und wurde zweimal seitlich mit einem Abstand von etwa 300 m passiert. Erst die Offline-Auswertung unmittelbar nach dem Messflug ergab einen Hinweis auf die Position der ^{137}Cs-Quelle. Die in der Auswertezentrale berechnete geographische Lage wurde um 14 Uhr an die Einsatzleitung übermittelt. Das Messteam DE01, das sich zu dieser Zeit wieder in der Nähe des möglichen Fundortes befand, wurde ebenfalls benachrichtigt. Der

direkte Überflug der Quellposition erfolgte um 16:45 Uhr unmittelbar nach Abschluss der Composite-Mapping-Mission und bestätigte eindeutig die berechnete Quellposition.

***Tabelle 1**: Ergebnisse der Quellensuche; Uhrzeit des Quellfundes t_{Fund}, Größenordnung der Entfernung von der tatsächlichen Quellposition Δd, Abweichung der beim Fund angegebenen Aktivität zum tatsächlichen Wert ΔA; Quelle 1: ^{137}Cs mit 47 GBq, Quelle 2: ^{137}Cs mit 19 GBq [2]*

Team	t_{Fund}	Δd in m	Quelle	ΔA in GBq
CH02	08:40	10	1	- 8
CZ01	09:40	1670	1	keine Angabe
FR01	10:15	160	1	- 22
DE01	15:30	40	2	+ 5

Insgesamt zeigte sich, dass die ausgelegten ^{137}Cs-Quelle mit Aktivitäten im GBq-Bereich von allen Teams mit einer relativ hohen Genauigkeit lokalisiert werden konnten. Auch die von den Teams vorgenommenen Berechnungen zur Quellstärke stimmten in ihrer Größenordnung mit den tatsächlichen Quellaktivitäten überein (vgl. Tabelle 1).

3.2. Messaufgaben RM1 und RM2

Für die Referenzmessungen waren von allen Teams zwei Messgebiete mit verschiedenen Flugstrategien zu befliegen. Die bei diesen Messaufgaben vorgegebenen Flugstrategien waren einerseits eine für kleinräumige Messgebiete geeignete Standardstrategie mit geringem Bahnabstand und geringer Flughöhe (Strategie 1) sowie andererseits die bei der Messaufgabe CM+HS angewandte Flugstrategie für größere Messgebiete (Strategie 2).

Die Referenzgebiete waren Messgebiete, die sich sowohl topografisch als auch geologisch deutlich voneinander unterschieden. Während die Linthebene (Messaufgabe RM2) ein flaches Gelände mit nahezu homogener Verteilung natürlicher Radionuklide ist, ist das Referenzgebiet Murgtal-Mürtschenalp (Messaufgabe RM1) sowohl topografisch als auch - aufgrund von Uran-Vererzungen im Messgebiet [3] - radiologisch anspruchsvoller.

Generell sind für die radiologische Kartierung ausgedehnter Gebiete Messflüge mit nahezu konstanter Flughöhe über Grund die geeignetste und gängige Vorgehensweise. Aus diesem Grund war die Messaufgabe RM1 im alpinen Gelände mit einer Höhendifferenz von über 1000 m auf einer Flugbahnlänge von etwa 4 km die fliegerisch anspruchsvollste Aufgabe der gesamten Messkampagne.

Die Eckdaten zu den Messflügen der deutschen Teams DE01 und DE02 bei den Aufgaben RM1 und RM2 waren:

- Datum: 26.06.2017 und 28.06.2017
- Flugstrategie: parallele Bahnen mit Bahnabstand 250 m (Strategie 1) und mit Bahnabstand 500 m (Strategie 2)
- Flugdauer: 2 h 20 min pro Messgebiet

- Fluggebiet: RM1 ca. 7 km^2 RM2 ca. 12 km^2
- Flughöhe: 300 ft (ca. 90 m) über Grund (Strategie 1) und 400 ft (ca. 120 m) über Grund (Strategie 2)

Referenzgebiet Murgtal (RM1)

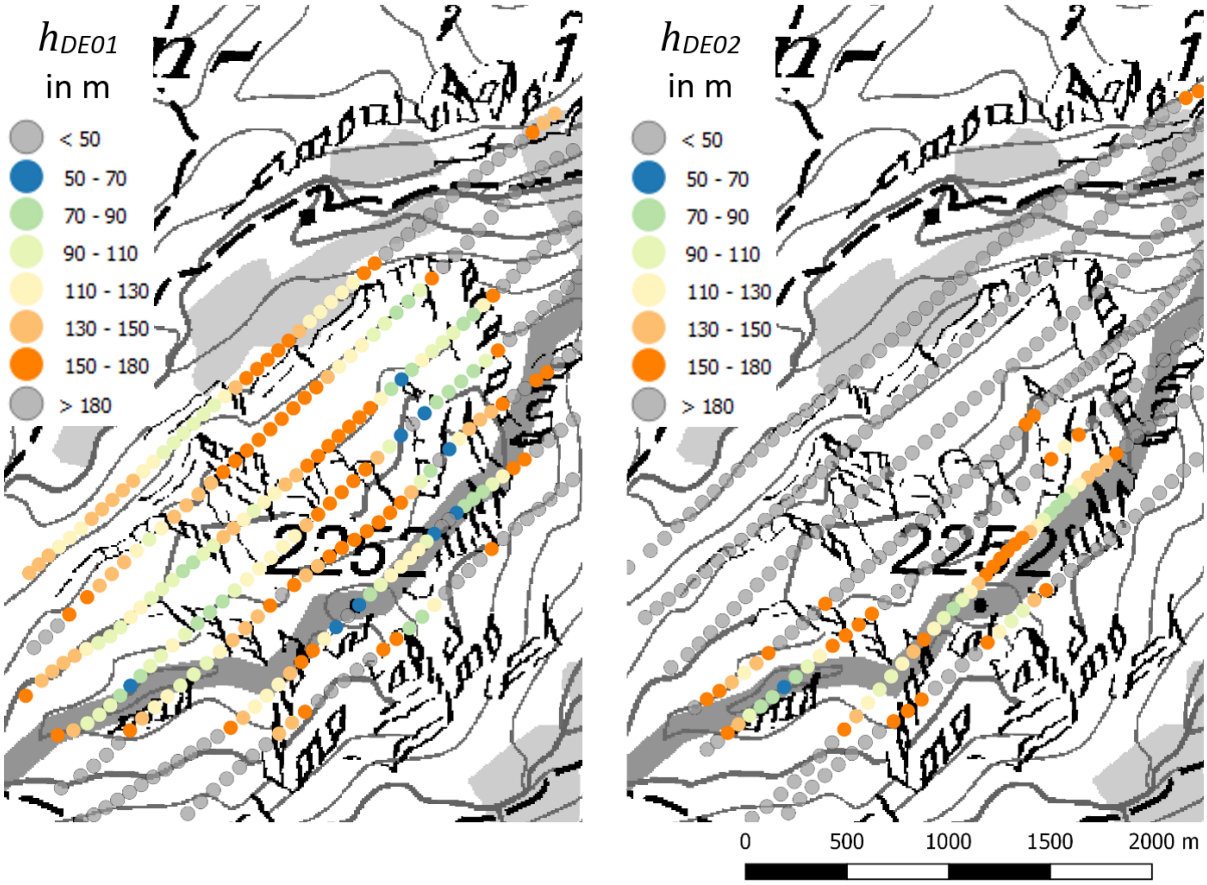


***Abbildung 6**: Dokumentation der von den Teams DE01 (links) und DE02 (rechts) geflogenen Höhen im Messgebiet Murgtal (RM1); Quelle Kartenmaterial: Bundesamt für Landestopografie (Schweiz) [2]*

In **Abbildung 6** sind die Flughöhen der Messteams DE01 und DE02 im Messgebiet Murgtal (RM1) dargestellt. Es lässt sich gut erkennen, dass in diesem Messgebiet die Flughöhe über Grund nicht konstant gehalten werden konnte. Dies ist zum einen den extremen Steigungen im Gelände geschuldet und damit direkt mit den Leistungsparametern des verwendeten Hubschraubertyps gekoppelt. Zum anderen machte die Bewölkungslage beim Messflug von DE02 die Einhaltung geringer Flughöhen nahezu unmöglich.

Bei der routinemäßigen Auswertung aero-gammaspektrometrischer Messdaten werden die ermittelten Nettozählraten auf Zählraten für eine feste Bezugshöhe (hier: 100 m) korrigiert. Die Unsicherheit dieser Methode nimmt mit wachsender Abweichung der tatsächlichen Flughöhe zur Bezugshöhe zu. Daher wurden in dieser Messaufgabe nur Messdaten mit Flughöhen im Bereich von 50 m bis 180 m ausgewertet.

In **Abbildung 7** sind die von Team DE01 bestimmten spezifischen Aktivitäten für ^{232}Th und ^{214}Bi im Messgebiet dargestellt. Die für ^{214}Bi ermittelten spezifischen Aktivitäten deuten mit Werten von über 100 Bq kg^{-1} auf die vermuteten Uran-Vererzungen hin.

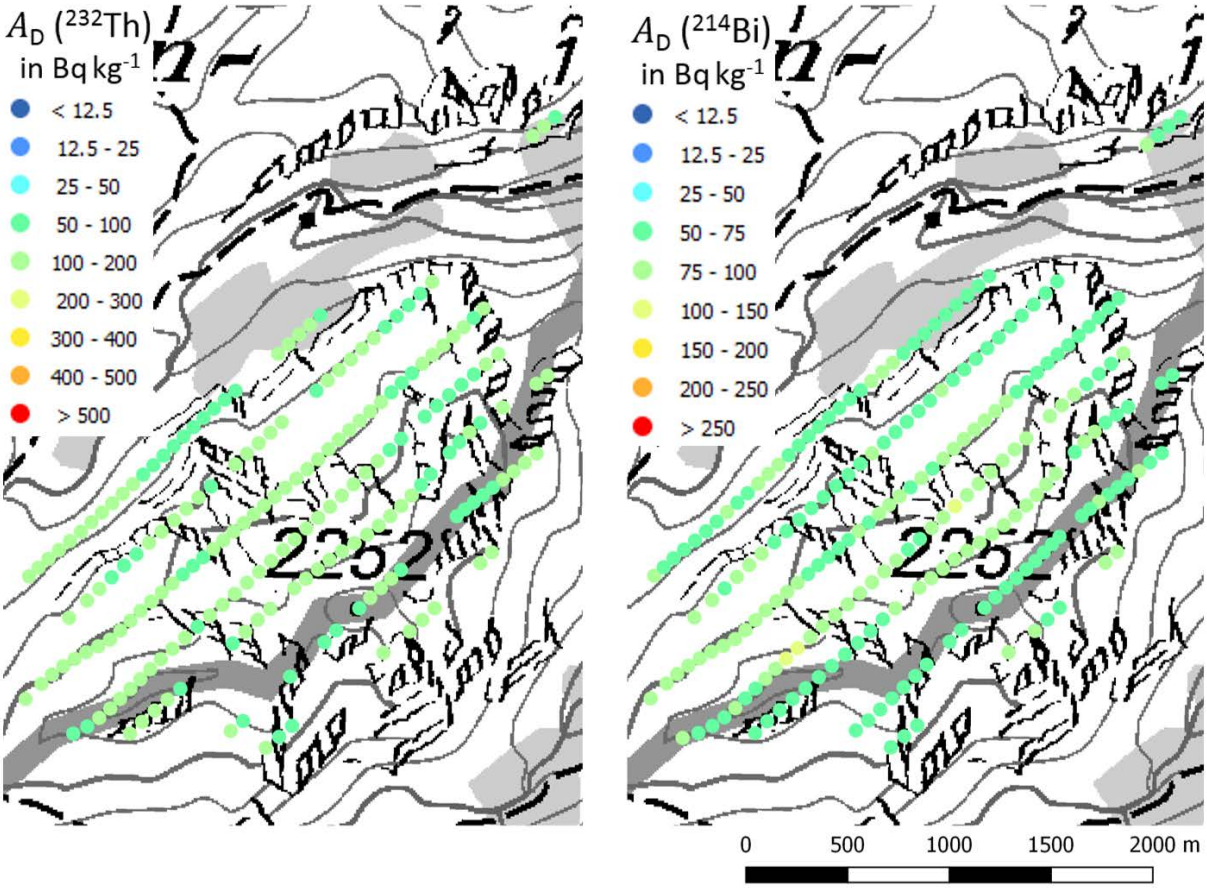


***Abbildung 7**: Von Team DE01 ermittelte spezifische Aktivitäten A_D für ^{232}Th und ^{214}Bi im Messgebiet Murgtal (RM1); Quelle Kartenmaterial: Bundesamt für Landestopografie (Schweiz) [2]*

Referenzgebiet Linthebene (RM2)

Das Messgebiet der Messaufgabe RM2 bietet aufgrund seiner einfachen Geländestruktur die optimalen Ausgangsbedingungen, um die mit verschiedenen Messsystemen und Flugstrategien ermittelten Messwerte miteinander zu vergleichen. In **Abbildung 8** sind die von den beiden deutschen Messteams im Rahmen der Messaufgabe RM2 ermittelten Gamma-Ortsdosisleistungen dargestellt. Der Vergleich der räumlichen Verteilung der bei den drei dargestellten Messflügen bestimmten *ODL* zeigt, dass sowohl die beiden eingesetzten deutschen Messsysteme als auch die beiden verschiedenen von Team DE01 angewandten Flugstrategien gut übereinstimmende Ergebnisse liefern.

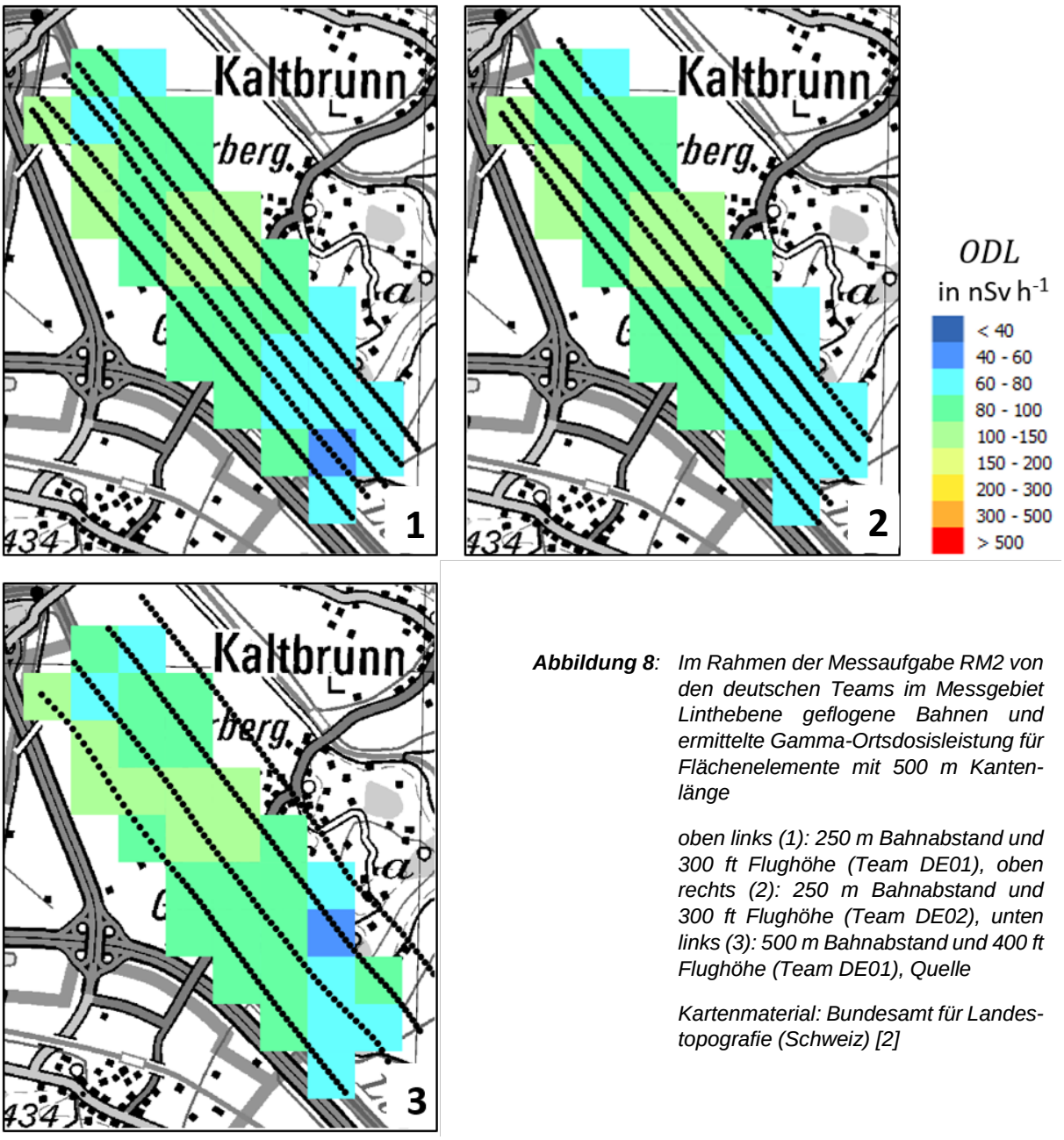


***Abbildung 8**: Im Rahmen der Messaufgabe RM2 von den deutschen Teams im Messgebiet Linthebene geflogene Bahnen und ermittelte Gamma-Ortsdosisleistung für Flächenelemente mit 500 m Kantenlänge*

oben links (1): 250 m Bahnabstand und 300 ft Flughöhe (Team DE01), oben rechts (2): 250 m Bahnabstand und 300 ft Flughöhe (Team DE02), unten links (3): 500 m Bahnabstand und 400 ft Flughöhe (Team DE01), Quelle

Kartenmaterial: Bundesamt für Landestopografie (Schweiz) [2]

Dies bestätigt auch ein Vergleich der für ^{232}Th und ^{40}K ermittelten spezifischen Aktivitäten beider deutscher Teams entlang der mit Flugstrategie 1 geflogenen Bahnen für vier von fünf Flugbahnen im Messgebiet Linthebene (**Abbildungen 9** und **10**). Abweichungen bei den Messwerten von DE01 und DE02 liegen nur für eine von fünf Flugbahnen vor (vgl. Anhang D).

Die Ursache dafür wird im Nachgang der Messübung durch den Vergleich mit den Messwerten der anderen Messteams versucht zu ermitteln.

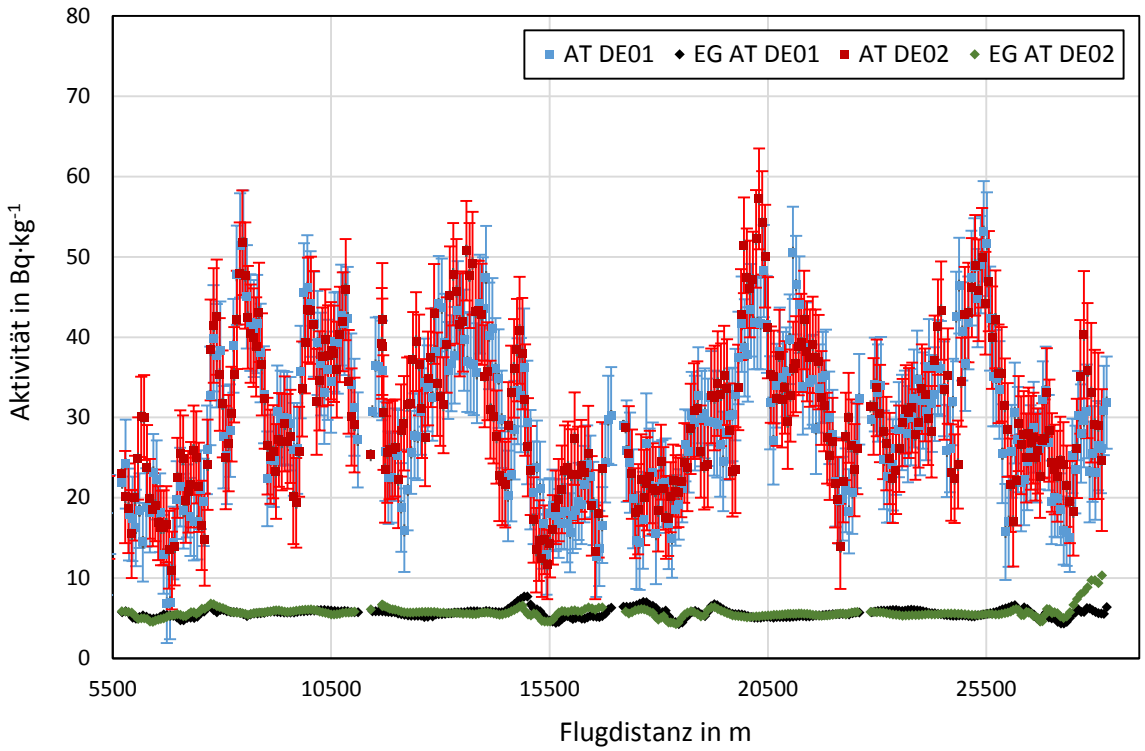


***Abbildung 9**: Vergleich der spezifischen Aktivitäten A_D für ^{232}Th (AT) und Erkennungsgrenzen (EG AT) im Messgebiet Linthebene (RM2) entlang der Flugbahnen für die Teams DE01 und DE02 (hier Flugstrategie 1: 250m Bahnabstand, 300ft (91 m) Flughöhe).*

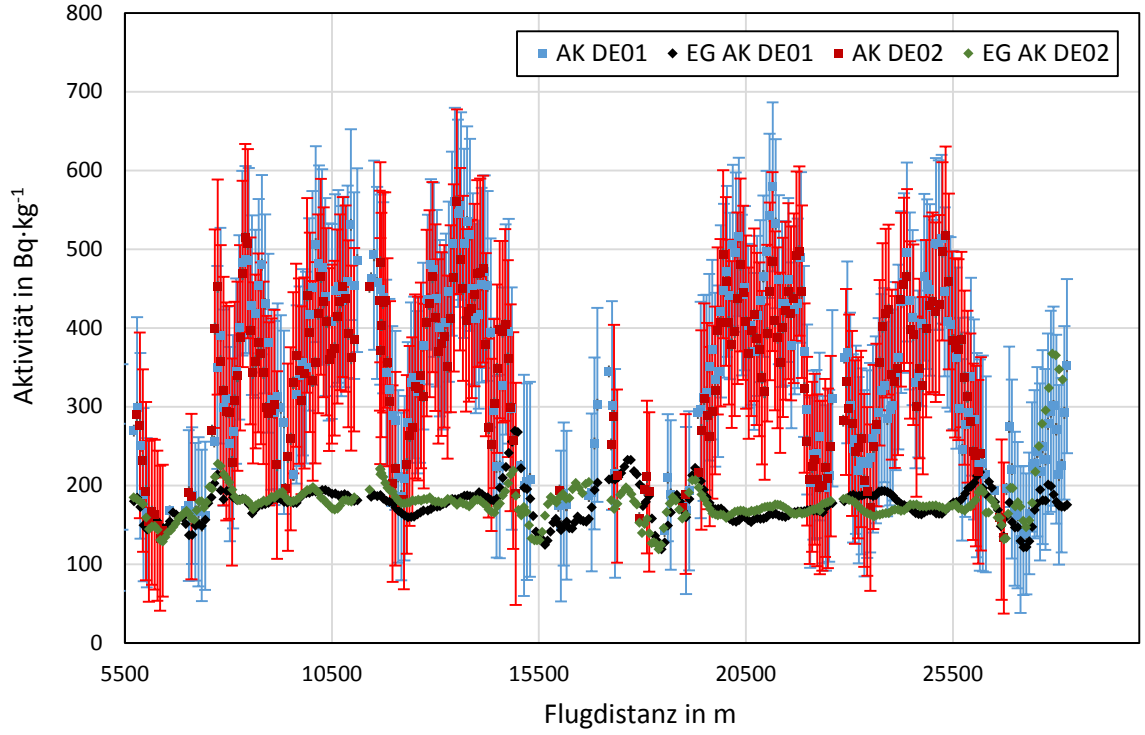


***Abbildung 10**: Vergleich der spezifischen Aktivitäten A_D für ^{40}K (AK) und Erkennungsgrenzen (EG AK) im Messgebiet Linthebene (RM2) entlang der Flugbahnen für die Teams DE01 und DE02 (hier Flugstrategie 1: 250m Bahnabstand, 300ft (91 m) Flughöhe).*

3.3. Messaufgabe TP

Zum Abschluss der Messkampagne hatte jedes Team einen Transversalflug durch die Alpen zu absolvieren. Ziel der Aufgabe war es, trotz der komplexen Topografie die Flughöhe über den gesamten Flug möglichst konstant zu halten. Diese Aufgabe war demzufolge eine spezielle Herausforderung für die Piloten. Das in **Abbildung 11** dargestellte Geländeprofil und die von Team DE01 geflogenen Höhen zeigen, dass mit steigender Veränderlichkeit des Höhenprofils im Gelände auch die über Grund geflogene Höhe stärkeren Schwankungen unterliegt.

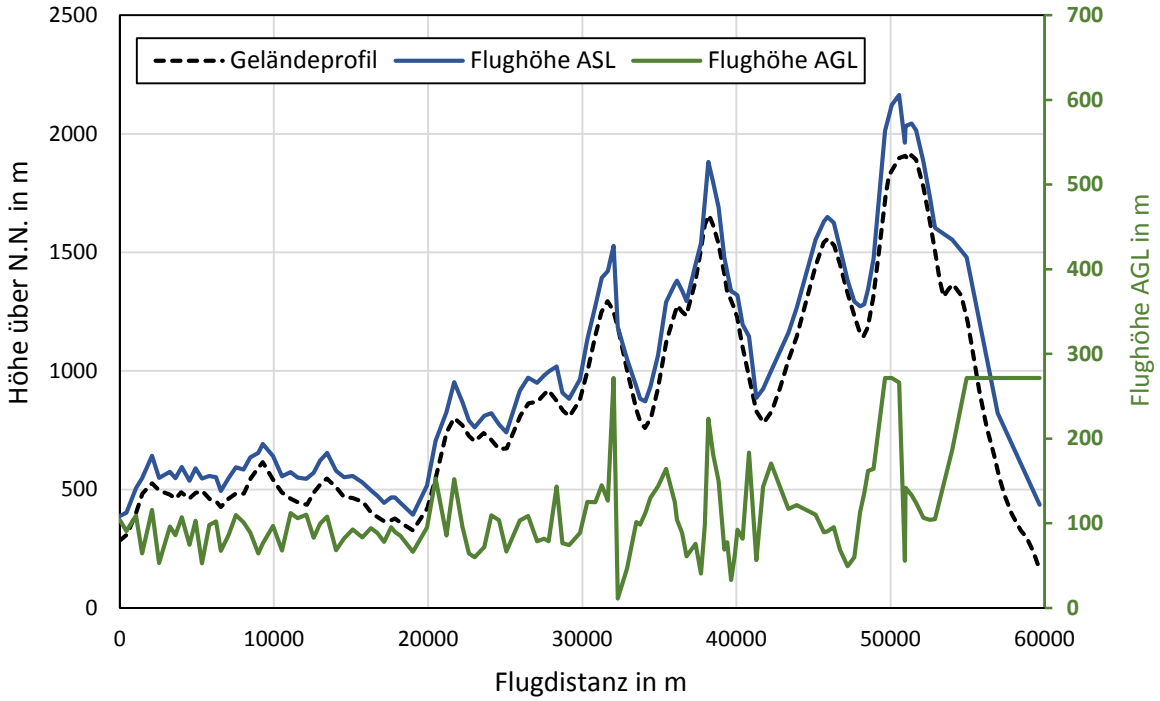


***Abbildung 11**: Flughöhe über Grund (AGL – Above Ground Level) und über N.N. (ASL – Above Sea Level) von Team DE01 im Vergleich zum vorherrschenden Geländeprofil bei der Aufgabe TP.*

In **Abbildung 12** sind die von beiden deutschen Teams entlang der geflogenen Trajektorie ermittelten spezifischen Aktivitäten von ^{40}K dargestellt. Anhand der abgebildeten Werte ist ersichtlich, dass sich bei dieser Messaufgabe die Flughöhen von Messteam DE01 zum größten Teil innerhalb des zulässigen Schwankungsbereichs befanden. Die Flughöhen von Messteam DE02 hingegen lagen im hochalpinen Gelände deutlich außerhalb. Daher konnten für Team DE02 in diesem Bereich keine spezifischen Aktivitäten berechnet werden.

Ein direkter Vergleich der Messwerte beider deutscher Teams ist außerdem durch den leichten Versatz der jeweils geflogenen Bahn nicht möglich. Die räumliche Verteilung der ermittelten Werte deutet jedoch auf vergleichbare Ergebnisse hin.

Die Eckdaten zu den Messflügen der deutschen Teams DE01 und DE02 bei der Aufgabe TP waren:

- Datum: 29.06.2017
- Flugstrategie: Transversalflug mit ca. 60 km Länge
- Flugdauer: 1 h 10 min pro Hubschrauber
- Flughöhe: 300 ft (ca. 90 m) über Grund

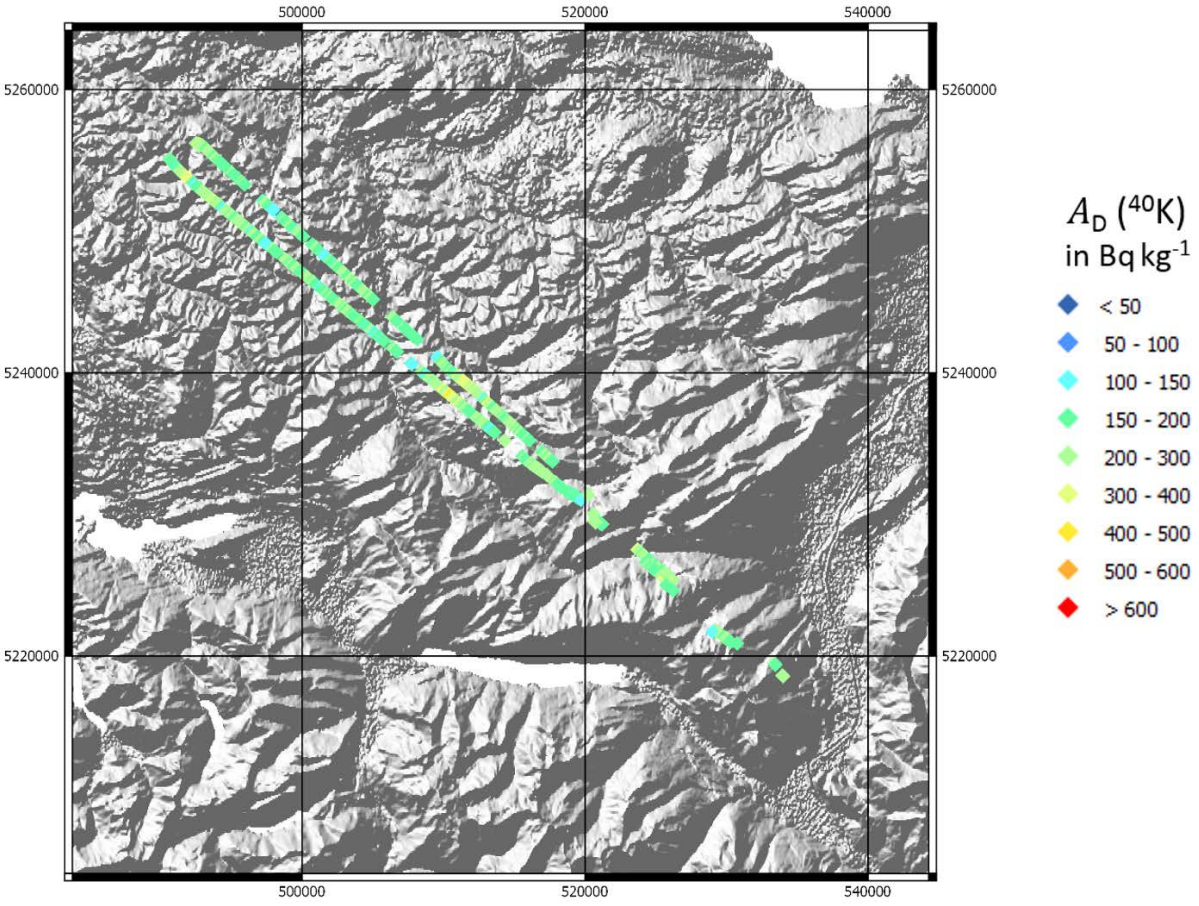


***Abbildung 12**: Von den Teams DE01 (südliche Trajektorie) und DE02 (nördliche Trajektorie) durchgeführter Transversalflug durch die Alpen. Dargestellt ist die spezifische Aktivität von ^{40}K entlang der Flugbahnen, Kartenmaterial: International Centre for Tropical Agriculture (CIAT) [1].*

3.4. Messaufgabe AP

Ziel der Messaufgabe AP war es, das Hintergrundsignal für die eingesetzten Messsysteme in Abhängigkeit der Flughöhe zu bestimmen. Dafür wurden vom Veranstalter sieben Messhöhen vorgegeben. In diesen Flughöhen hat jedes Team in je zweiminütigem Schwebeflug über dem Zuger See den durch den Hubschrauber, die Messtechnik, die Besatzung sowie die kosmische Strahlung verursachten Hintergrund gemessen.

Die Hintergrundzählraten für die Auswertefenster der NaI(Tl)-Detektoren von Team DE01 sind in **Abbildung 13** und für DE02 in **Abbildung 14** für alle sieben vorgegebenen Messhöhen dargestellt. Die unterschiedlichen Hintergrundzählraten für ^{137}Cs und ^{40}K für die beiden Messsysteme zeigen deutlich die Notwendigkeit der Durchführung derartiger Messungen für jedes einzelne Messsystem.

Anmerkung: Die ermittelten Hintergrundzählraten der Detektoren wurden bei der Auswertung der Messaufgaben CM, HS, RM1, RM2 und TP entsprechend berücksichtigt.

Die Eckdaten zu den Messflügen der deutschen Teams DE01 und DE02 bei der Aufgabe AP waren:

- Datum: 28.06.2017

– Flugstrategie: je vorgegebener Flughöhe zweiminütiger Schwebeflug über dem Zuger See
– Flughöhen: 300 ft (ca. 90 m), 600 ft (ca. 180 m), 1000 ft (ca. 300 m), 2000 ft (ca. 600 m), 4000 ft (ca. 1200 m), 6000 ft (ca. 1800 m), 8000 ft (ca. 2400 m)

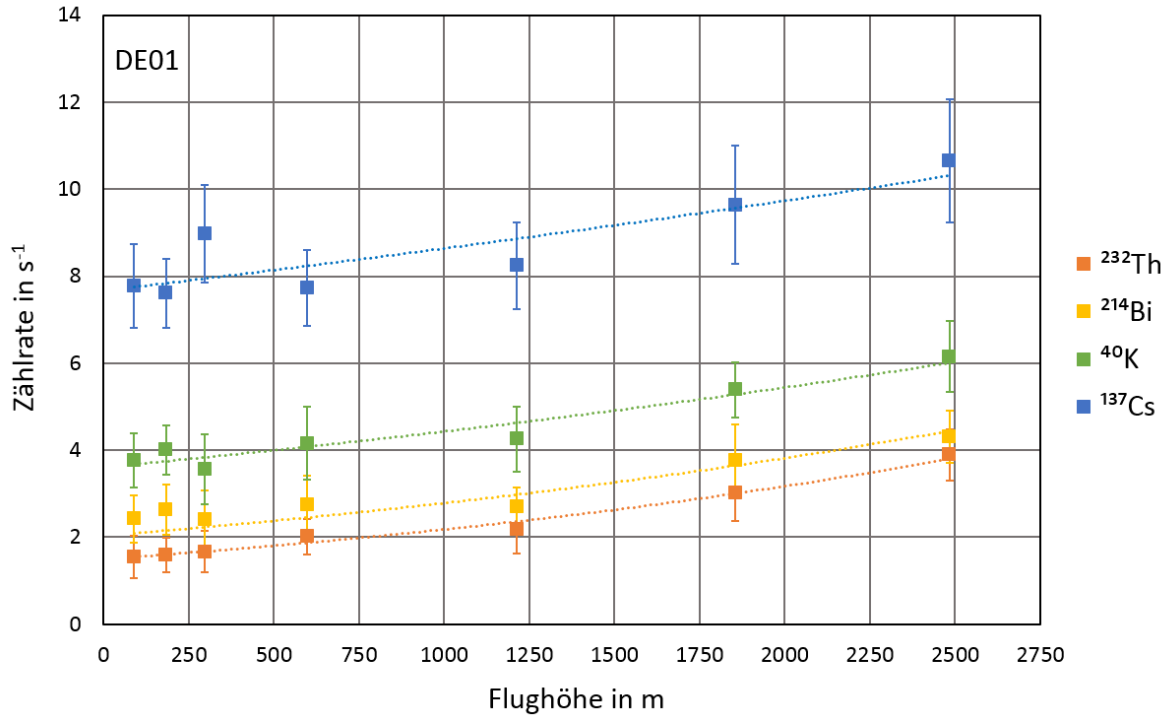


***Abbildung 13**: Von Team DE01 gemessene Hintergrundzählraten für bestimmte Nuklide in den vorgegebenen Flughöhen.*

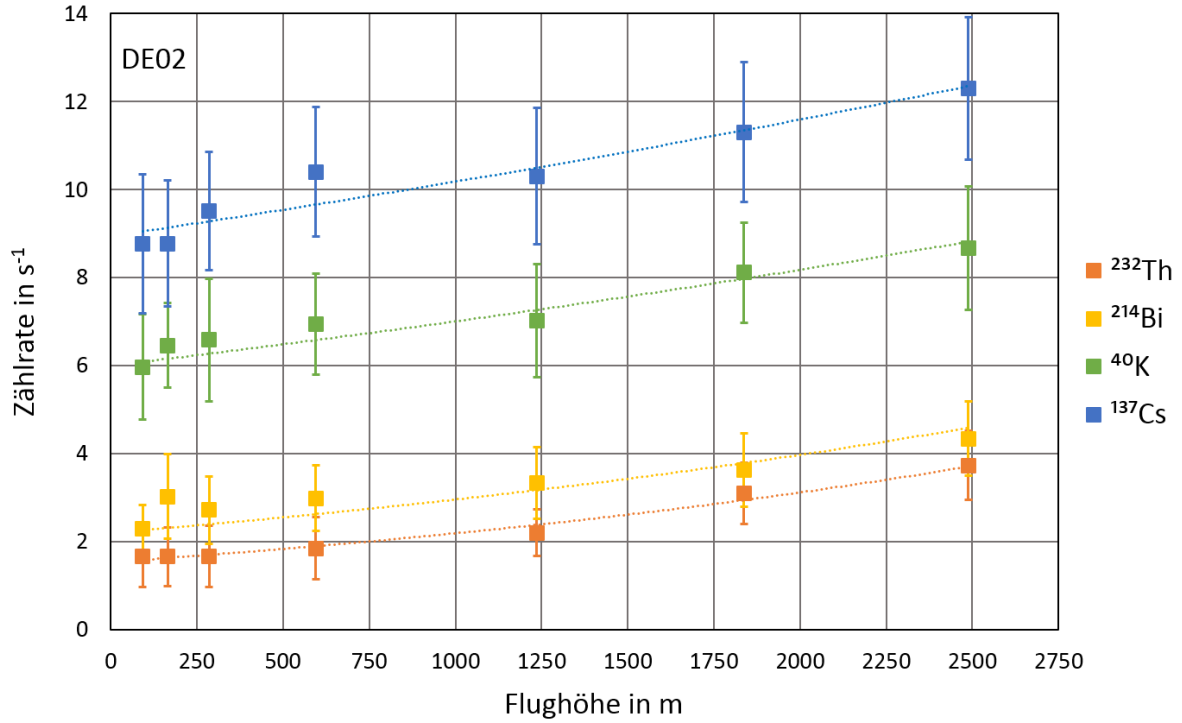


***Abbildung 14**: Von Team DE02 gemessene Hintergrundzählraten für bestimmte Nuklide in den vorgegebenen Flughöhen.*

4. Fazit der Übung ARM17

1. Alle vom Organisator der internationalen Aero-Gammaspektrometrie-Übung ARM17 gestellten Messaufträge konnten erfüllt werden. Die Ergebnisse wurden im zeitlich vorgegebenen Rahmen an die Einsatzzentrale übermittelt.
2. Die internationale Messübung hat den angestrebten fachlichen Mehrwert für alle beteiligten Messteams gebracht. Kenntnisse über die eingesetzten Hubschrauber, die Messtechnik, die Mess- und Auswertesoftware sowie über die agierenden Personen sind bei einem Einsatz im Notfall die Grundvoraussetzung um kompetent zusammenarbeiten zu können.
3. Das deutsche Aero-Gammaspektrometrie-Team ist leistungsfähig, kann aber aufgrund des derzeit eingesetzten Hubschraubertyps (EC135) nur eingeschränkt Einsätze im alpinen Gelände bewältigen. Allerdings werden hochalpine Gebiete nach einem nuklearen Notfall voraussichtlich nicht mit höchster Priorität radiologisch kartiert werden, da diese meist nur sehr dünn besiedelt sind. Nichtsdestotrotz ist geplant, dass in den nächsten Jahren auch Messflüge im Umfeld von Garmisch-Partenkirchen und Berchtesgarden durchgeführt werden.

5. Literatur

[1] Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), http://srtm.csi.cgiar.org.

[2] Kartenmaterial vom Bundesamt für Landestopografie swisstopo

[3] C. Poretti, G. Scharding: *Übung Aeroradiometrie 2017 vom 22.06. – 30.06.2017*, Kurzbericht, https://www.naz.ch/de/dokumentation/arm_bericht.html

Anhang

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE
NATIONAL EMERGENCY OPERATIONS CENTRE
CH | DE | FR | CZ
LAKE
CONSTANCE
AIRBORNE
RADIOMETRICS
SWITZERLAND
2017
Bundesamt für Strahlenschutz
0834
BUNDESPOLIZEI
SURO

A. Tasksheets

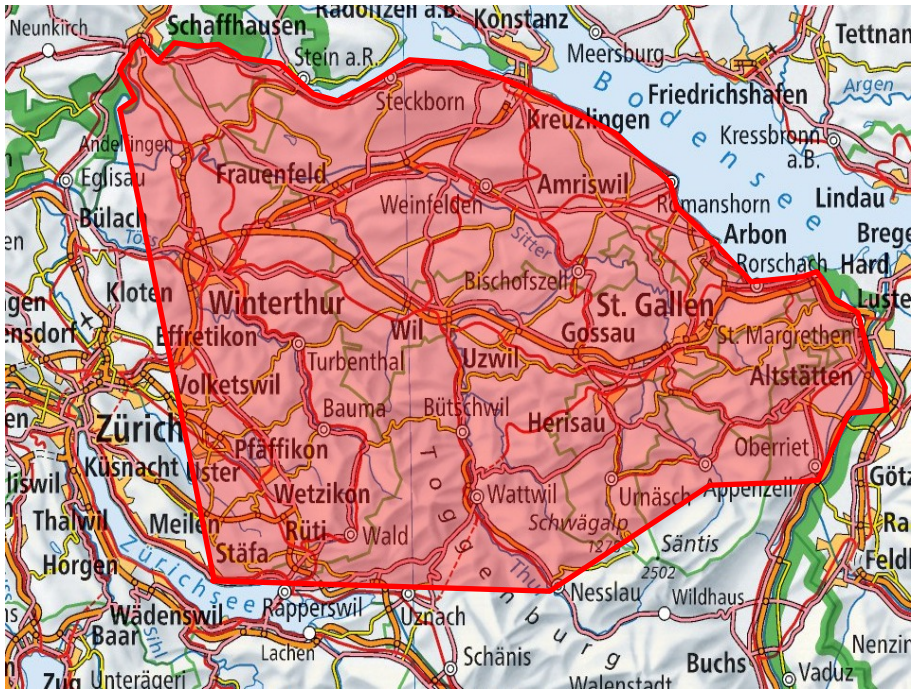
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Department of Defence,
Civil Protection and Sport DDPS

Federal Office for civil Protection FOCP
National Eemergency Operations Centre NEOC

Airborne Radiometrics Exercise – ARM17

CM + HS - Composite Mapping + Hidden Sources: Eastern Switzerland

Task name	CM + HS
Objective	Composite mapping with a search for hidden sources in a large area
Flight area	 Area size: ca. 2900km^2
Flight coordinates (WGS84)	Tbd in the joint meeting on Monday morning
Flight parameters	Speed: tbd in the joint meeting on Monday morning Altitude: tbd in the joint meeting on Monday morning Line spacing: tbd in the joint meeting on Monday morning
Remarks	- Special attention around the airport Zurich-Kloten (ZRH) and the airport St. Gallen-Altenrhein (ACH) - No-fly zone in Oberrindal (WGS: N 47°24’33.61“ E9°06’50.75“), radius 1.5NM - Two Cs-137 sources with an activity of 47GBq an 19GBq
File storage place	[Team code]-Results / Task-CM+HS_CompMapping+HiddenSource
Presentation on Friday	DHSR, AA_Cs-137

Ident-Nr./Vers. 10011413088/01
MS ID/Vers. 10003/02
Aktenzeichen -

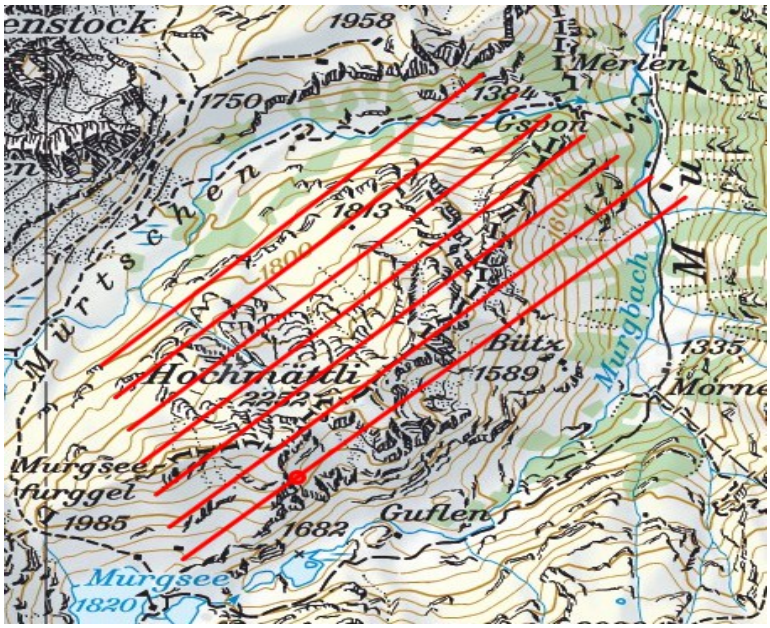
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Department of Defence,
Civil Protection and Sport DDPS

Federal Office for civil Protection FOCP
National Eemergency Operations Centre NEOC

Airborne Radiometrics Exercise – ARM17

RM1 - Reference Mapping: Murg Valley

Task name	RM1
Objective	Measurement in an area with advanced topography and radionuclide distribution
Flight area	 Area size: ca. 5km²
Flight coordinates	*Line:* *Latitude:* *Longitude:* *Latitude:* *Longitude:* 1 47.05517° 9.15412° 47.07387° 9.18448° 2 47.05302° 9.15511° 47.07248° 9.18709° 3 47.05087° 9.15610° 47.07109° 9.18971° 4 47.04871° 9.15709° 47.06970° 9.19232° 5 47.04656° 9.15808° 47.06831° 9.19493° 6 47.04441° 9.15907° 47.06693° 9.19754° 7 47.04226° 9.16006° 47.06554° 9.20016°
Flight parameters	Speed: individual Altitude: 1st flight: 90m, 300ft 2nd flight: if possible the same as in task *CM+HS* Line spacing: 250m, 820ft
Remarks	Aircraft obstacles in Merlen and Mornen-Erdis (both are marked and outside of the flight area)
File storage place	[Team code]-Results / Task-RM1_MurgValley
Presentation on Friday	DHSR, AD_K-40, AD_Th-232, AD_U-238

Ident-Nr./Vers. 10011413088/01
MS ID/Vers. 10003/02
Aktenzeichen -

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Department of Defence,
Civil Protection and Sport DDPS

Federal Office for civil Protection FOCP
National Eemergency Operations Centre NEOC

Airborne Radiometrics Exercise – ARM17

RM2 - Reference Mapping: Linthplain

Task name	RM2
Objective	Measurement in an area with simple topography and radionuclide distribution with two different flight hights
Flight area	 Area size: ca. 6.5km^2
Flight coordinates	*Line:* *Latitude:* *Longitude:* *Latitude:* *Longitude:* 1 47.21082° 8.96464° 47.16695° 9.01616° 2 47.21223° 8.96722° 47.16835° 9.01873° 3 47.21364° 8.96979° 47.16976° 9.02131° 4 47.21504° 8.97237° 47.17116° 9.02388° 5 47.21645° 8.97495° 47.17256° 9.02646°
Flight parameters	Speed: individual Altitude: 1st flight: 90m, 300ft 2nd flight: if possible the same as in task *CM+HS* Line spacing: 250m, 820ft
Remarks	Aircraft obstacle in Benkner Büchel (is marked and outside of the flight area)
File storage place	[Team code]-Results / Task-RM2_LinthPlain
Presentation on Friday	DHSR, AD_K-40, AD_Th-232, AD_U-238

Ident-Nr./Vers. 10011413088/01
MS ID/Vers. 10003/02
Aktenzeichen -

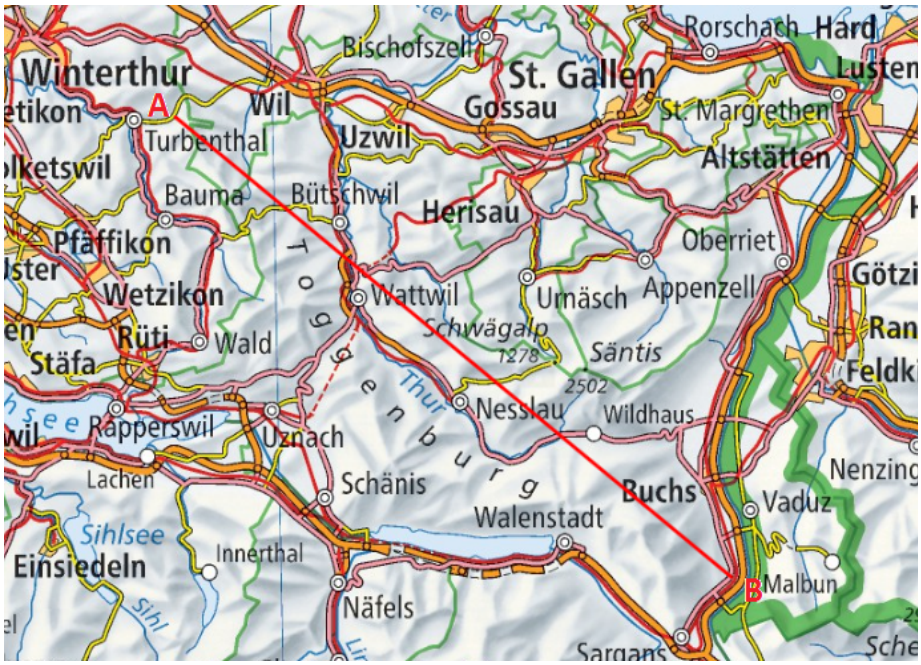
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Department of Defence,
Civil Protection and Sport DDPS

Federal Office for civil Protection FOCP
National Eemergency Operations Centre NEOC

Airborne Radiometrics Exercise – ARM17

TP - Transversal Profile: Transversal

Task name	TP				
Objective	Transversal profile meassurement through the „Alps“				
Flight area	 Profile length: ca. 60km				
Flight coordinates	*Line:* 1	*Latitude:* 47.44010°	*Longitude:* 8.89072°	*Latitude:* 47.09565°	*Longitude:* 9.49607°
Flight parameters	Speed: Altitude: Line spacing:		individual 90m, 300ft none		
Remarks	Caution cables				
File storage place	[Team code]-Results / Task-TP_Transversal				
Presentation on Friday	AD_K-40, AD_Th-232, AD_U-238, if available DHSR_TOT, DHSR_COS				

Ident-Nr./Vers. 10011413088/01
MS ID/Vers. 10003/02
Aktenzeichen -

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Department of Defence,
Civil Protection and Sport DDPS

Federal Office for civil Protection FOCP
National Eemergency Operations Centre NEOC

Airborne Radiometrics Exercise – ARM17

AP - Altitude Profile: Lake Zug

Task name	AP
Objective	Background measurement over a lake
Flight area	
Flight coordinates (WGS84)	*Latitude:* 47.15853° *Longitude:* 8.48487°
Flight parameters	Speed: none Altitude: 90m, 300ft 180m, 600ft 300m, 1000ft 600m, 2000ft 1200m, 4000ft 1800m, 6000ft 2400m, 8000ft Line spacing: none
Remarks	- At least 2 minutes per flight altitude - On an altitude of 2400m/8000ft: Check air space for other aircrafts
File storage place	[Team code]-Results / Task-AP_AltitudeProfile
Presentation on Friday	Not required

Ident-Nr./Vers. 10011413088/01
MS ID/Vers. 10003/02
Aktenzeichen -

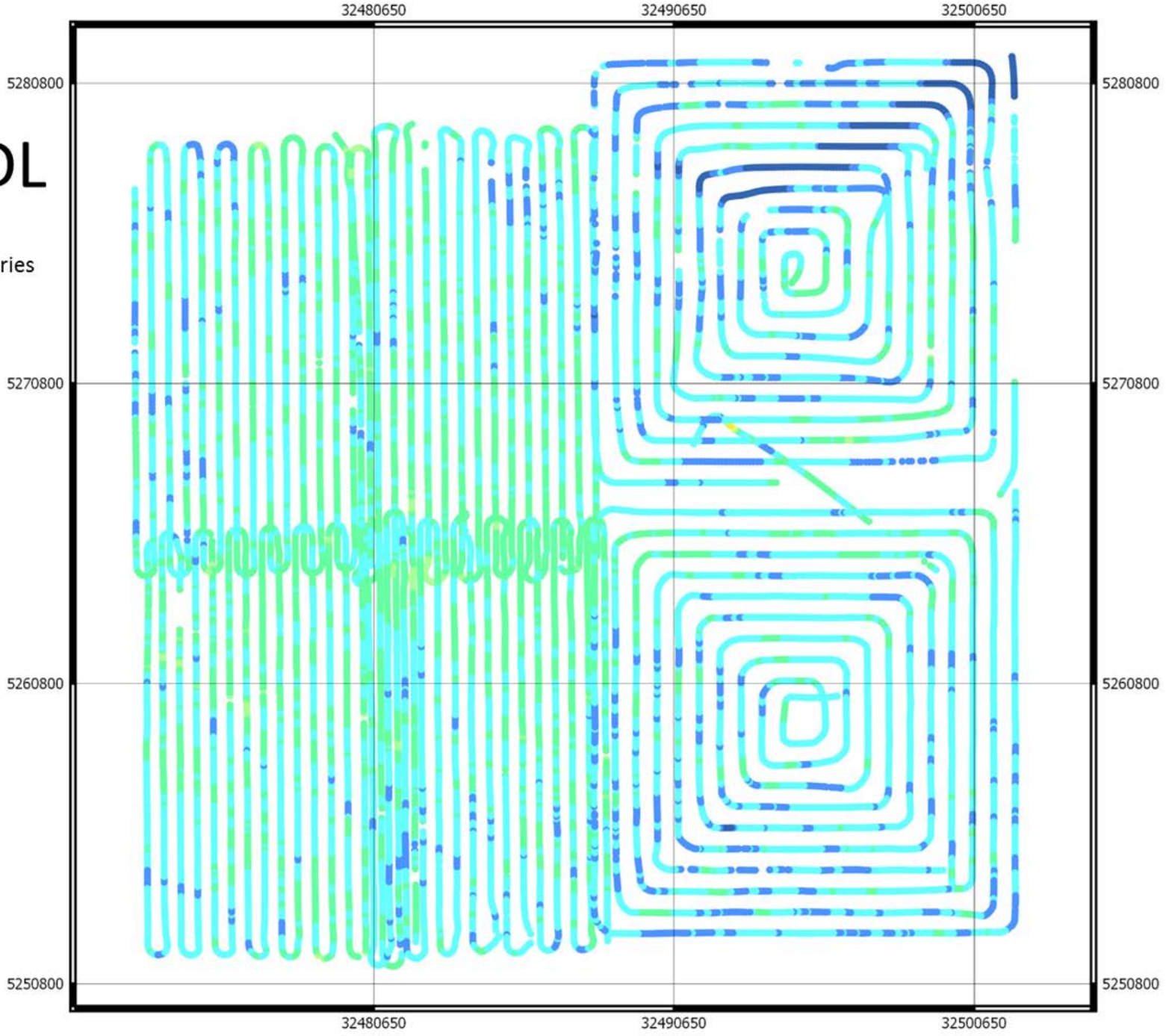
B. Composite Mapping: Ergebnisse der Teams DE01 und DE02

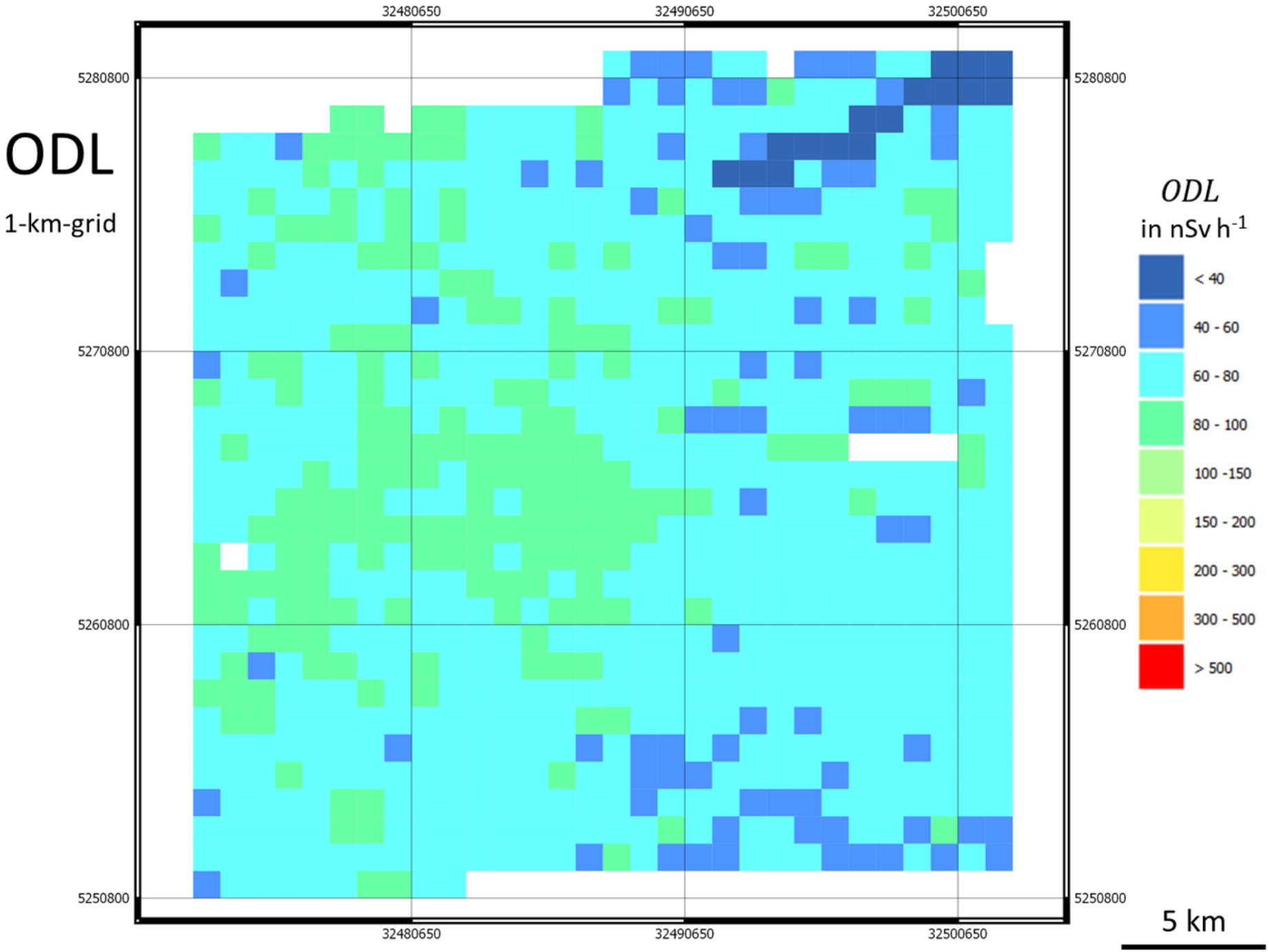
Vor-Ort abgegebene Messdaten und nachträgliche Auswertung

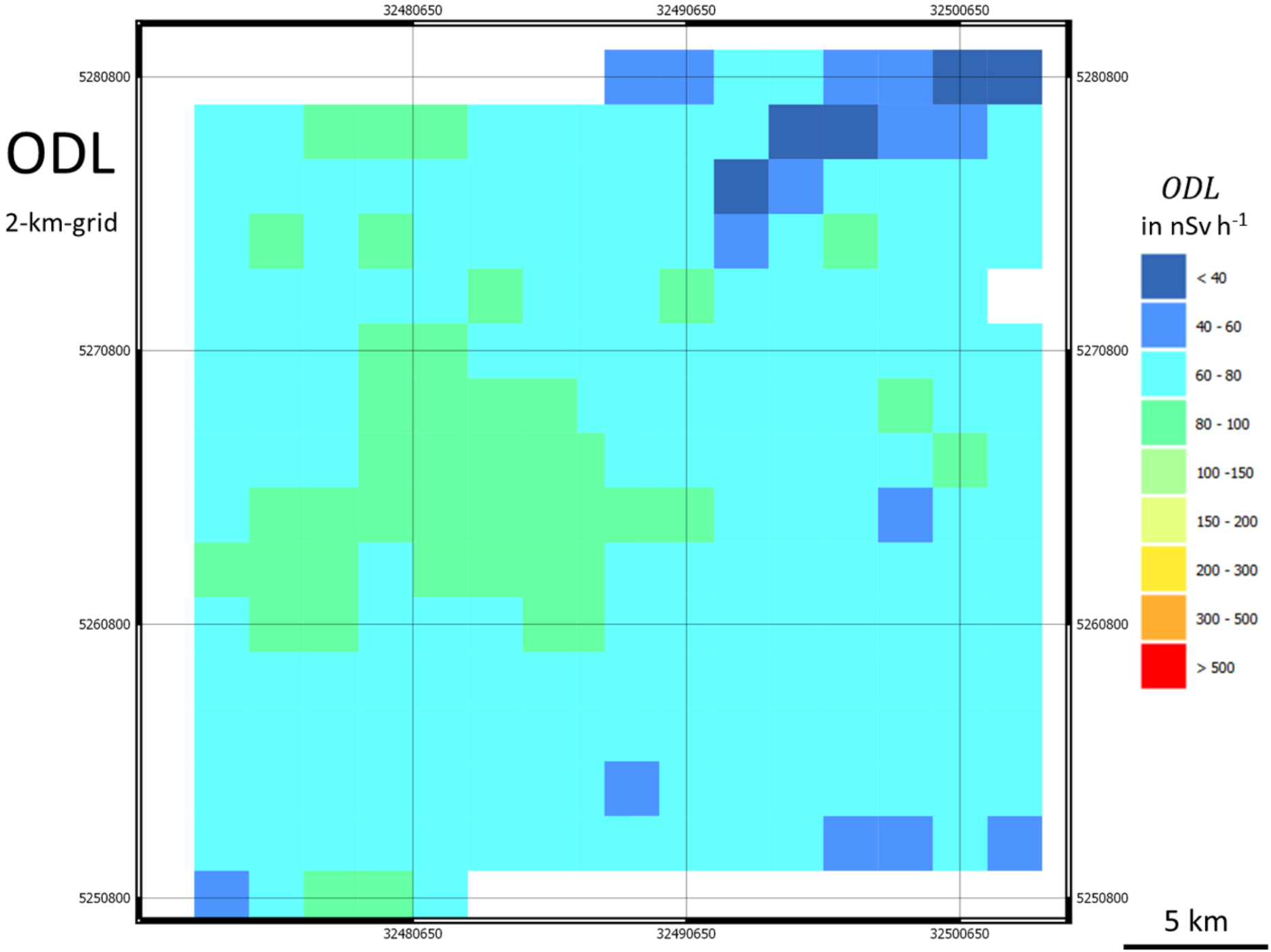
Im Nachgang zur Übung wurden die Messwerte einer erneuten detaillierteren Datenauswertung unterzogen. Anhand der entlang den Flugbahnen gemessenen Einzelwerte wurde die räumliche Verteilung der radiologischen Daten für Flächenelemente unterschiedlicher Größe (z. B. 1km x 1km bzw. 2kmx 2km) bestimmt. Hierbei wurde über das jeweils betrachtete Messgebiet ein definiertes Raster gelegt, anhand dessen mehrere Messpunkte einem Rasterelement (Pixel oder auch Kachel) zugeordnet wurden. Alle in einem Rasterelement enthaltenen Messspektren, die festgelegte Kriterien erfüllen (Flughöhe Messintervalls darf nicht mehr als 30% von der mittleren Flughöhe des Flächenelements abweichen, 90 % der Messzeit pro Einzelmessspektrum muss im Flächenelement anfallen), wurden dann zu einem Summenspektrum aufaddiert und erneut ausgewertet.

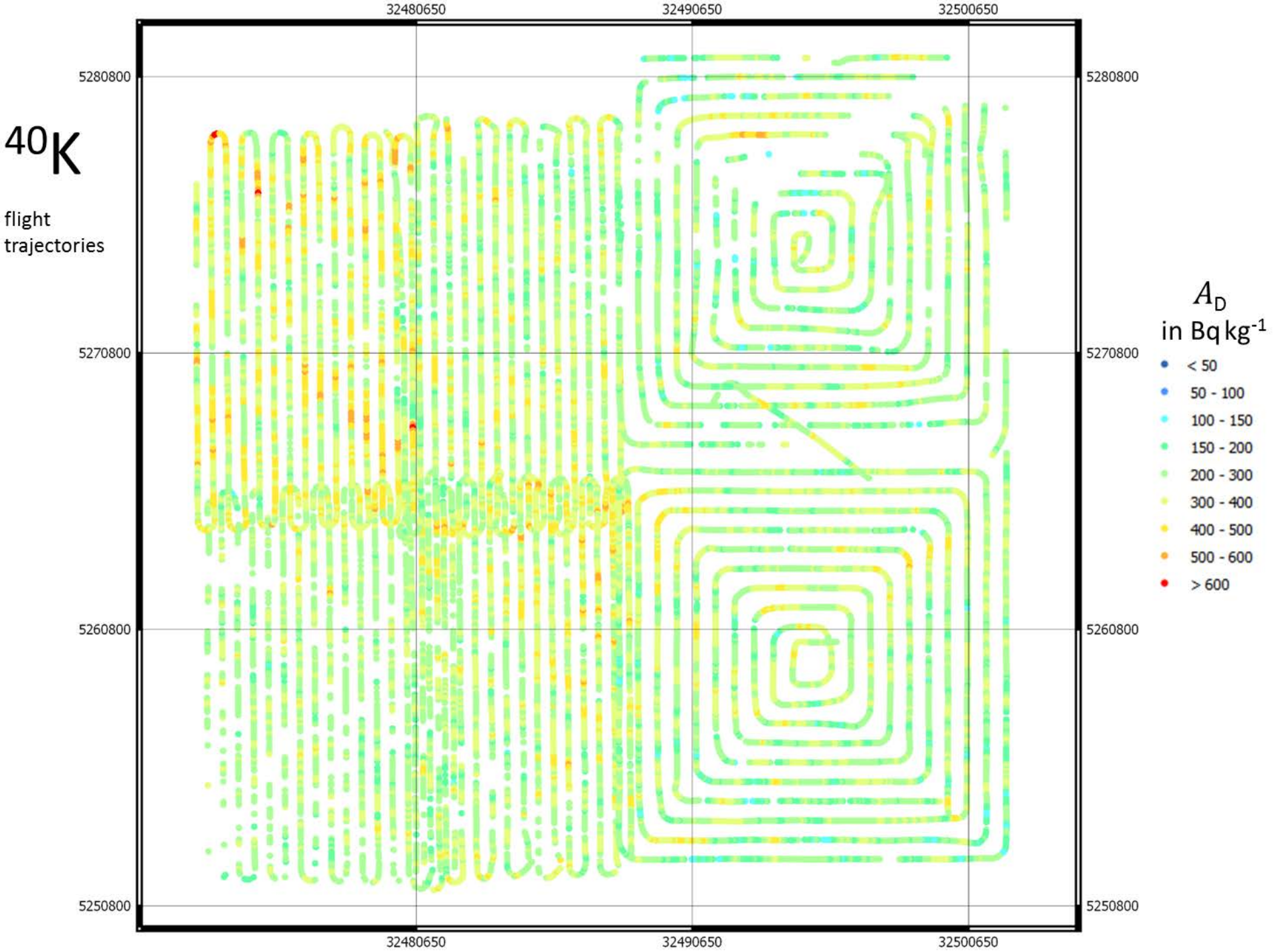
ODL

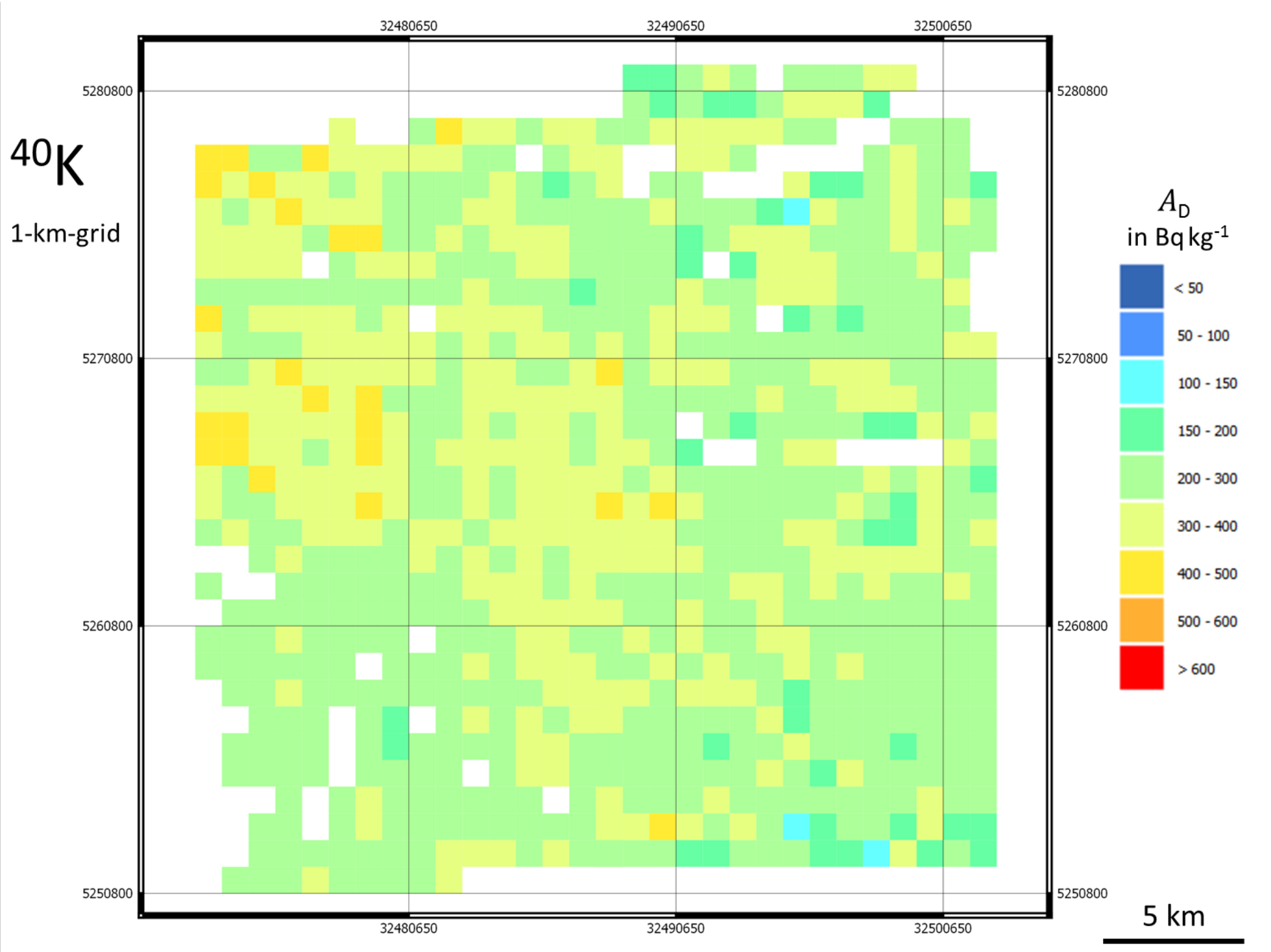
flight
trajectories

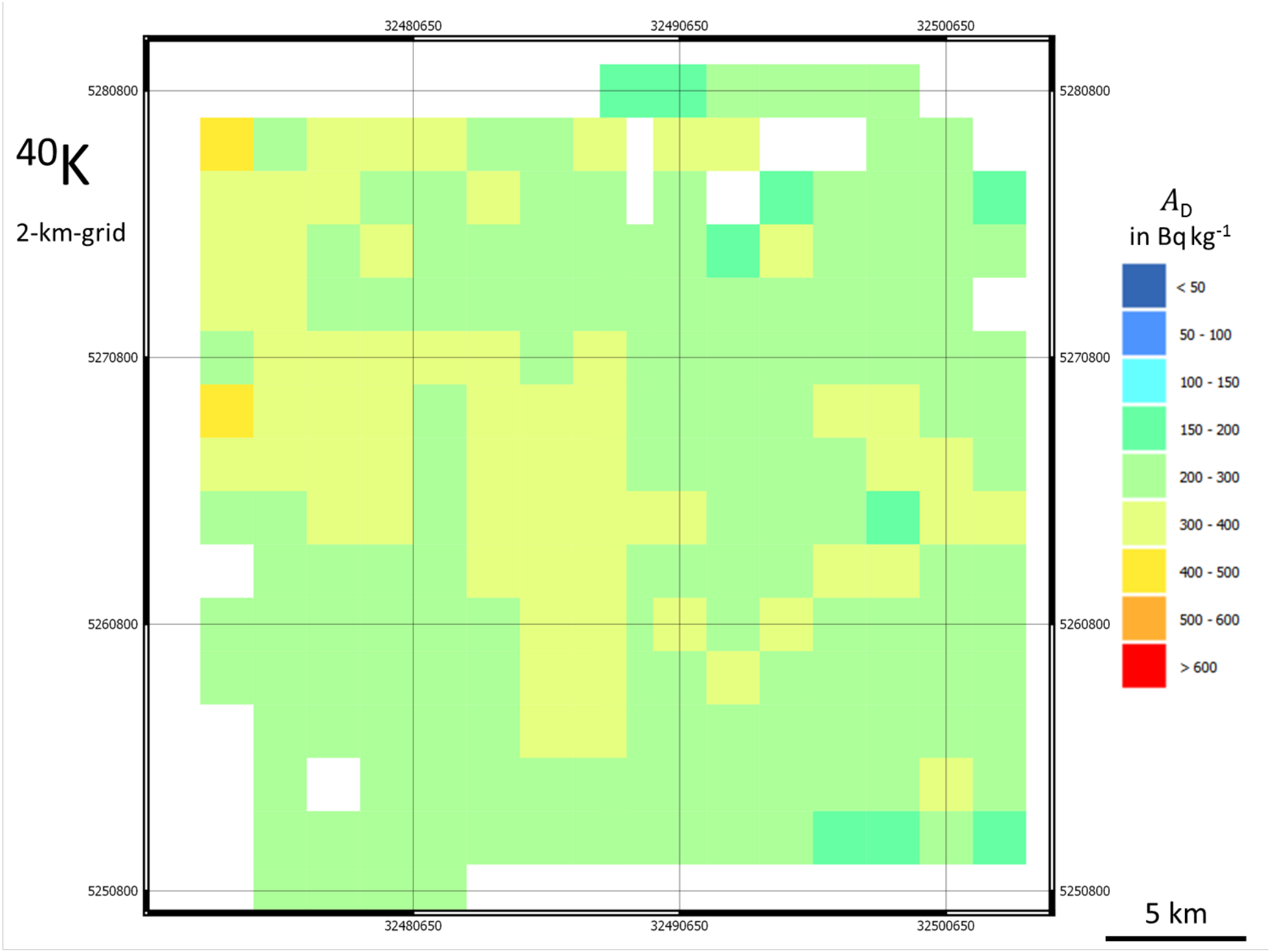


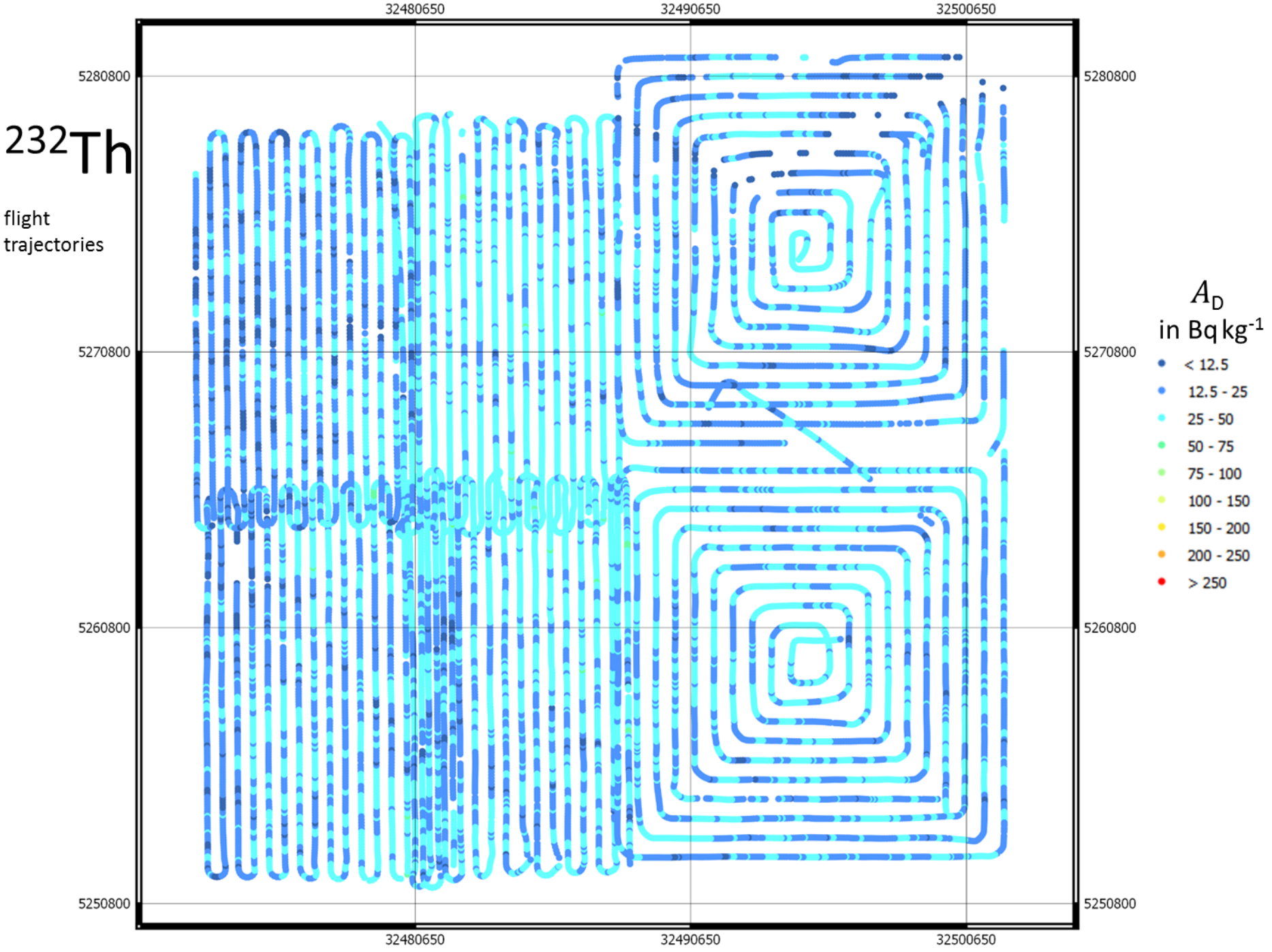

ODL
1-km-grid
32480650
32490650
32500650
5280800
5270800
5260800
5250800
ODL
in nSv h-1
< 40
40 - 60
60 - 80
80 - 100
100 -150
150 - 200
200 - 300
300 - 500
> 500
5 km

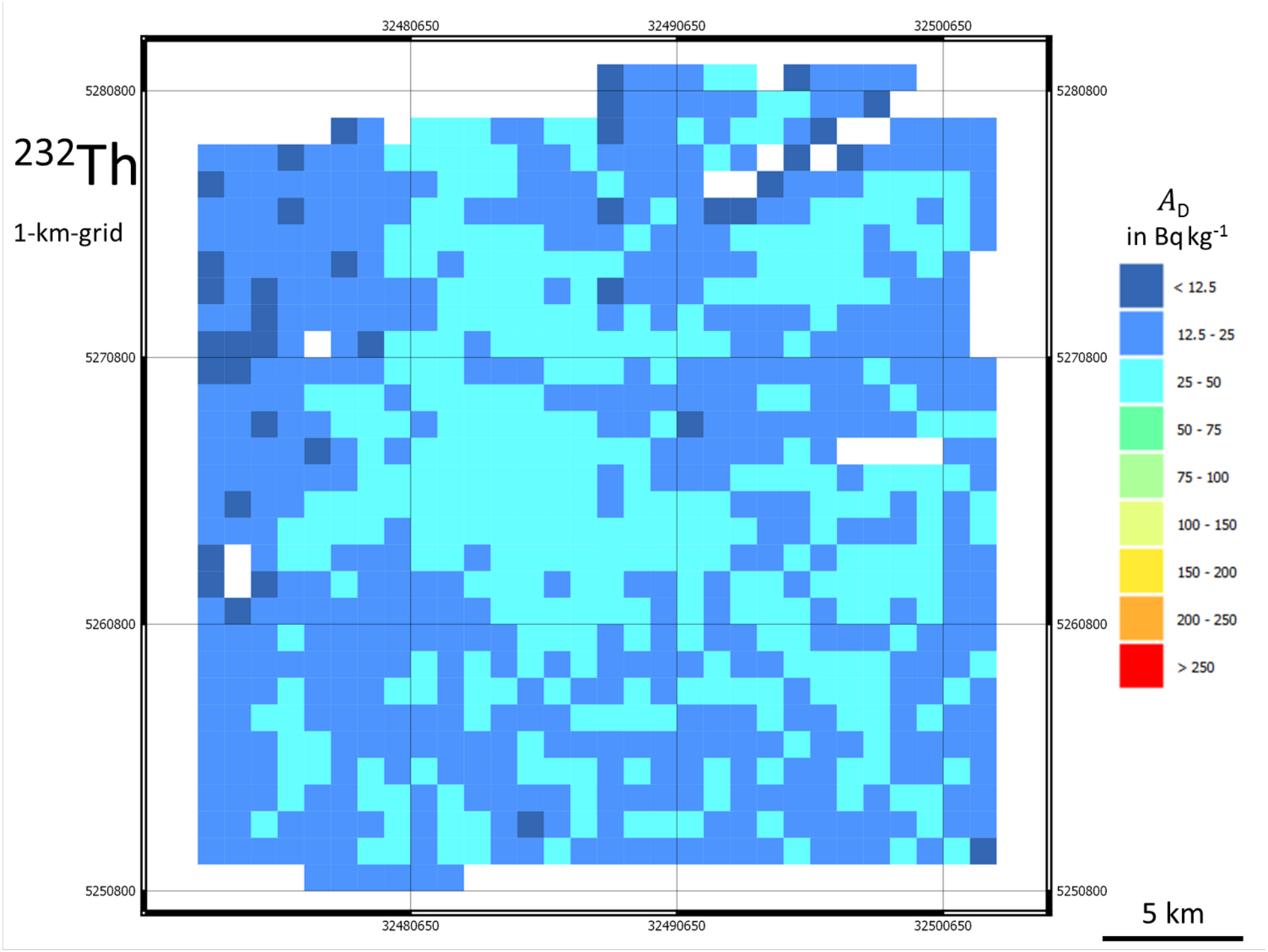

ODL
2-km-grid
32480650
32490650
32500650
5280800
5270800
5260800
5250800
ODL
in nSv h-1
< 40
40 - 60
60 - 80
80 - 100
100 -150
150 - 200
200 - 300
300 - 500
> 500
5 km

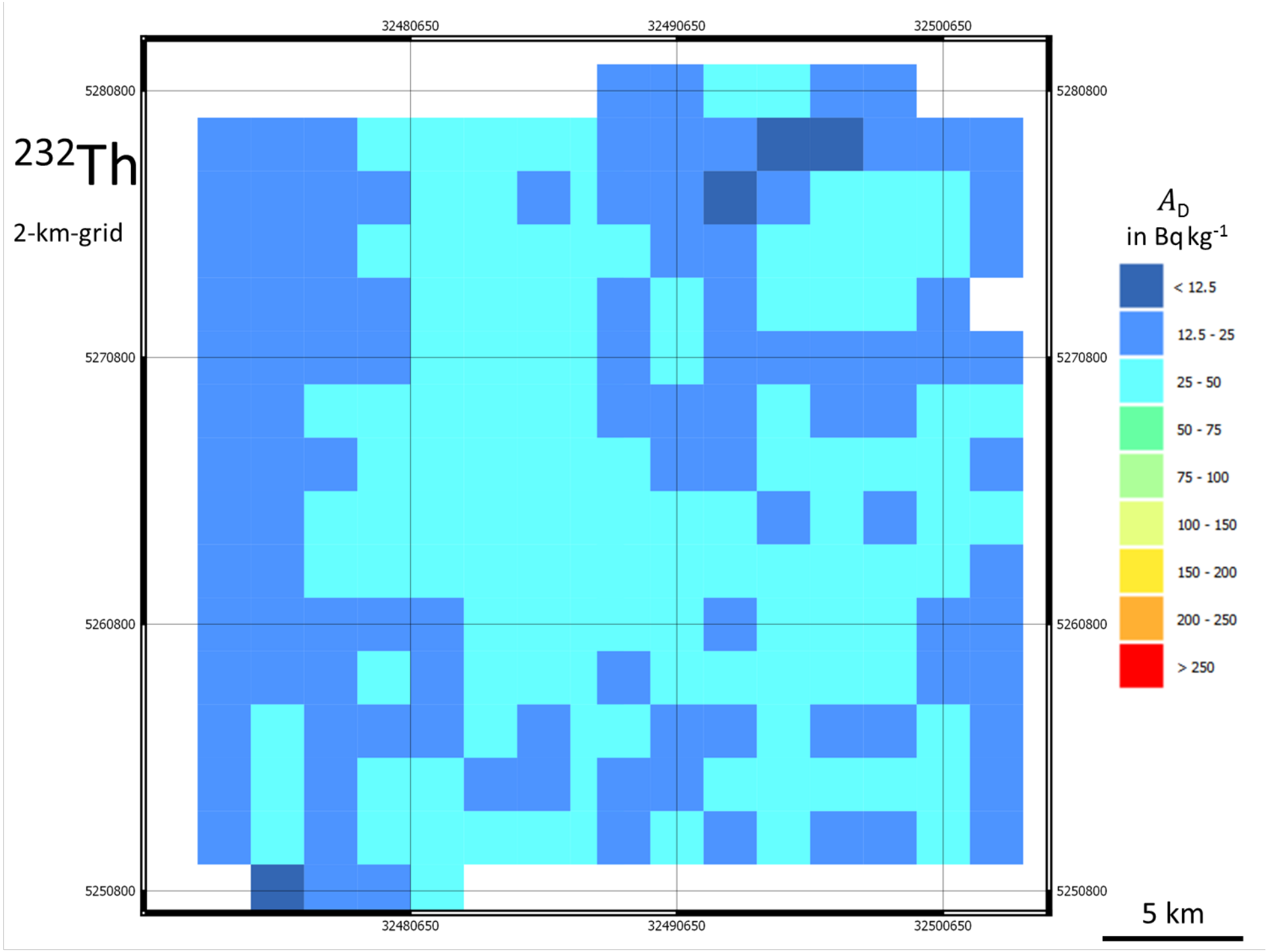

^{40}K
flight trajectories
32480650
32490650
32500650
5280800
5270800
5260800
5250800
A_D in Bq kg^{-1}
< 50
50 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 300
300 - 400
400 - 500
500 - 600
> 600

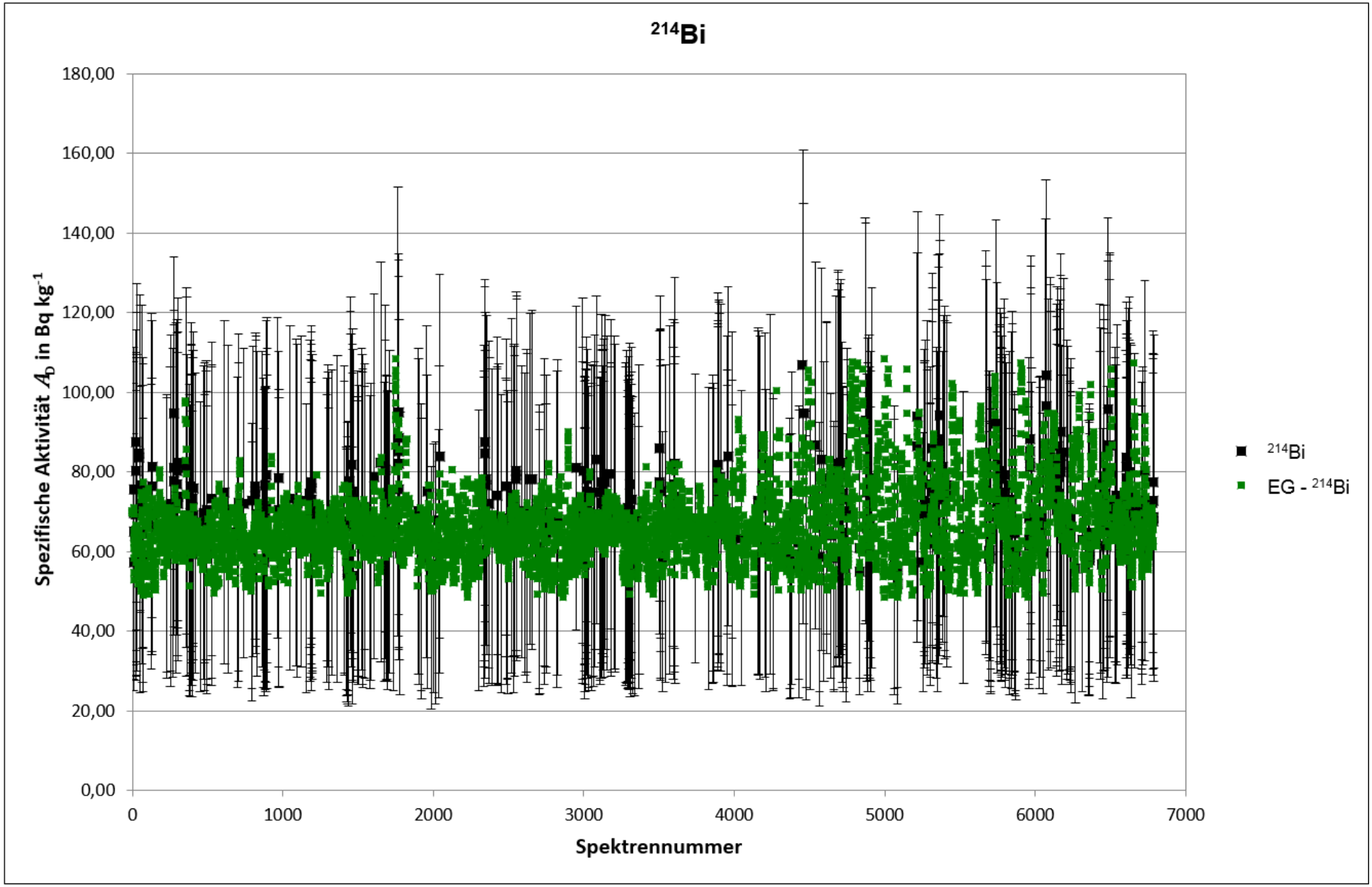

40K
1-km-grid
32480650
32490650
32500650
5280800
5270800
5260800
5250800
A_D
in Bq kg^{-1}
< 50
50 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 300
300 - 400
400 - 500
500 - 600
> 600
5 km

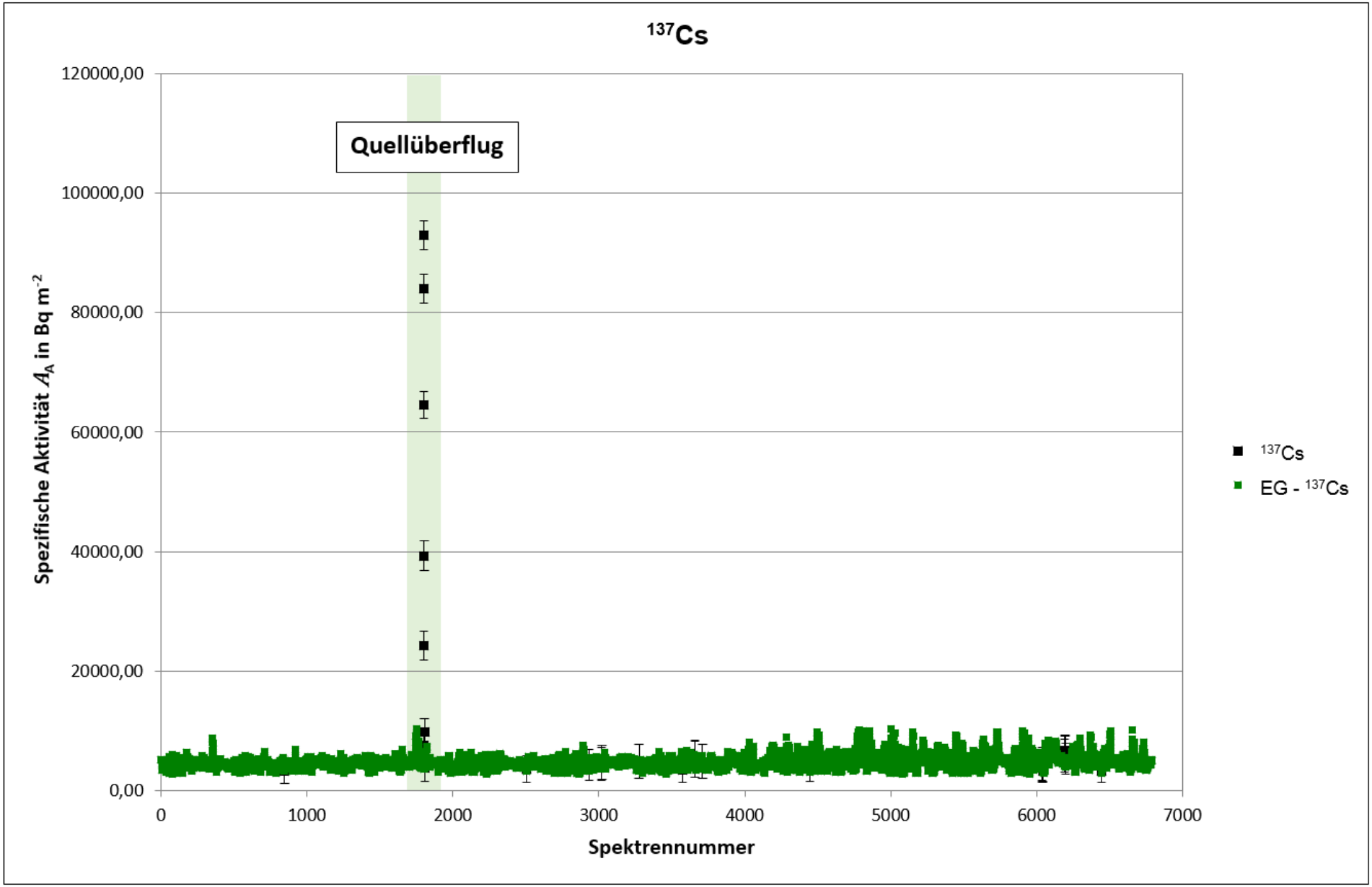

40K
2-km-grid
32480650
32490650
32500650
5280800
5270800
5260800
5250800
A_D
in Bq kg-1
< 50
50 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 300
300 - 400
400 - 500
500 - 600
> 600
5 km


232Th
flight trajectories
32480650
32490650
32500650
5280800
5270800
5260800
5250800
A_D in Bq kg^{-1}
< 12.5
12.5 - 25
25 - 50
50 - 75
75 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 250
> 250

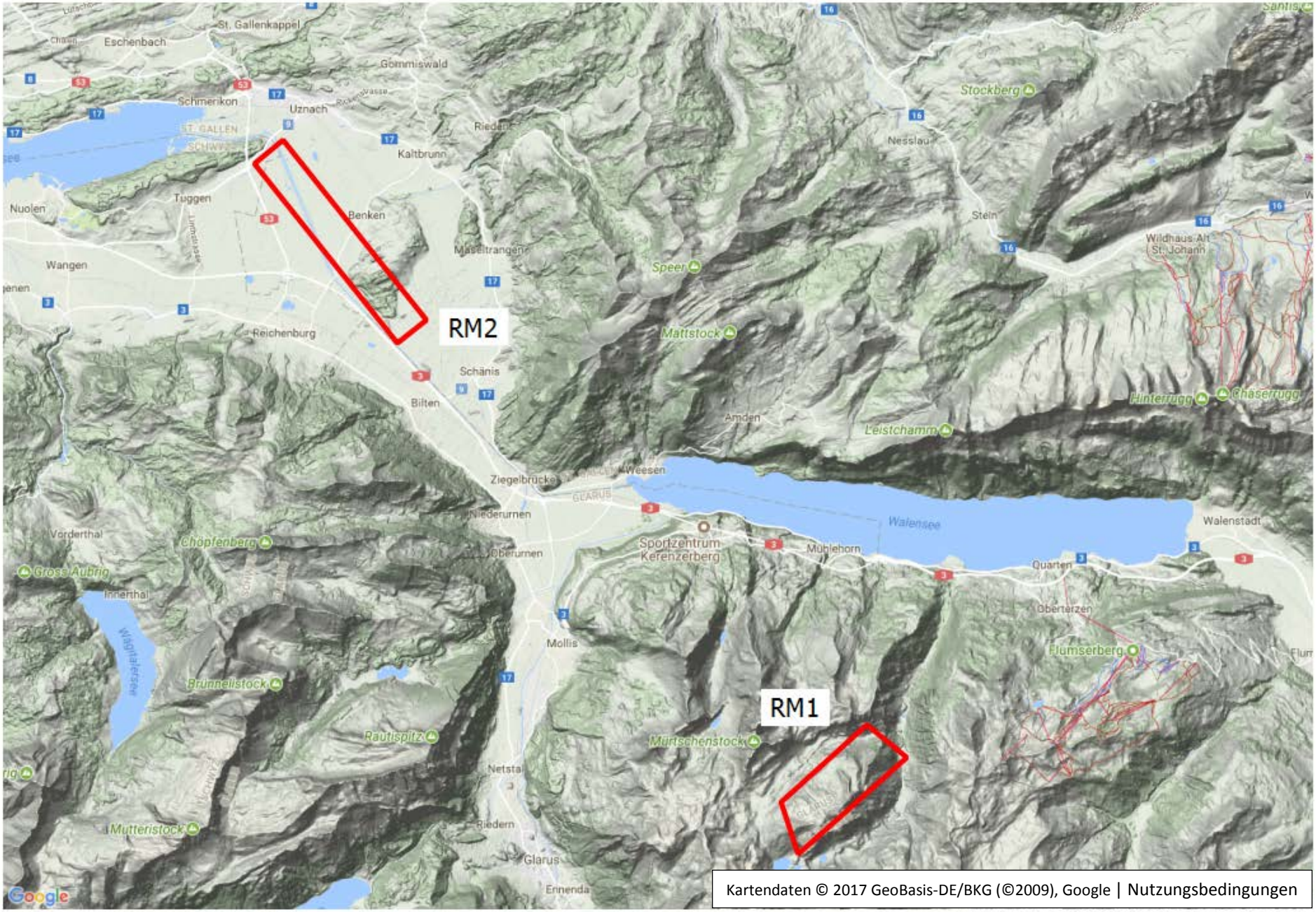

^{232}Th
1-km-grid
32480650
32490650
32500650
5280800
5270800
5260800
5250800
A_D
in Bq kg^{-1}
< 12.5
12.5 - 25
25 - 50
50 - 75
75 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 250
> 250
5 km


32480650
32490650
32500650
5280800
5270800
5260800
5250800
^{232}Th
2-km-grid
A_D
in Bq kg^{-1}
< 12.5
12.5 - 25
25 - 50
50 - 75
75 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 250
> 250
5 km

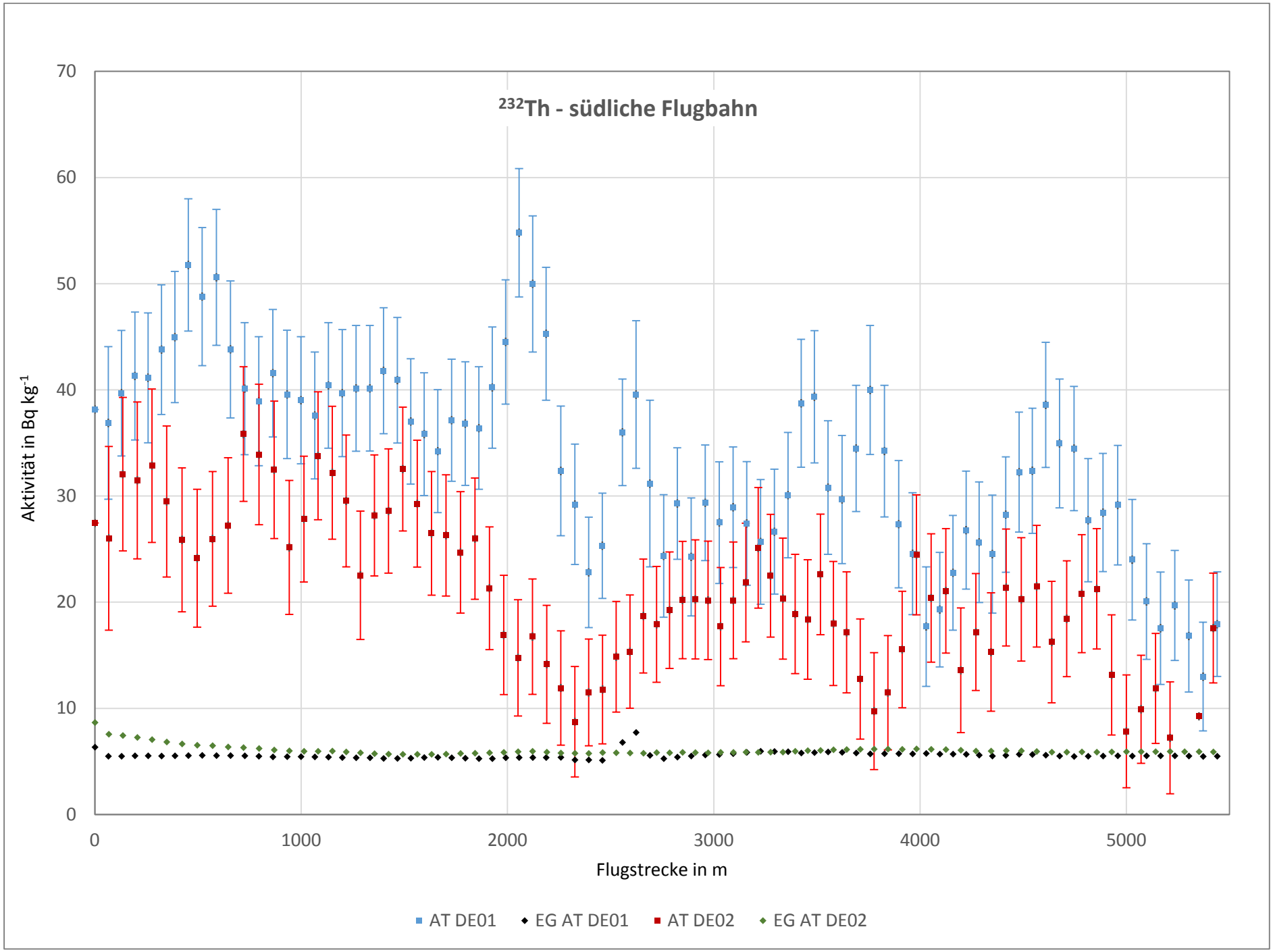

214Bi
180,00
160,00
140,00
120,00
100,00
80,00
60,00
40,00
20,00
0,00
Spezifische Aktivität A_D in Bq kg^{-1}
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
Spektrennummer
214Bi
EG - 214Bi

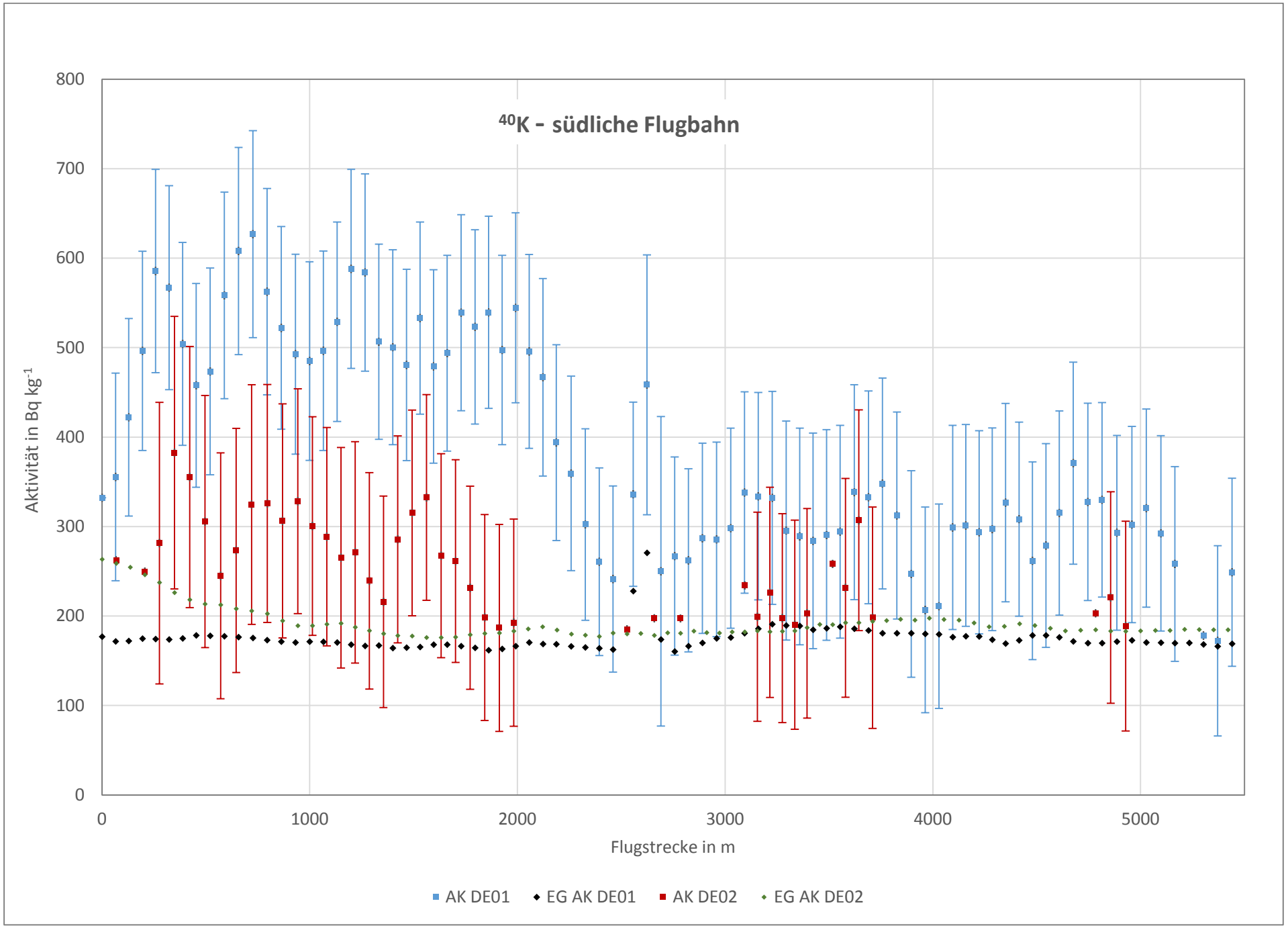

^{137}Cs
Quellüberflug
120000,00
100000,00
80000,00
60000,00
40000,00
20000,00
0,00
Spezifische Aktivität A_A in Bq m^{-2}
0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
Spektrennummer
^{137}Cs
EG - ^{137}Cs

C. Reference Mapping (RM1 und RM2): Messgebiete


RM2
RM1
St. Gallenkappel
Eschenbach
Gommiswald
Schmerikon
Uznach
Kaltbrunn
Rieden
Stockberg
Nesslau
Nuolen
Tuggen
Benken
Stein
Wildhaus Alt St. Johann
Wangen
Masseltrangen
Speer
Reichenburg
Mattstock
Schänis
Bilten
Amden
Leistchamm
Hinterrugg
Chäserrugg
Ziegelbrücke
Weesen
Niederurnen
Walensee
Walenstadt
Vorderthal
Chöpfenberg
Sportzentrum Kerenzerberg
Mühlehorn
Quarten
Oberurnen
Gross Aubrig
Innerthal
Oberterzen
Mollis
Flumserberg
Brunnelistock
Rautispitz
Murtschenstock
Netstal
Mutteristock
Riedern
Glarus
Ennenda
Kartendaten © 2017 GeoBasis-DE/BKG (©2009), Google | Nutzungsbedingungen
0
2.5
5
7.5
10 km

D. Reference Mapping (RM2): Vergleich der Messwerte der Teams DE01 und DE02


232Th - südliche Flugbahn
Aktivität in Bq kg-1
70
60
50
40
30
20
10
0
0
1000
2000
3000
4000
5000
Flugstrecke in m
AT DE01
EG AT DE01
AT DE02
EG AT DE02


^{40}K - südliche Flugbahn
Aktivität in Bq kg^{-1}
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0
1000
2000
3000
4000
5000
Flugstrecke in m
AK DE01
EG AK DE01
AK DE02
EG AK DE02

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-IAR-1/90
Zähringer, M.; Bieringer, P.; Kromer, B.; Sartorius, H.; Weiss, W.
Entwicklung, Erprobung und Einsatz von Schnellmeßmethoden zur nuklidspezifischen Bestimmung atmosphärischer Kontaminationen.
Freiburg, August 1990

BfS-IAR-2/97
Zähringer, M.; Sempau, J.
Calibration Factors for Dose Rate Probes in Environmental Monitoring Networks Obtained from Monte-Carlo-Simulations
Freiburg, Februar 1997

BfS-IAR-3/98
Weiss, W.; Kelly, G.N.; French, S.
Decision Support for Emergency Response - How Best Can it be Improved?
Proceedings of a BfS/EC Workshop Freiburg, Germany, December 8-10, 1997.
Freiburg, September 1998

BfS-AR-1/01
Bieringer, J. u. P.
Abschlussbericht. In-situ Übung 2000. 16. Und 17. Mai 2000.
Länder / BfS in Augsburg und die DWD-Stationen.
Freiburg, März 2001

BfS-ST-1/92
Die Auswirkungen des Unfalls im sowjetischen Kernkraftwerk Tschernobyl auf das Territorium der ehemaligen DDR im Jahre 1989.
Berlin, August 1992

BfS-ST-2/92
Umweltradioaktivität in den ostdeutschen Ländern.
Jahresbericht 1990.
Berlin, September 1992

BfS-ST-3/92
2. Biophysikalische Arbeitstagung. Schlema, 11. bis 13. September 1991.
Berlin, November 1992

BfS-ST-4/93
Teil 1: M. Beyermann, B. Höfs, Teil 2: I.Gans, M. Beyermann, M. Lönnig
Teil 1: Radonmessungen in Gebäuden mit Aktivkohledetektoren und Flüssigszintillations-Spektrometrie Teil 2: Verfahren zur Schnellbestimmung der Aktivitätskonzentration von Radon-222 in der Luft von Gebäuden - Screeningmessung 1993
Berlin, Juli 1993

BfS-ST-5/93
Sarenio, O.; Will, W.
Qualitätssicherung der Dosisleistungsmessungen im Grundpegelbereich.
Berlin, September 1993

BfS-ST-6/95
Schmidt, V.; Feddersen, Ch.; Ullmann, W.
Untersuchungen zur Aussagefähigkeit von passiven Meßsystemen zur Bestimmung der Strahlenexposition durch Radon und kurzlebige Radonfolgeprodukte.
Berlin, Juni 1995

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-ST-7/95
Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.
Materialienband 1993 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.
Ergänzung zum Jahresbericht 1993 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung.
Berlin, August 1995

BfS-ST-8/96
Kraus. W.
Strahlenexposition und Strahlenschutzdosimetrie
Berlin, April 1996

BfS-ST-9/96
Umweltradioaktivität im Ostthüringer Bergbaugebiet.
Berlin, Juli 1996

BfS-ST-10/96
Hamel, P.; Lehmann, R.; Kube, G.; Couball, B.; Leißring, B.
Modellhafte Sanierung radonbelasteter Wohnungen in Schneeberg.
Berlin, Oktober 1996

BfS-ST-11/97
Beyermann, M.; Naumann, M.; Sarenio, O.; Schkade U.-K.; Will, W.
Erfahrungen zur Qualitätsüberwachung bei der Ermittlung der Umweltradioaktivität im Rahmen der Meßprogramme zum Projekt "Radiologische Erfassung, Untersuchung und Bewertung bergbaulicher Altlasten (Altlastenkaster)".
Berlin, Februar 1997

BfS-ST-12/97
Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H., Viertel, H.
Materialienband 1994 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.Ergänzung zum Jahresbericht 1994 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".
Berlin, Februar 1997

BfS-ST-13/97
Will, W.; Borsdorf, K.-H.; Mielcarek, J.; Malinowski, D.; Sarenio, O.
Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in den östlichen Bundesländern Deutschlands.Berlin, August 1997

BfS-ST-14/97
Will, W.; Borsdorf, K.-H.
Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in Deutschland.
Lehmann, R.; Kemski, J.; Siehl, A.
Radonkonzentration in Wohngebäuden der Bundesrepublik Deutschland.
Berlin, November 1997

BfS-ST-15/98
Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.
Materialienband 1995 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.
Ergänzung zum Jahresbericht 1995 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".
Berlin, März 1998

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-ST-16/99
Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.
Materialienband 1996 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.
Ergänzung zum Jahresbericht 1996 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".
Berlin, März 1999

BfS-AS-1/00
Bünger, T.; Obrikat, D.; Rühle, H.; Viertel, H.
Materialienband 1997 zur Radioaktivität in Trinkwasser, Grundwasser, Klärschlamm, Reststoffen und Abfällen.
Ergänzung zum Jahresbericht 1997 des BMU "Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung".
Berlin, Februar 2000

BfS-AS-2/00
Jun, J.-S.[*)]; Guggenberger, R.; Dalheimer, A.
[*)] Department of Physics, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea
A Comparative Study on the CL Dosimetric Characteristics of German and Korean Sugar and Sorbite.
Berlin, Oktober 2000

Ab Februar 2003 SW-Berichte

BfS-SW-01/03
Will, W.; Mielcarek, J.; Schkade, U.-K.
Ortsdosisleistung der terrestrischen Gammastrahlung in ausgewählten Regionen Deutschlands.
Salzgitter, Juni 2003

BfS-SW-02/03
Bittner, S.; Braun, H.; H.-W. Dusemund, H.-W.;
Gregor, J.; Raguse, R.; Voß, W.
Einsatz des Entscheidungshilfesystems RODOS in Deutschland
Salzgitter, Juli 2003

BfS-SW-03/06
Beck, Thomas; Ettenhuber, E.
Überwachung von Strahlenexpositionen bei Arbeiten
Leitfaden für die Umsetzung der Regelung nach Teil 3 Kapitel 1 und 2 StrlSchV
Salzgitter, März 2006

BfS-SW-04/09
urn:nbn:de:0221-2009042344
Beck, Thomas
Spezielle Anforderungen an Geräte zur Bestimmung der Strahlenexposition durch Radon- und Radonzerfallsprodukte
Salzgitter, April 2009

BfS-SW-05/09
urn:nbn:de:0221-2009120417
Dushe, C.; Gehrcke, K.; Kümmel, M.; Müller, S.
Ergebnisse der Radonmessungen in der bodennahen Luft der Bergbaugebiete
Salzgitter, Dezember 2009

BfS-SW-06/09
urn:nbn:de:0221-20100319945
Beyermann, M.; Bünger, T.; Gehrcke, K.; Obrikat, D.
Strahlenexposition durch natürliche Radionuklide im Trinkwasser in der Bundesrepublik Deutschland
Salzgitter, Dezember 2009

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-SW-07/10
urn:nbn:de:0221-20100329966
Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen - Bergbau)
Salzgitter, März 2010

BfS-SW-08/10
urn:nbn:de:0221-201008113016
Beck, T.; Buchröder, H.; Döring, J.; Foerster, E.; Schmidt, V.
Messgeräte zur Bestimmung der Radon-Aktivitätskonzentration oder der Radonexposition – Vergleichsprüfung 2010
Instruments to Measure Radon Activity Concentration or Exposure to Radon – Interlaboratory Comparison 2010
Salzgitter, November 2010

BfS-SW-09/11
urn:nbn:de:0221-201109056212
Calculation Guide Mining
Calculation Guide for the Determination of Radiation Exposure due to Environmental Radioactivity Resulting from Mining
Department Radiation Protection and Environment
Salzgitter, September 2011

BfS-SW-10/11
urn:nbn:de:0221-201109216413
Foerster, E.; Beck, T.; Buchröder, H.; Döring, J.; Schmidt, V.
Messgeräte zur Bestimmung der Radon-Aktivitätskonzentration oder der Radonexposition – Vergleichsprüfung 2011
Instruments to Measure Radon Activity Concentration or Exposure to Radon – Interlaboratory Comparison 2011
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, Oktober 2011

BfS-SW-11/12
urn:nbn:de:0221-201204128010
Gering, F.; Gerich, B.; Wirth, E.; Kirchner, G.
Analyse der Vorkehrungen für den anlagenexternen Notfallschutz für deutsche Kernkraftwerke basierend auf den Erfahrungen aus dem Unfall in Fukushima
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, April 2012

BfS-SW-12/12
urn:nbn:de:0221-201204168021
Kümmel, M.
Erläuterungen zur Berechnung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität mit den Berechnungsgrundlagen-Bergbau
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, April 2012

BfS-SW-13/12
urn:nbn:de:0221-201209149412
Foerster, E.; Beck, T.; Buchröder, H.; Döring, J.; Schmidt, V.
Messgeräte zur Bestimmung der Radon-Aktivitätskonzentration oder der Radonexposition – Vergleichsprüfung 2012
Instruments to Measure Radon Activity Concentration or Exposure to Radon – Interlaboratory Comparison 2012
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, September 2012

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-SW-14/12
urn:nbn:de:0221-201210099810
Gehrcke, K.; Hoffmann, B.; Schkade, U.; Schmidt, V.; Wichterey, K.
Natürliche Radioaktivität in Baumaterialien und die daraus resultierende Strahlenexposition
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, November 2012

BfS-SW-15/13
urn:nbn:de:0221-2013111411138
Foerster, E.; Beck, T.; Buchröder, H.; Döring, J.; Schmidt, V.
Messgeräte zur Bestimmung der Radon-222-Aktivitätskonzentration oder der Radon-222-Exposition
Vergleichsprüfung 2013
Instruments to Measure Radon-222 Activity Concentration or Exposure to Radon-222
Intercomparison 2013
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, November 2013

BfS-SW-16/14
urn:nbn:de:0221-2014101611834
Foerster, E.; Beck, T.; Buchröder, H.; Döring, J.; Schmidt, V.
Messgeräte zur Bestimmung der Radon-222- Aktivitätskonzentration oder der Radon-222-Exposition
Vergleichsprüfung 2014
Instruments to Measure Radon-222 Activity Concentration or Exposure to Radon-222
Intercomparison 2014
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, Oktober 2014

BfS-SW-17/15
urn:nbn:de:0221-2015012612255
Kabai E.; Hiersche L.
Radioaktive Kontamination von Speisepilzen
Aktuelle Messwerte (Stand: 2013)
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, Januar 2015

BfS-SW-18/15
urn:nbn:de:0221-2015092913543
Kabai E.; Hiersche L.
Radioaktive Kontamination von Speisepilzen
Aktuelle Messwerte (Stand: 2014)
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, September 2015

BfS-SW-19/15
urn:nbn:de:0221-2015110313768
Foerster, E.; Beck, T.; Buchröder, H.; Döring, J.; Schmidt, V.
Messgeräte zur Bestimmung der Radon-222- Aktivitätskonzentration oder der Radon-222-Exposition
Vergleichsprüfung 2015
Instruments to Measure Radon-222 Activity Concentration or Exposure to Radon-222
Intercomparison 2015
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, November 2015

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-SW-20/15
Brummer, Christian; Strobl, Christopher
urn:nbn:de:0221-2015111813780
ISIGAMMA 2005
Internationaler Messvergleich zur Bestimmung der Radioaktivität im Boden mittels In-Situ-Gammaspektrometrie, 9. bis 12. Mai 2005
(vormals: SW 2-16/2006 vom September 2006)
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, November 2015

BfS-SW-21/15
Brummer, Christian; Strobl, Christopher
urn:nbn:de:0221-2015111813794
ISIGAMMA 2005
International Comparison Measurements Aimed at Determining the Radioactivity in the Soil with the Help of In-situ Gamma Spectrometry, 9 to 12 May, 2005
(formerly: SW 2-16/2006 vom September 2006)
Department Radiation Protection and the Environment
Salzgitter, November 2015

BfS-SW-22/16
urn:nbn:de:0221-2016113014171
Kabai E.; Hiersche L.; Poppitz-Spuhler A.; Baginski K.
Radioaktive Kontamination von Speisepilzen
Aktuelle Messwerte (Stand: 2015)
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, November 2016

BfS-SW-23/17
urn:nbn:de:0221-2017092114409
Kabai E.; Baginski K.; Poppitz-Spuhler A.
Radioaktive Kontamination von Speisepilzen
Aktuelle Messwerte (Stand: 2016)
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, September 2017

BfS-SW-24/18
urn:nbn:de:0221-2017122814454
Bossew P.; Hoffmann B.
Die Prognose des geogenen Radonpotentials in Deutschland und die Ableitung eines Schwellenwertes zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, Januar 2018

BfS-SW-25/18
urn:nbn:de:0221-2018020614535
Foerster E.; Dubslaff M.
Messgeräte zur Bestimmung der Radon-222- Aktivitätskonzentration oder der Radon-222-Exposition
Vergleichsprüfung 2017
Instruments to Measure Radon-222 Activity Concentration or Exposure to Radon-222
Intercomparison 2017
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, Januar 2018

Bisher erschienene BfS-SW-Berichte

(vorher BfS-AR-, BfS-IAR-, BfS-ST- und BfS-AS-Berichte)

BfS-SW-26/18
urn:nbn:de:0221-2018082916008
Helbig A.; Hanfland R.; Huber F. ; Krol I.; Loske F.; Schkade U.-K.; C. Strobl; Thomas M.
Internationale Messkampagne der Aero-Gammaspektrometrie 2017 (ARM17)
Bericht und Messresultate
Fachbereich Strahlenschutz und Umwelt
Salzgitter, August 2018

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Kontakt:
Bundesamt für Strahlenschutz
Postfach 10 01 49
38201 Salzgitter
Telefon: + 49 (0)3018 333 0
Telefax: + 49 (0)3018 333 1885
Internet: www.bfs.de
E-Mail: ePost@bfs.de
Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.

Bundesamt für Strahlenschutz