

Projekt ÜLG74/2017

*Reprocessing (aero)geophysikalischer Daten
in verschiedenen
rohstoffrelevanten Gebieten Österreichs*

Zwischenbericht über das Projektjahr 2017/2018

von
E. WINKLER

16 S., 10 Abb.

Wien, Oktober 2018

PROJEKTLEITUNG

Dr. E. WINKLER GEOPHYSIK

Mag. K. MOTSCHKA GEOPHYSIK

Die Projektdurchführung erfolgte im Rahmen des Lagerstättengesetzes im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung und des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Zusammenfassung	1
2	Erweiterung der Konvertierungssoftware	2
2.1	Anpassung an unterschiedliche Formate binärer Flugdaten	2
2.2	Filterung der Gammaspektren und Hintergrundberechnung.....	2
2.3	Verwendung editierter Flughöhen von älteren Processings.....	5
3	Reprozessierte Gebiete	5
3.1	Gmünd und Hallstatt (2014).....	5
3.2	Eisenerz (1999 und 2000).....	14
3.3	Schnepfau (2009)	14
3.4	Höttinger Alm und Weyer (2012), Wattener Lizum (2013)	15
4	Klassifikation von regenerativen Lockergesteinsvorkommen	15
5	Ausblick	16
6	Literatur.....	16

1. Zusammenfassung

Dieser Jahresbericht ist der erste Zwischenbericht des für 5 Jahre angesetzten Projekts zum Reprocessing (aero)geophysikalischer Daten.

In einer Pilotstudie wurde im ersten Projektjahr an Hand des Messgebietes Gmünd (2014) das Radiometrieprocessing um eine Filterung der Radiometriespektren und eine verbesserte Bestimmung des Hintergrundspektrums erweitert.

Der erste Schritt im Datenprocessing ist die Konvertierung der im Binärformat vorliegenden Messdaten in eine Textdatei mit der alle weiteren Processingschritte durchgeführt werden. Auf Grund der historischen Entwicklung des Processings und der unterschiedlichen Messparameter und binären Messdatenformate der Befliegungen verschiedener Jahre entwickelten sich unterschiedliche Formate für die Textdateien. Um den aktuellen Stand des Processings einheitlich auf alle älteren Daten anwenden zu können wurde ein einheitliches Format für die Textdateien definiert. In dieses Format werden die binären Messdaten aller in diesem Projekt bearbeiteten Befliegungsgebiete konvertiert um den aktuellen Stand des Processings mit geringfügigen Anpassungen einheitlich auf alle älteren Daten anwenden zu können.

Für die Befliegungen von 1999 bis 2014 wurden 5 Versionen der Konvertierungssoftware erstellt und die Befliegungsgebiete Gmünd und Hallstatt (2014), Eisenerz (1999 und 2000), Schnepfau (2009), Höttinger Alm und Weyer (2012) und Wattener Lizum (2013) in verschiedenem Umfang reprozessiert.

Erste Ergebnisse im kalkalpinen Raum zeigen, dass mittels der aeroradiometrischen Parameter K40 und Th232 eine für rohstoffgeologische Fragestellungen zielführende und sinnvolle Klassifikation von regenerativen Lockergesteinsvorkommen (z.B. Schutt- und Schwemmkegel) im flachgründigen Bereich möglich ist und dass, ergänzend zu anderen Erkundungs- und Modellierungsmethoden, mittels aeroradiometrischer Daten weitere Indizien zur Beschaffenheit von regenerativen Lockergesteinsvorkommen für rohstoffgeologische Fragestellungen (z.B. hinsichtlich Baurohstoffe) geliefert werden.

2. Erweiterung der Konvertierungssoftware

2.1. Anpassung an unterschiedliche Formate binärer Flugdaten

Der erste Schritt in der Verarbeitung von (aero)geophysikalischen Daten ist die Konvertierung der in binärem Format vorliegenden Messdaten jedes einzelnen Fluges in eine lesbare Textdatei mit der Dateierweiterung "erm18". Eine erm18-Datei enthält in 68 Spalten Informationen über

- Zeitpunkt der Messung + Messmarke zur eindeutigen Identifikation des Messpunktes
- Positionsdaten
 - Koordinaten des Hubschraubers und der Flugsonde
 - Zusätzliche GPS-Daten (Anzahl der Satelliten, Genauigkeit, Höhe über Geoid)
 - Flughöhen (Radar- und Laserdaten)
 - Roll-Nick-Gier-Winkel der Flugsonde
- Digitales Geländemodell
- Luftfeuchte, Temperatur, Infrarot und Bodenfeuchte
- Elektromagnetik (EM) , Magnetik, Radiometrie (gefiltert und ungefiltert)

Die nachfolgenden Bearbeitungsschritte (Postprocessing)

- Korrektur der Flughöhen und Bestimmung der Vegetationshöhe
- EM-Processing
- Radiometrie-Processing
- Magnetik-Processing

bauen auf diesem erm18-Datenformat auf.

Im erm18-Format ist eine Obermenge aller in den verschiedenen Flugjahren vorhandenen Messkomponenten darstellbar, in manchen Jahren nicht vorhandene Komponenten werden durch Fehlwerte ersetzt. Durch dieses einheitliche Datenformat kann das Postprocessing unabhängig vom Format der Ursprungsdaten der verschiedenen Jahre durchgeführt werden. Die im ersten Projektjahr für das Reprocessing ausgewählten Flugdaten weisen 5 verschiedene Formate auf. Um diese in das erm18-Format umwandeln zu können, mussten deshalb 5 Versionen der Konvertierungssoftware erstellt werden, jede mit einem angepassten Schnittstellenmodul zu den binären Daten.

2.2. Filterung der Gammaskpektren und Hintergrundberechnung

Die Qualitätsanforderungen des, aeroradiometrische Daten interpretierenden, Geologen verlangen eine gewisse Kontinuität der ermittelten flächenmäßigen Verteilung von der, in den Gesteinen und Böden vorhandenen, Konzentration an natürlichen Radionukliden benachbarter Messpunkte. Der radioaktive Zerfall dieser Nuklide folgt jedoch den statistischen Gesetzen eines Poisson Prozesses. Das bedeutet, dass bei einer Zählrate von N Zerfällen in einem Zeitintervall ΔT mit einer Standardabweichung von $\sigma = \sqrt{N}$ zu rechnen ist. Durch dieses statistische Rauschen in den Gammaskpektren können bei benachbarten oder (fast)

identen Messpunkten oder bei Kreuzungspunkten von Fluglinien stark unterschiedliche Messergebnisse für die Bodenkonzentrationen auftreten. Um eine Methode zu entwickeln, diesen Effekt einfach und effizient zu vermindern, wurde die jüngste aerogeophysikalische Befliegung Gmünd 2014 als Testgebiet ausgewählt. Eine Reevaluierung der Kernmodule des bisherigen Radiometrieprocessings anhand dieser Daten zeigte, dass sich durch die Filterung des gemessenen Spektrums und eine alternative Berechnung des Hintergrundspektrums, die Qualität der Ergebnisse deutlich verbessert. Für jedes der 255 Energiefenster eines Spektrums wird die Zählrate durch einen gewichteten Mittelwert der gemessenen Zählraten am Messpunkt und den unmittelbar vorangehenden und nachfolgenden Messpunkten in der Fluglinie bestimmt. Von den gefilterten Zählraten eines Spektrums wird dann das Hintergrundspektrum mit einem Sensitive Nonlinear Iterative Peak (SNIP) Algorithmus (Morháč et al.,1987; Ryan et al.,1988) berechnet. Um in der Entwicklungsphase der Spektrenfilterung die Auswirkung verschiedener Parametereinstellungen im Filter- und SNIP-Algorithmus abschätzen zu können, wurde ein R-Programm (R ist eine Programmiersprache für statistische Datenanalyse und Grafikerstellung) entwickelt um die Veränderungen in den Gammaskpektren darstellen und bewerten zu können.

Abb.1 zeigt in zwei Beispielen einen Vergleich von gefiltertem und nicht gefiltertem Spektrum und dem daraus berechneten Hintergrund des Spektrums. Vor allem beim Radioelement Cs137 ergaben diese Massnahmen eine deutliche Verbesserung in der Qualität der berechneten Bodenkonzentrationen. Die deutliche Hervorhebung der tatsächlichen Anomalien gegenüber dem statischen Rauschen zeigt Abb.2 in einem Vergleich der Cs137 Bodenkonzentration im Messgebiet Gmünd 2014 berechnet ohne und mit neuem Processing. Selbiges gilt auch für die in den höheren Energiefenstern liegenden Radioelemente K40 und U238.

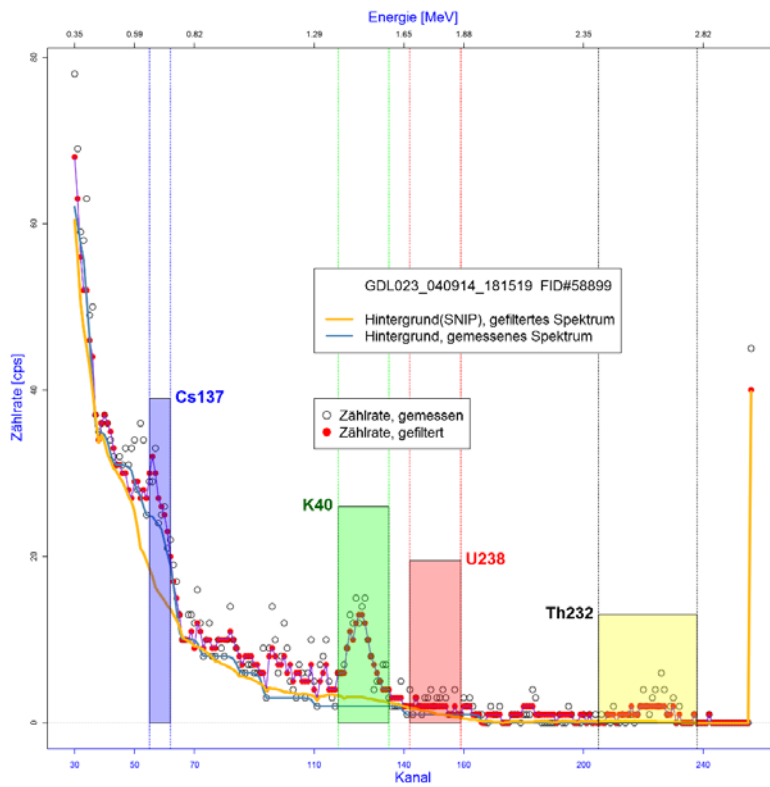
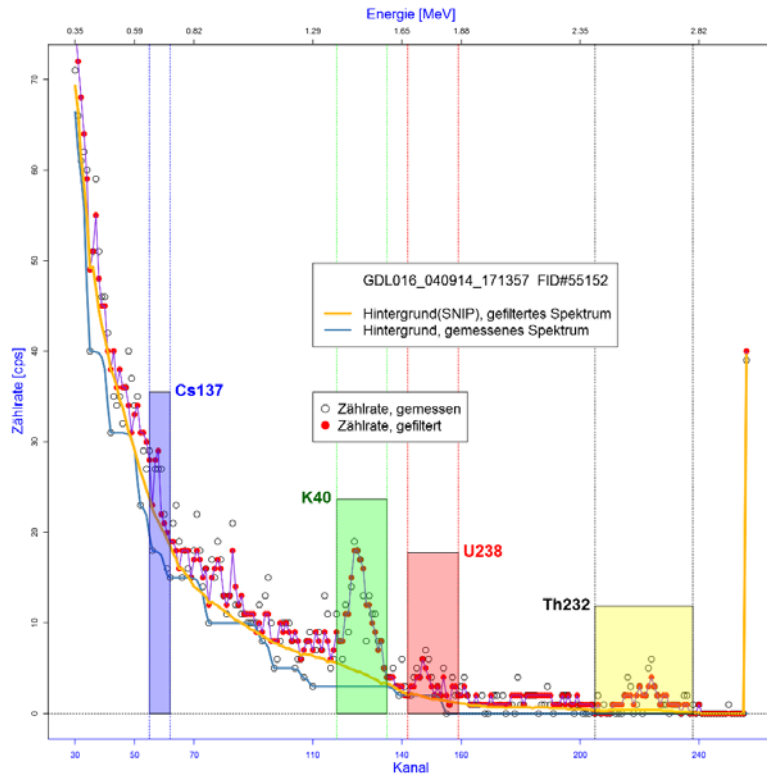


Abbildung 1. Vergleich gemessenes Gammaspektrum mit Compton Hintergrund und gefiltertes Spektrum mit durch SNIP Algorithmus berechneten Compton Hintergrund.

2.3 Verwendung editierter Flughöhen von älteren Processings

Der erste zeitaufwendige Schritt vor dem Processing ist die Korrektur der Laserdaten, um daraus die Höhe über Grund der Messgeräte und die Vegetationshöhe zu bestimmen. Diese korrigierten Flughöhen liegen für die Befliegungen der Jahre 2009 bis 2014 in Dateien mit ungefilterten Spektren bereits vor. Um sich diesen zeitaufwendigen Schritt bei den neu erzeugten Dateien mit gefilterter Radiometrie zu ersparen, wurden Scripts in der Programmiersprache Perl entwickelt, um die Flughöhen in den neuen erm18-Dateien durch korrigierte Flughöhen aus früherem Processing (ungefilterte Spektren) zu ersetzen.

3. Reprozessierte Gebiete

3.1 Gmünd und Hallstatt (2014)

Eine Analyse der Radionuklidkonzentrationen von Cs137 der Befliegung Gmünd (2014) führte zu der bereits erwähnten Filterung der Radiometriespektren und neuer Berechnung des Hintergrundspektrums. Mit diesem neuen Radiometrieprocessing wurden die Messdaten von Gmünd neu prozessiert. Die in lesbaren Format konvertierten Dateien enthalten jetzt die Ergebnisse sowohl von gefilterten als auch ungefilterten Radiometriemessungen. Korrigierte Flughöhen (Einhüllende der 1. und 2. Reflexion der Laserpulse) vom älteren Processing beider Befliegungen wurden in die neuen erm18-Dateien übernommen und aus den gefilterten Radiometriedaten der Hubschrauberbackground und die Flughöhenabhängigkeit der Gammastrahlung neu bestimmt. Mit diesen Ergebnissen wurden schließlich Karten der Radionuklidkonzentrationen von K, U, Th und Cs neu bestimmt (Abb. 2 -7).

Die Daten aus EM, Magnetik und Radiometrie wurden an das Projekt „Pilotstudie zur Entwicklung einer integrativen Prospektionsstrategie für kritische Metalle in der Böhmisches Masse“ weitergeleitet.

Die Radiometrie von Hallstatt (2014) wurde reprozessiert (Abb. 8,9) um den Eintrag in der geophysikalischen Metadatenbank GEOPHYSIS auf aktuellem Stand zu halten.

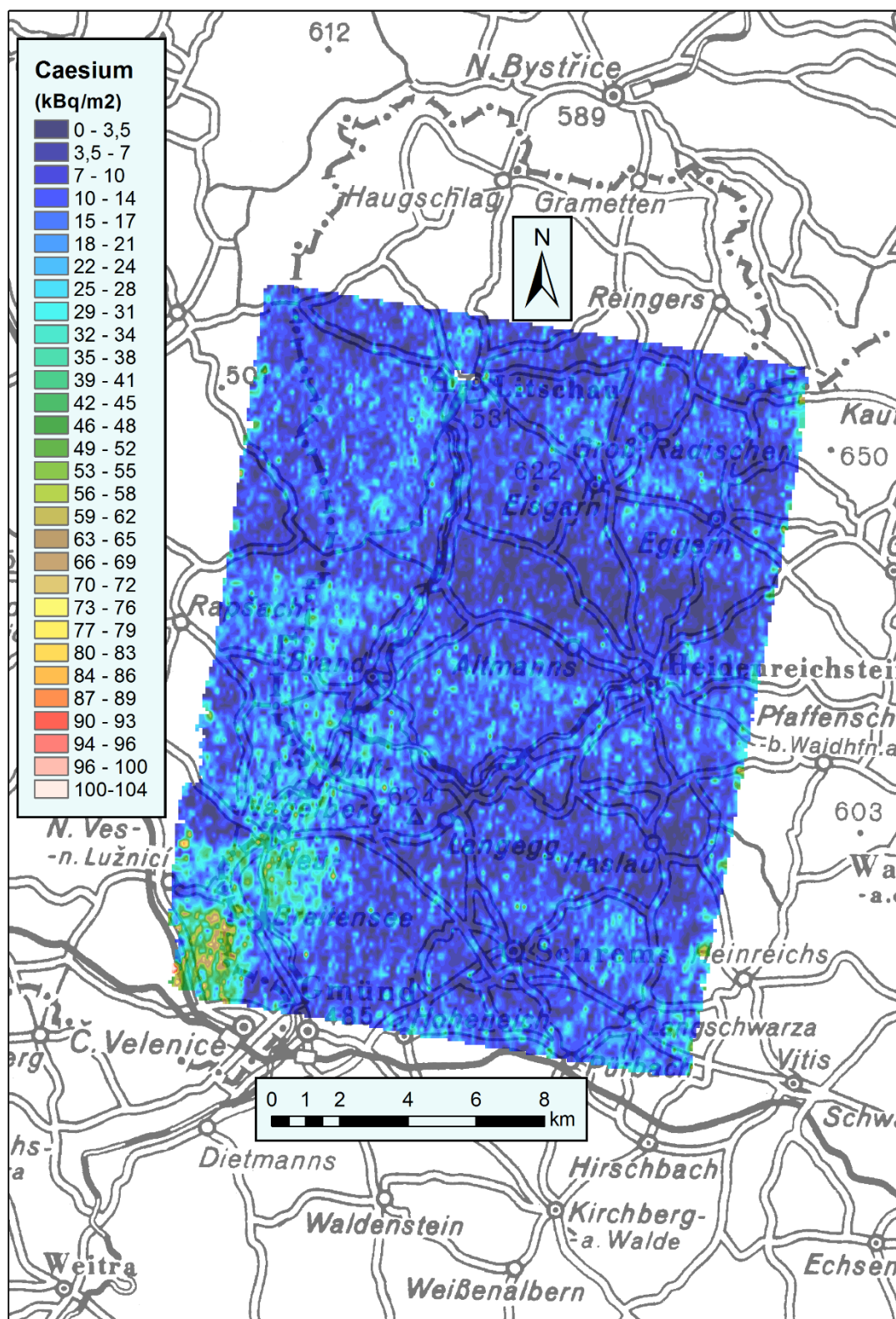


Abbildung 2. Verteilung der Cs137 Bodenkonzentration im Fluggebiet Gmünd (2014), berechnet aus den rohen Messdaten, mit dem konventionellen Hintergrundspektrum

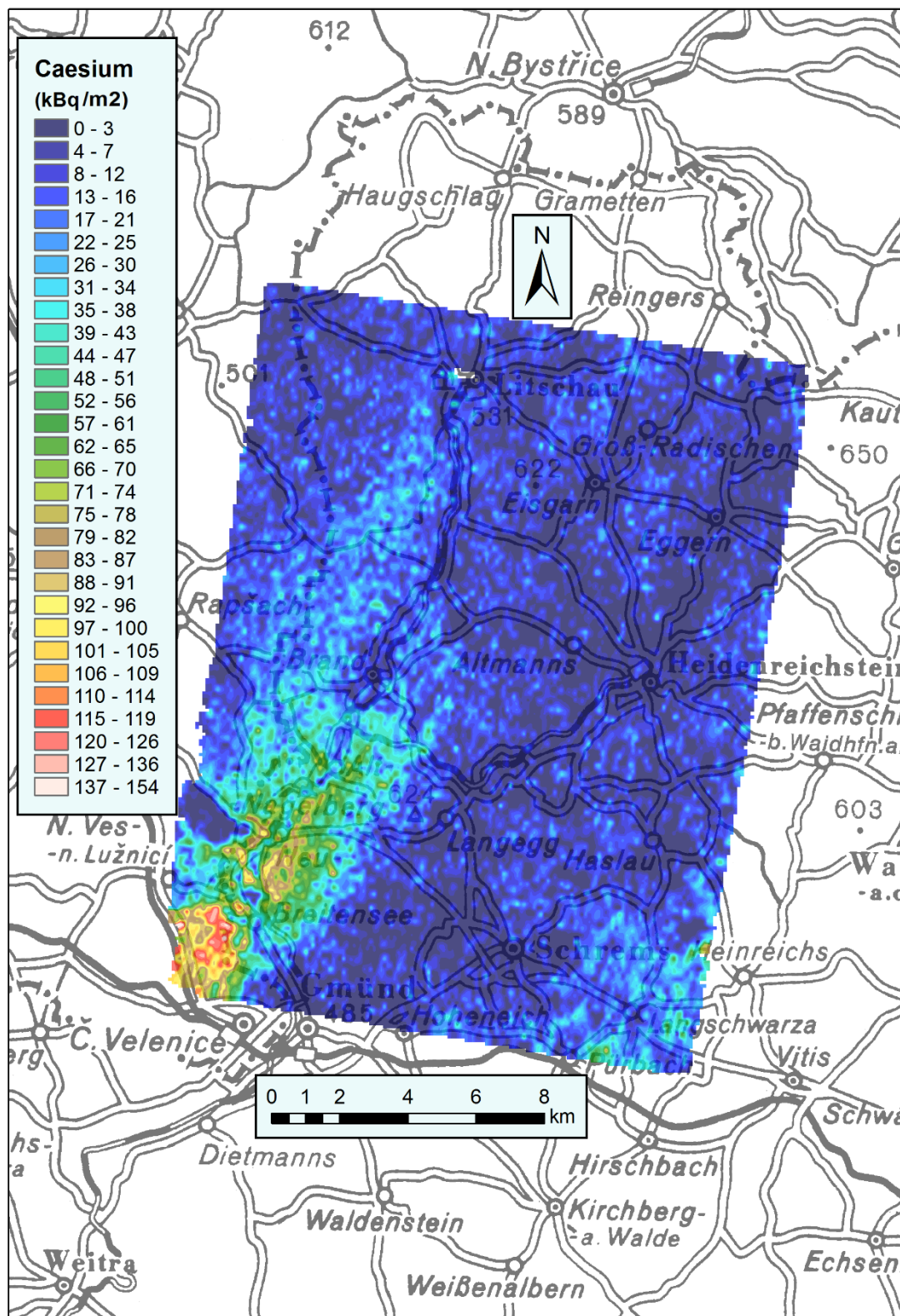


Abbildung 3. Verteilung der Cs137 Bodenkonzentration im Fluggebiet Gmünd (2014), berechnet aus den gefilterten Spektren und mit dem mittels SNIP-Algorithmus berechneten Hintergrundspektrum

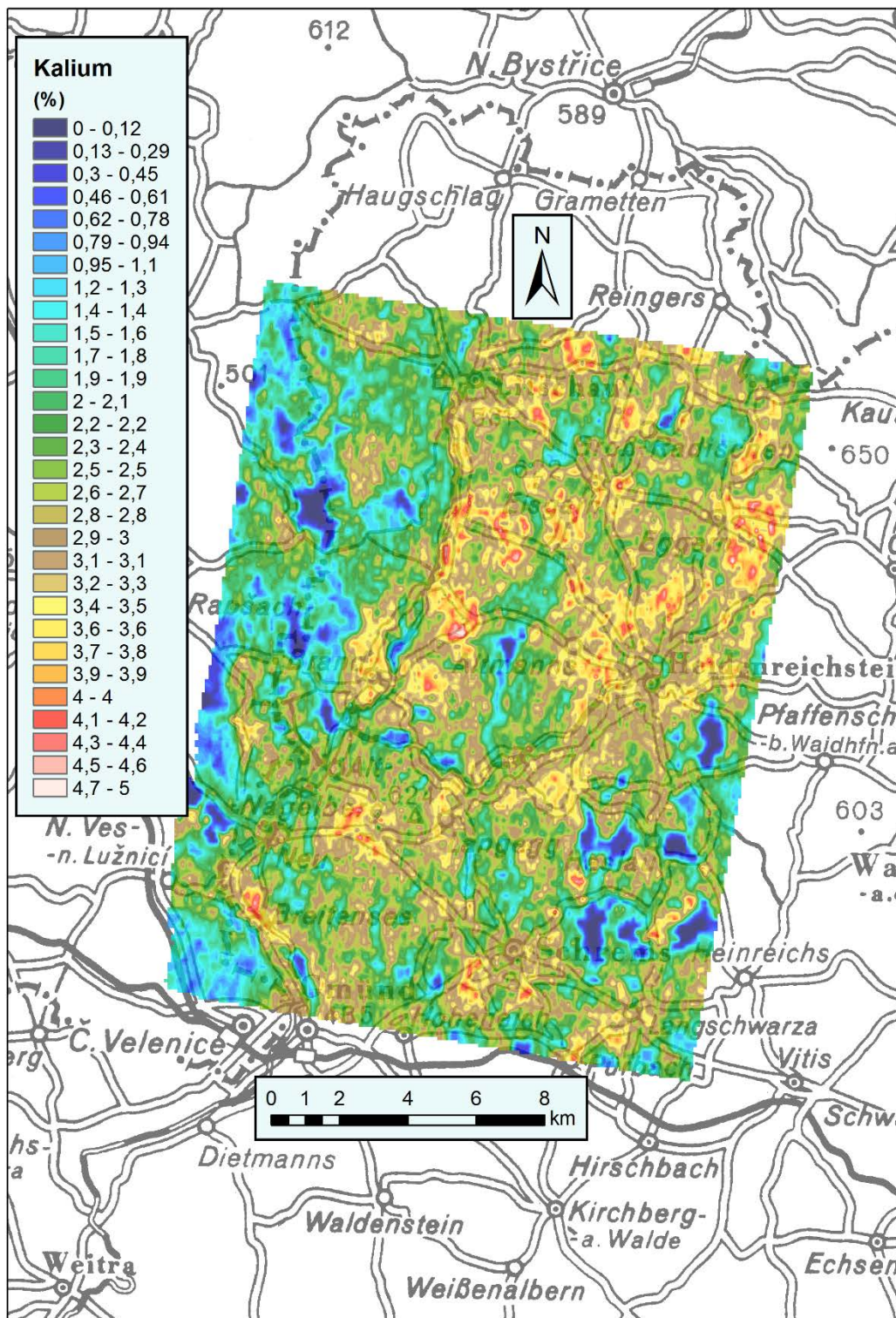


Abbildung 4. Verteilung der K40 Äquivalentkonzentration im Fluggebiet Gmünd (2014), berechnet aus den rohen Messdaten und mit dem konventionellen Hintergrundspektrum

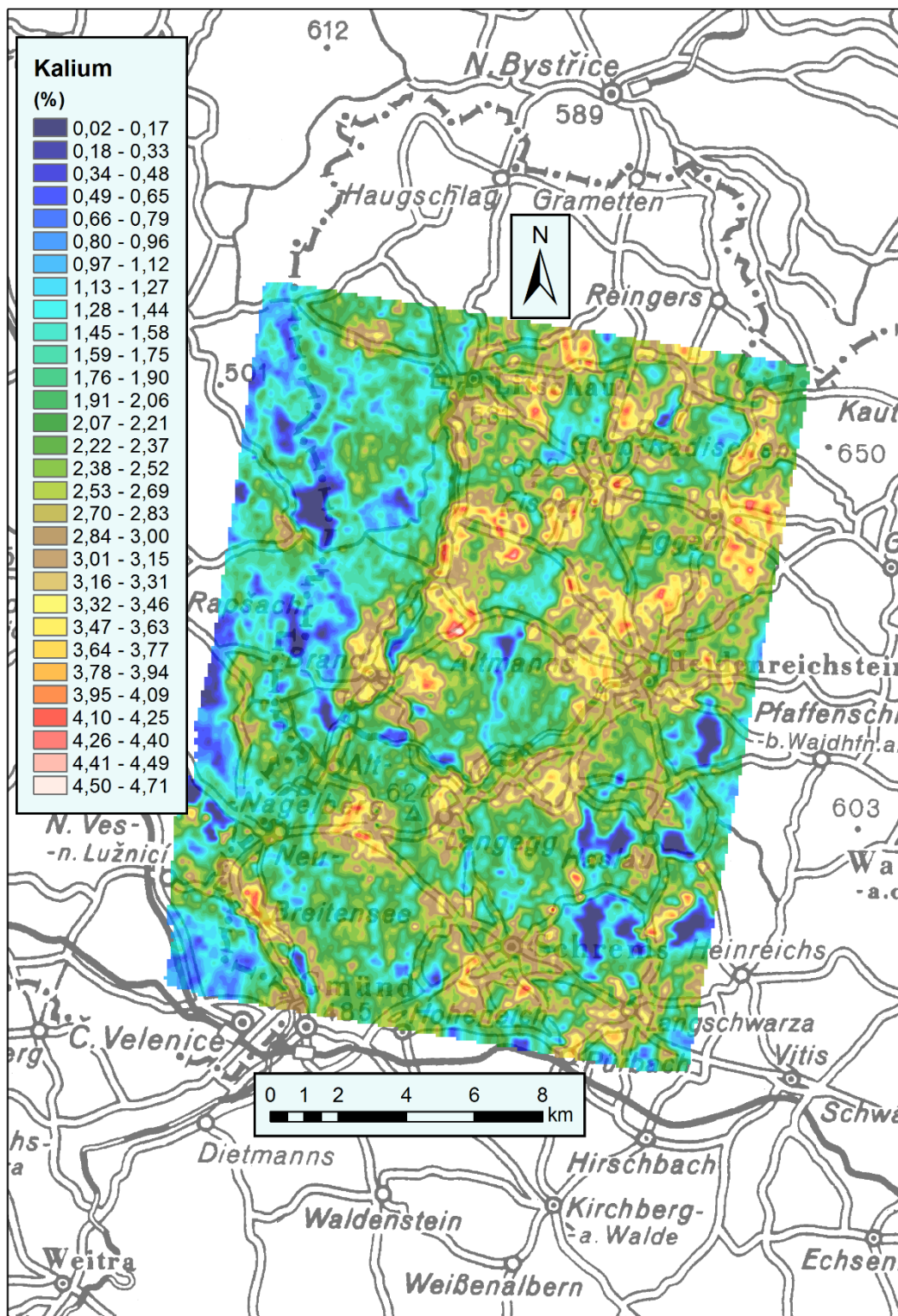


Abbildung 5. Verteilung der K40 Äquivalentkonzentration im Fluggebiet Gmünd (2014), berechnet aus den gefilterten Spektren und mit dem mittels SNIP-Algorithmus berechneten Hintergrundspektrum

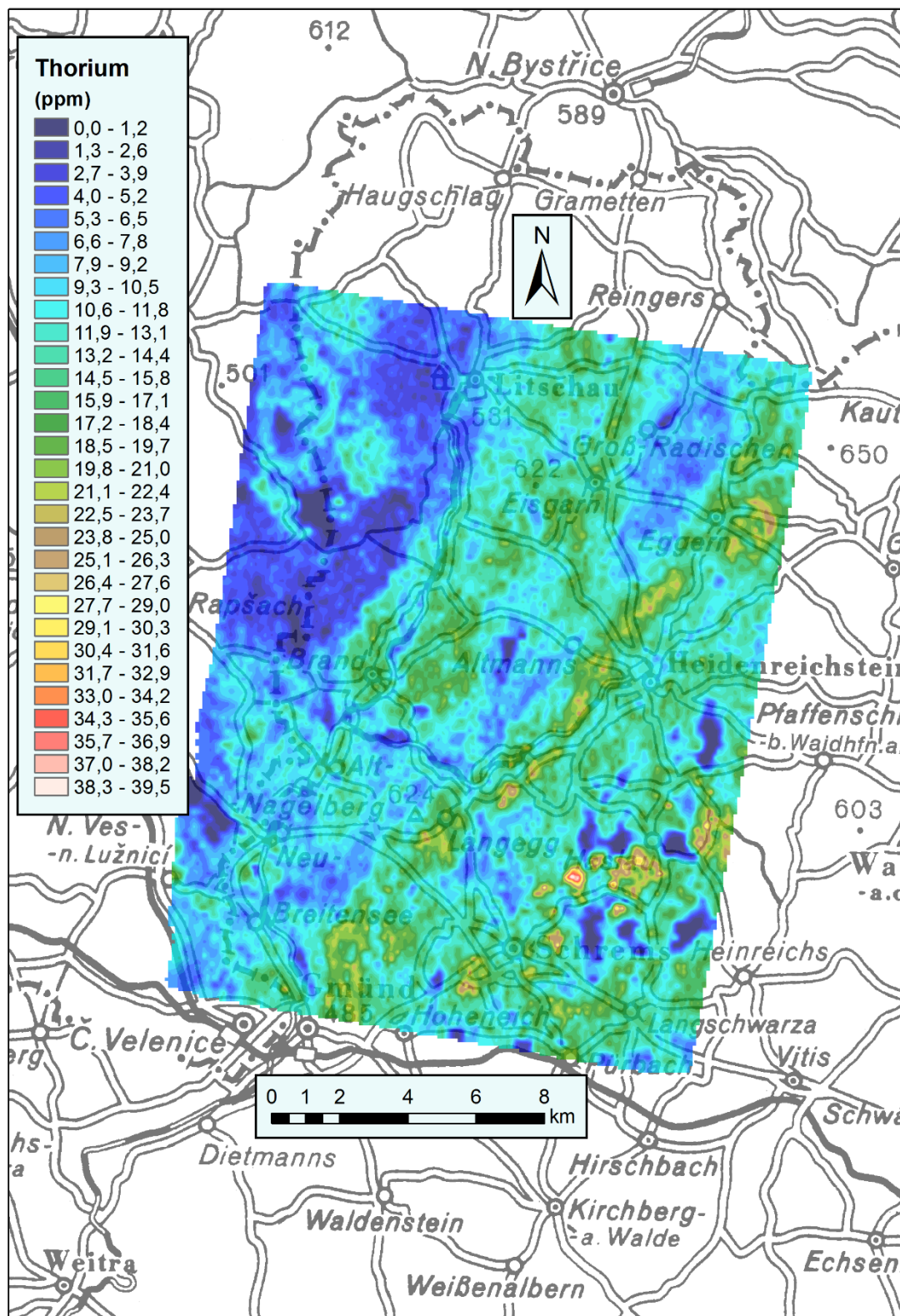


Abbildung 6. Verteilung der Th232 Äquivalentkonzentration im Fluggebiet Gmünd (2014), berechnet aus den gefilterten Spektren und mit dem mittels SNIP-Algorithmus berechneten Hintergrundspektrum

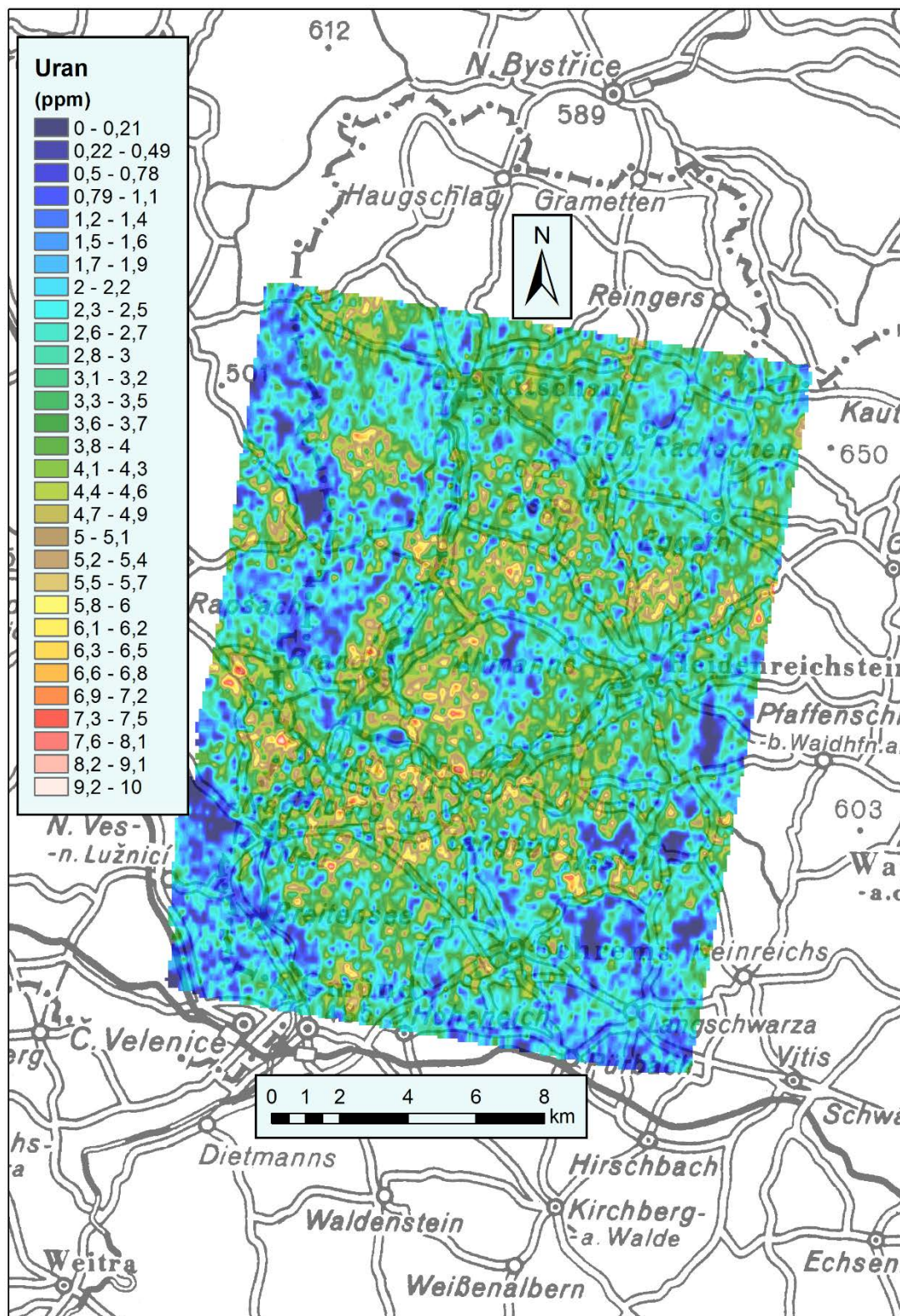


Abbildung 7. Verteilung der U238 Äquivalentkonzentration im Fluggebiet Gmünd (2014), berechnet aus den gefilterten Spektren mit dem mittels SNIP-Algorithmus berechneten Hintergrundspektrum

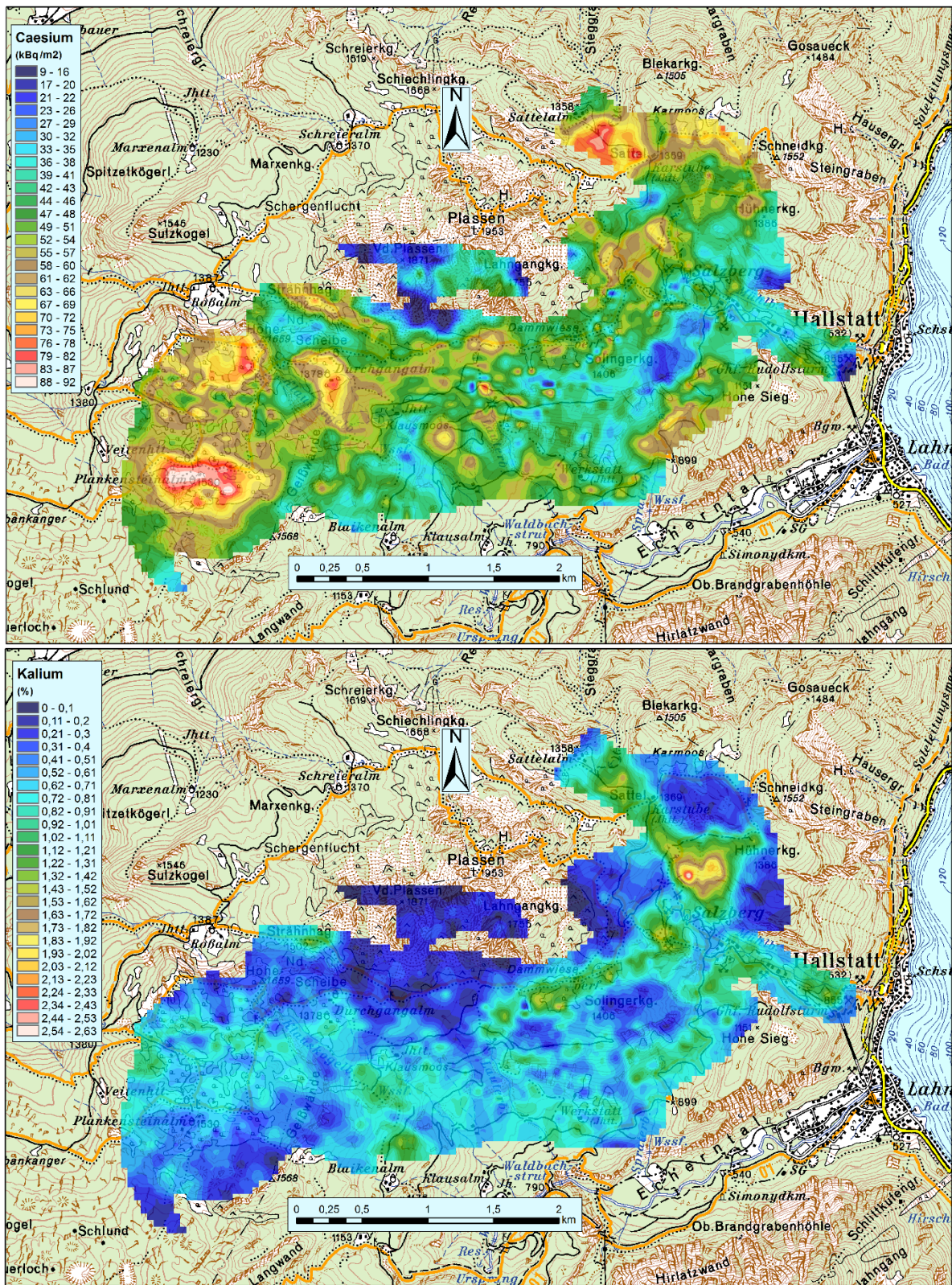


Abbildung 8. Verteilung der Cs137 und K40 Äquivalentkonzentration von Hallstatt (2014), berechnet aus den gefilterten Spektren und mit dem mittels SNIP-Algorithmus berechneten Hintergrundspektrum

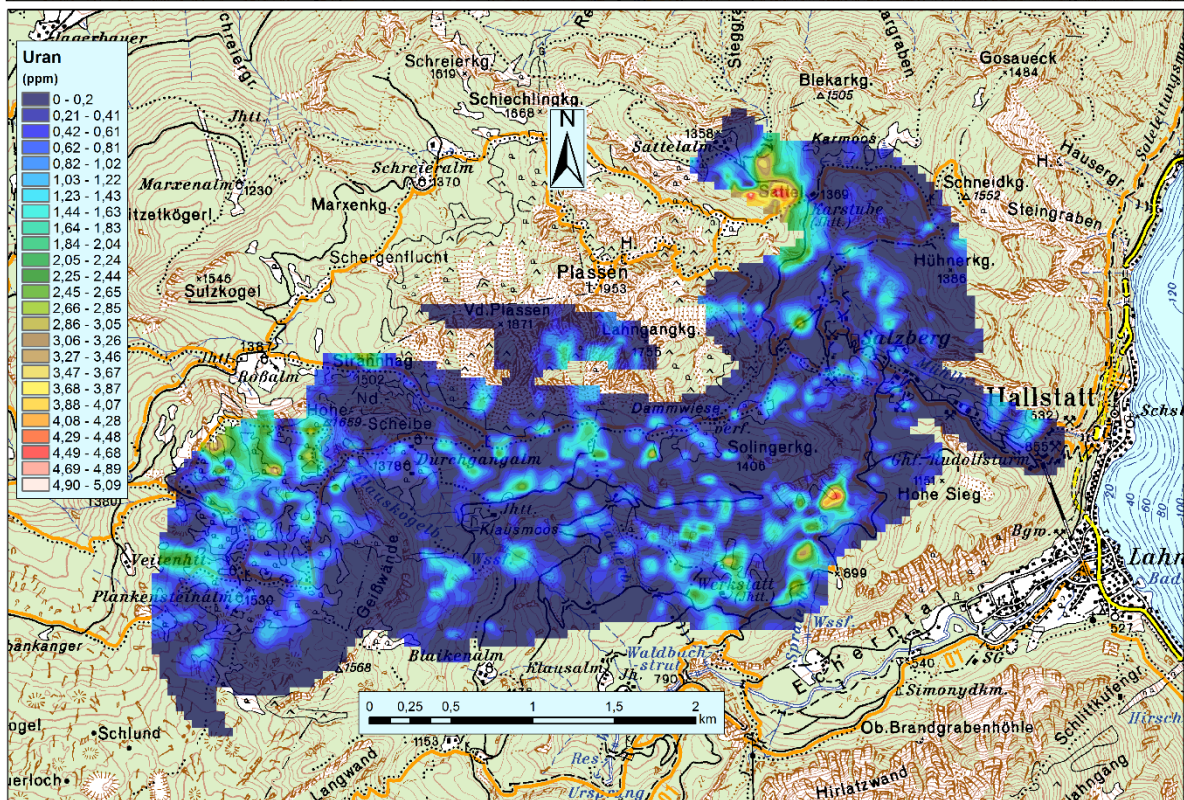
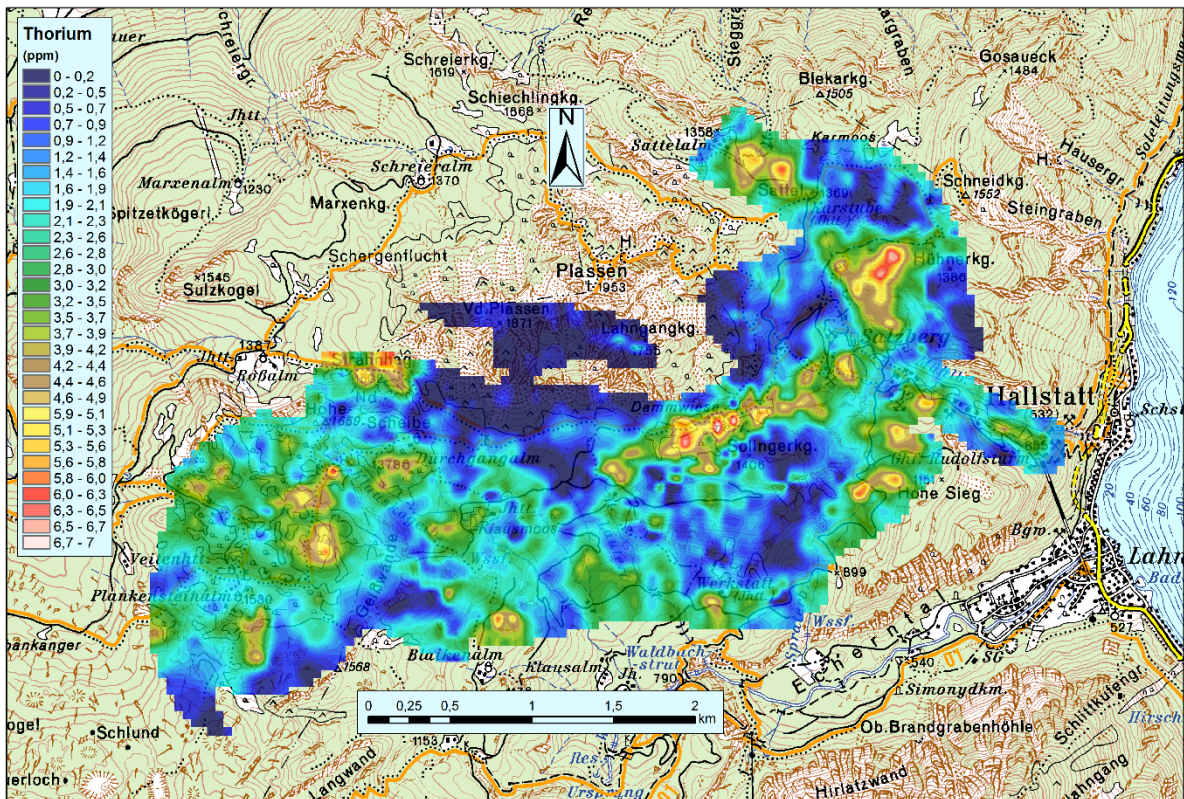


Abbildung 9. Verteilung der Th232 und U238 Äquivalentkonzentration von Hallstatt (2014), berechnet aus den gefilterten Spektren und mit dem mittels SNIP-Algorithmus berechneten Hintergrundspektrum

3.2 Eisenerz (1999) und Eisenerz (2000)

Das Messgebiet Eisenerz 1999 und 2000 bildet die Datengrundlage für das Projekt ÜLG73 „Magnetik Inversionsrechnung für rohstoffrelevante Fragestellungen“.

Für die unterschiedlichen Messdatenformate aus 1999 und 2000 wurden die Versionen des neuen Konversionsprogrammes angepasst. Da von diesen Messgebieten keine älteren Bearbeitungen vorlagen, wurde die Korrektur der Laserhöhen in den neu konvertierten erm18 Dateien von Dr. Ahl im Rahmen des Projektes ÜLG-073/17 neu durchgeführt. Im Rahmen dieser Arbeit fiel auf, dass die vom GPS stammende Höhe bezüglich dem WGS-84-Ellipsoid Sprünge aufwies. Eine eindeutige Korrektur dieses, für die weitere Bearbeitung der Magnetikdaten, wichtigen Inputs war zunächst nicht möglich. Weitere Untersuchungen ergaben, dass die Sprünge der GPS Höhe über Geoid mit Änderungen in der Anzahl der sichtbaren GPS-Satelliten korrelierten. Das erm18-Format wurde deshalb um einen Eintrag mit der Anzahl der sichtbaren GPS-Satelliten erweitert, um eine Korrektur eventuell auftretender Sprünge der Höhe über Geoid zu erleichtern. Mit den korrigierten Laserhöhen wurden Hubschrauberbackground und Flughöhenabhängigkeit der Gammastrahlung bestimmt und für beide Messgebiete die Radionuklidkonzentrationen berechnet.

3.3 Schnepfau (2009)

Das Befliegungsgebiet Schnepfau ist Teil des Datenpools zur Entwicklung einer Klassifikation von regenerativen Lockergesteinsvorkommen mit aeroradiometrischen Parametern (Tilch et al. 2018). Die aus gefilterten Gammaspectren berechneten Parameter K40 und Th232 von Schnepfau führten zu einer Verbesserung der Performance des Klassifikators gegenüber den ungefilterten Radiometriedaten.

In einem ersten Schritt wurde das mit dem neuen Radiometrieprocessing erweiterte Konversionsprogramm mit Stand 2014 an das binäre Flugdatenformat der Jahre 2009-2011 angepasst. Für die Höhendaten wurde nur die im älteren Processing korrigierte 2. Reflexion der Laserpulse übernommen. Diese 2. Reflexion stellt die Höhe über dem Erdboden dar. Für die Abschätzung der Gammastrahlungsdämpfung durch die Vegetationsdecke ist eine genaue Bestimmung der Vegetationshöhe erforderlich. Diese wird aus der Differenz von 1. und 2. Reflexion der Laserpulse berechnet. Weil der SNIP Algorithmus bei der automatischen Bestimmung der Einhüllenden der 1. Reflexion die Übergänge zwischen Bereichen mit hoher und niedriger Vegetation in ihrer Relevanz für die Dämpfung der Gammastrahlung genauer darstellt, wurde die 1. Reflexion neu berechnet. Sowohl auf Grund der geringen Anzahl von 10 Fluglinien im Gebiet Schnepfau als auch wegen der hohen Qualität der automatisch erstellten Einhüllenden der 1. Reflexion war der zeitliche Aufwand für die manuelle Nachkorrektur vertretbar.

Die Berechnung der 1. Laserreflexion mit dem SNIP Algorithmus wurde auch bei den anderen Jahrgangsversionen des Konversionsprogrammes als Alternative implementiert. Aus den gefilterten Radiometriedaten wurden Hubschrauberbackground und Flughöhenabhängigkeit der Gammastrahlung bestimmt und Karten der Radionuklidkonzentrationen von K, U, Th und Cs erstellt.

3.4 Höttinger Alm und Weyer (2012), Wattener Lizum (2013)

Flugdaten der Jahre 2012 und 2013 liegen im gleichen binären Dateiformat vor. Damit für alle verschiedenen Messdatenformate vor 2014 eine getestete Version des Processingsoftware vorliegt, wurde das für Flugdaten ab 2014 erweiterte Konversionsprogramm an das binäre Messdatenformat von 2012/13 angepasst.

Für die Befliegung Wattener Lizum (2013) wurde das gesamte neue Radiometrieprocessing abgeschlossen. Vom alten Processing wurden die korrigierten Laserhöhen übernommen, Background und Höhenabhängigkeit der Gammastrahlungsintensität neu bestimmt und Karten der Radionuklidkonzentrationen erstellt.

Bei den Messgebieten Höttinger Alm und Weyer wurden alle Flugdaten neu konvertiert, editierte Laserhöhen aus früheren Prozessings eingefügt sowie Background und Höhenabhängigkeit der Gammastrahlungsintensität neu berechnet. Karten der Radionuklidkonzentrationen werden im 2. Projektjahr erstellt und in die Datenbank GEOPHYSIS eingepflegt.

4. Klassifikation von regenerativen Lockergesteinsvorkommen

Am Beispiel diverser aerogeophysikalischer Befliegungsgebiete (ua. Schnepfau) – insbesondere im kalkalpinen Bereich - konnte in den letzten Jahren aufgezeigt werden, dass mittels der aeroradiometrischen Parameter K40 und Th232 eine für rohstoffgeologischen Fragestellungen zielführende und sinnvolle Klassifikation von regenerativen Lockergesteinsvorkommen (z.B. Schutt- und Schwemmkegel) im flachgründigen Bereich möglich ist. Die Klassifikation der Lockergesteinsvorkommen erfolgt mit dem Parameter K40 als Indikatorvariable hinsichtlich der dominanten relativen Korngröße (grob-, mittel- und feinkörnig) und mit Th232 als Indikatorvariable hinsichtlich der groben lithologisch-petrographischen Zusammensetzung (vorwiegend karbonatisch, silikatisch-karbonatisch, vorwiegend silikatisch). Dies erfolgt, in dem zunächst für die radiometrischen Kalium- und Thorium-Werte Schwellenwerte für jeweils 6 Substrat- und Lithologieklassen definiert werden (Abb. 10). Die Festlegung und Plausibilisierung dieser Schwellenwerte erfolgt mittels Geländedaten und –Kenntnissen (TILCH et al. 2018).

		Thorium (Lithologie-Indikator)					
Lithologie		Lit 1	Lit 2	Lit 3	Lit 4	Lit 5	Lit 6
Wertebereich		0-1,5	> 1,5 - 3,0	> 3,0 - 4,0	> 4,0 - 5,5	> 5,5 - 7,0	> 7,0 - 10,0
Codierung		1	2	3	4	5	6

		Substrat	Wertebereich	Codierung
Kalium (Substrat-Indikator)	Sub 1	0-0,3	10	
	Sub 2	> 0,3 - 0,5	20	
	Sub 3	>0,5 - 0,75	30	
	Sub 4	> 0,75 - 0,95	40	
	Sub 5	> 0,95 - 1,3	50	
	Sub 6	> 1,3	60	

11	12	13	14	15	16
21	22	23	24	25	26
31	32	33	34	35	36
41	42	43	44	45	46
51	52	53	54	55	56
61	62	63	64	65	66

Abbildung 10: Klassifikationsmatrix der aeroradiometrischen Meßwerte für K40 und Th232 zwecks Definition von Substrat- und Lithologie-Klassen. Die Festlegung der dargestellten Klassengrenzen erfolgte basierend auf Geländedaten und -Erkenntnissen in drei Befliegungsgebieten der Nördlichen Kalkalpen des Außerferns (Tirol) und in einen Befliegungsgebiet im Helvetikum des Bregenzerwaldes.

5. Ausblick

Das Gebiet Rankweil 2009 wird im Hinblick auf die Klassifikation von regenerativen Lockergesteinsvorkommen reprozessiert.

Für ältere Befliegungen rohstoffrelevanter Gebiete mit Radarhöhenmessungen soll eine Methode erarbeitet werden, wie unter Einbeziehung von GIS Daten über den Waldbewuchs die Genauigkeit der Flughöhenberechnung verbessert werden kann.

Um vor dem Pensionsantritt von Projektleiter Dr. E. Winkler mit 01.04.2021 eine reibungslose Weiterführung des Projektes und dem Processing (aero)geophysikalischer Daten zu gewährleisten, wird im weiteren Projektverlauf eine ausführliche Softwaredokumentation begonnen. In einem Handbuch sollen die Methodik und die zum Verständnis notwendigen theoretischen Grundlagen der einzelnen Module des Processings beschrieben werden.

6. Literatur

- C. G Ryan et al.: SNIP (1988), a statistics-sensitive background treatment for the quantitative analysis of PIXE spectra in geoscience applications. NIM, B34, 396-402.
- M. Morháč, J. Kliman, V. Matoušek, M. Veselský, I. Turzo. (1997): Background elimination methods for multidimensional gamma-ray spectra. NIM, A401 113-132.
- Tilch, N., Schwarz, L., Koçiu, A., Winkler, E. & Motschka, K. (2018): Potentiale aerogeophysikalischer Daten hinsichtlich der Modellierung von realitätsnäheren Dispositionskarten für flachgründige Massenbewegungen - eine Fallstudie im Bregenzerwald (Vorarlberg, Österreich).- Tagungsband zum 20. Geoforum Umhausen: 240-245; Niederthai, Wien.